Anejo Nº 7

Obras Subterráneas

© Sener Mobility, S.A. - 2024

ÍNDICE

OBRAS SUBTERRÁNEAS 1

1 INTRODUCCIÓN 1

APÉNDICE 7.1. ANEJO Nº7 OBRAS SUBTERRANEAS DEL "PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO".

© Sener Mobility, S.A. - 2024

1 INTRODUCCIÓN

El proyecto base a partir del cual se redacta el presente Proyecto Modificado nº1 es el "PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO".

El presente Proyecto Modificado nº1 no incluye modificaciones correspondientes a Obras Subterráneas, continuando vigente el anejo nº7 Obras Subterráneas del "PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO".

El Proyecto Modificado nº1 al igual que el proyecto de Construcción del tramo Aperribai - Galdakao de la Línea 5 del F.M.B. arranca a la altura del barrio Aperribai, pasa bajo el barrio de Bengoetxe y finaliza en el casco urbano de Galdakao, transcurriendo íntegramente por este municipio. Tiene una longitud de 2,80 km, de los cuales la mayor parte son en túnel en mina.

En la tabla siguiente se resumen los tramos de túnel proyectados:

TRAMO	PK inicio	PK final	L túnel mina (m)	L.Estructura (m)
Túnel Aperribai - Bengoetxe	1+540	2+628.0	1.088,0	-
Estructura Bengoetxe	2+628.0	2+735.7	-	107,7
Túnel Bengoetxe – Estación Galdakao	2+735,7	3+668,7	948,6	-
Caverna estación Galdakao	3+668,7	3+793,0	109,4	-
Estación Galdakao – Fin trazado	3+793,0	4+340	546,3	-

En el Apéndice 7.1 se incluye una planta del trazado en la que se han marcado cada uno de los tramos anteriores.

A continuación, se describe el trazado de los tramos en túnel:

El **túnel Aperribai - Bengoetxe** comienza en el PK 1+540, dando continuidad al tramo Sarratu-Aperribai de la Línea 5. Transcurre en mina hasta el PK 2+628,0, en el barrio de Bengoetxe, por lo que la longitud de este túnel es de 1.088,0 m.

En planta, el trazado comienza en un tramo de clotoide hasta el PK 1+576 donde pasa a tramo recto. En el PK 1+812 pasa a una curva de radio 500 m con sus clotoides de transición, finalizando en recta. Continúa con dos tramos en recta de unos 150 m de longitud entre los que se intercala un acuerdo circular de radio 500 m con sus clotoides de transición correspondientes, finalizando con un pequeño tramo en curva de radio 1500 para volver a alineación recta.

En alzado, los primeros metros hasta el PK 1+548 tienen pendiente descendente de 50 ‰, y a partir de ahí (kv = 2000) la pendiente disminuye a 5 ‰ hasta el PK 1+782, donde pasa a ascender con 50 ‰ (kv = 2000). En el PK 1+982 se localiza un nuevo acuerdo con Kv = 2000 en el que la pendiente se invierte de nuevo para descender con 50 ‰ hasta el PK 2+311 donde vuelve a ascender con una inclinación de 50 ‰ con un acuerdo de kv = 2500.

Transcurre bajo una zona poco poblada con orografía de pendientes pronunciadas al sur del Poblado de Firestone y del barrio de Txistulanda, y pasando bajo la A-8 antes de llegar al barrio de Bengoetxe.

La montera máxima es de 52 m.

En este tramo entroncan en perpendicular con el túnel una galería peatonal para salida de emergencia (PK 1+997) y una galería para ventilación de emergencia (PK 2+017): se denominan **Galería de emergencia de**

© Sener Mobility, S.A. - 2024

Olabarrieta. La galería para ventilación de emergencia tiene una longitud de unos 126,3 m y se utilizará como ataque para la excavación del túnel en mina. La galería de salida de emergencia, de unos 40 m de longitud, arranca en el túnel finaliza en la galería de ventilación, que se compartimentará a partir de ese punto para desempeñar la doble función de ventilación/salida de emergencia. Hay que señalar que la galería de salida peatonal de emergencia también se compartimentará en los primeros metros para albergar cuartos técnicos (centros de transformación).

En este tramo entroncan también con el túnel de línea la obra subterránea de la ventilación de emergencia 1 de la estación de Bengoetxe (PK 2+604,62).

En el barrio de **Bengoetxe** el trazado pasa a **la estación de Bengoetxe** entre los PKs 2+628,0 y 2+735,7 (107,7 m de longitud).

Este tramo transcurre íntegramente en recta, y en cuanto al trazado en alzado, tras llegar con pendiente ascendente de 50 ‰ alcanza un kv = 1200 en el PK 2+611 y a partir de ahí continúa en horizontal.

El **túnel de Bengoetxe - Galdakao** transcurre en mina entre los PKs 2+735,7 y 3+684,3, con una longitud de 948,6 m.

En este tramo entroncan también con el túnel de línea la obra subterránea de la ventilación de emergencia 1 de la estación de Bengoetxe (PK 2+771,98).

En planta el trazado consiste en una sucesión de curvas y rectas (radios de 250 y 400 m) con sus correspondientes clotoides de transición, finalizando en recta en la estación de Galdakao.

En alzado, el tramo arranca en horizontal para descender con kv = 1200 y pendiente de 50 ‰ hasta el PK 3+194 donde con un kv = 3000 en y vuelve a ascender con una inclinación de 11 ‰. En los últimos metros se ha definido un nuevo acuerdo vertical con kv = 7500 (PK 3+629) para entrar en horizontal en la estación de Galdakao.

Transcurre bajo el barrio de Bengoetxe en paralelo a la carretera N-634 y el río Ibaizabal, separándose posteriormente para adentrarse en el casco urbano de Galdakao hasta finalizar en la estación proyectada.

La montera máxima en este tramo en mina es de 48 m.

En este tramo entroncan con el túnel de línea tres obras subterráneas: ventilación de emergencia 2 de la estación de Bengoetxe (PK 2+772), ventilación de emergencia 1 de la estación de Galdakao en la calle Nafarroa (PK 3+633) y ventilación EBA de la estación de Galdakao (PK 3+668).

La **Estación de Galdakao** se excavará en mina. La caverna tendrá una longitud de 109,4 m (entre los PKs 3+668,7 y 3+793,0). Cuenta con dos accesos mediante cañones (uno en testero y otro en hastial) en sus extremos, así como con un pozo para ascensor.

El trazado en planta es en recta, y en alzado la pendiente es del 0 ‰.

La montera máxima en la zona de la estación es de 21 m. En este caso hay que tener en cuenta especialmente la montera mínima, sobre todo en la zona en la caverna se encuentra bajo un edificio con sótanos: no ha podido conocerse con exactitud la cota de base de sótano, pero se estima que la cobertera (de roca sana) es del orden de 10,50 m en ese tramo.

El trazado finaliza continuando en **túnel en mina** bajo el casco urbano de Galdakao en dirección Bekea, hasta el PK 4+340. La longitud de este tramo final es por tanto de 546,3 m.

En planta, el tramo continúa en recta hasta el PK 3+869, para pasar a curva de radio 250 con su clotoide de transición correspondiente.

En alzado, arranca con 0 ‰ de la estación de Galdakao y desciende a partir del PK 3+907 con kv = 15000 y pendiente de 3 ‰ hasta el final del tramo.

© Sener Mobility, S.A. - 2024

En este tramo entronca en perpendicular con el túnel la galería para ventilación de emergencia 2 de la estación de Galdakao (PK 3+865).

Este tramo transcurre bajo el casco urbano de Galdakao.

La montera máxima en este tramo es de 32 m.

En este tramo entroncan con el túnel de línea la ventilación de emergencia 2 de la estación de Galdakao (PK 3+864), y la **galería de emergencia de Abusu**. Esta última consta de dos galerías (para ventilación de emergencia y para salida peatonal de emergencia) que entroncan con el túnel de línea en los PKs 4+305 y 4+325 y se unen posteriormente en un único tubo.

La geometría de la sección de las galerías para ventilación de emergencia es la misma que la sección de túnel de línea, mientras que la geometría de la sección de las salidas peatonales es más pequeña (Grupo 2). Las salidas de emergencia peatonales entroncan con el túnel de línea y con la galería de ventilación de emergencia, de forma que a partir del punto de entronque, la galería de ventilación de emergencia queda compartimentada en dos y coexisten ambas salidas: peatonal y de ventilación.

La galería de ventilación de emergencia de Olabarrieta proyectada tiene una longitud en mina de 140 m y la de Abusu de 360 m.

Ambas galerías para ventilación de emergencia, Olabarrieta y Abusu, se emplearán como ataques para la excavación del túnel en mina y la estación de Galdakao Centro con objeto de minimizar las afecciones a las vías en servicio existentes en la zona.

© Sener Mobility, S.A. - 2024

APÉNDICE 7.1. ANEJO Nº7 OBRAS SUBTERRANEAS DEL "PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO"

© Sener Mobility, S.A. - 2024

ANEJO Nº7

Obras subterráneas

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO EN TÚNEL 1

2. GEOMETRÍA DE LAS SECCIONES DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS 5

2.1 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN DEL TÚNEL DE LÍNEA 5

2.2 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN DE CAVERNA DE ESTACIÓN 6

2.3 GEOMETRÍA DE LAS SECCIONES DE LAS RESTANTES OBRAS SUBTERRÁNEAS 7

3. INFORMACIÓN PRELIMINAR Y CAMPAÑA GEOTÉCNICA DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN 9

3.1 INFORMACIÓN PRELIMINAR 9

3.2 CAMPAÑA GEOTÉCNICA DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN 9

4. BREVE DESCRIPCIÓN DEL TERRENO ATRAVESADO 12

4.1 COMPLEJO URGONIANO (APTIENSE – ALBIENSE) 12

4.1.1 Margas, Margocalizas y Calcarenitas de grano fino (CU-1) 12

4.1.2 Limolitas, Margas y Areniscas (CU-2) 13

4.2 FILONES DE CUARZO Y ZONAS SILICIFICADAS (D-7) 13

4.3 COMPLEJO SUPRAURGONIANO (ALBIENSE SUPERIOR) FLYSCH NEGRO, FORMACIÓN DURANGO 14

4.3.1 Lutitas calcáreas negras (argilitas y/o limolitas), pasadas de Areniscas (CS-4) 14

4.3.2 Alternancia de Areniscas silíceas y Lutitas (CS-5) 14

5. CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA 16

5.1 CU-1, MARGAS, MARGOCALIZAS Y CALCARENITAS 17

5.1.1 Descripción general CU-1 17

5.1.2 Parámetros de la roca matriz formación CU-1, Margas, margocalizas y calcarenitas 17

5.2 CU-2, LIMOLITAS, MARGAS Y ARENISCAS 20

5.2.1 Descripción general CU-2 20

5.2.2 Parámetros de la roca matriz CU-2 21

5.3 CS-4, LUTITAS CALCÁREAS NEGRAS CON PASADAS DE ARENISCAS 23

5.3.1 Descripción general CS-4 23

5.3.2 Parámetros de la roca matriz CS-4 23

5.4 CS-5, ALTERNANCIA DE ARENISCAS SILÍCEAS Y LUTITAS 27

5.4.1 Descripción general CS-5 27

ÍNDICE *(continuación)*

5.4.2 Parámetros de la roca matriz CS-5, zonas de predominancia de lutitas y de alternancia de areniscas y lutitas 27
5.4.3 Parámetros de la roca matriz CS-5, zonas de areniscas 30
5.5 AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN 33

6. CARACTERIZACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO 34
6.1 CONTINUIDAD O PERSISTENCIA 34
6.2 FRICCIÓN Y COHESIÓN 34
6.2.1 Fricción 35
6.2.2 Cohesión 36

7. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO 37
7.1 CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS 37
7.1.1 Clasificación Q de Barton 37
7.1.2 Clasificación RMR de Bieniawski 39
7.1.3 Análisis estadístico de los valores obtenidos en los sondeos 39
7.1.4 Tramificación de la calidad del macizo a lo largo del túnel 41
7.2 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MACIZO ROCOSO 44
7.2.1 Parámetros deformacionales 45
7.2.1.1 Ensayos in situ para la determinación de Em 45
7.2.1.2 Correlaciones empíricas entre Em y las clasificaciones geomecánicas 46
7.2.1.3 Correlaciones empíricas entre Em y Ei 48
7.2.1.4 Estimaciones de Em mediante RocLab y comparación con los resultados de campo 48
7.2.1.5 Valores de Em propuestos para los cálculos 50
7.2.2 Parámetros resistentes 52
7.2.3 Parámetros a considerar en el análisis tensodeformacional 53

8. DEFINICIÓN DEL SOSTENIMIENTO Y REVESTIMIENTO 55
8.1 SOSTENIMIENTOS TIPO 55
8.2 TRATAMIENTO EN BOQUILLAS 57
8.3 TRATAMIENTO EN ENTRONQUES 60
8.4 REVESTIMIENTO 61
8.5 IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE 63

9. CÁLCULOS 64

ÍNDICE *(continuación)*

9.1 ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. TÚNEL DE LÍNEA Y DEMÁS OBRAS SUBTERRÁNEAS DEL GRUPO 3 65
9.1.1 Descripción de los cálculos realizados 65
9.1.2 Modelo geológico geotécnico 66
9.1.2.1 Parámetros geotécnicos 66
9.1.2.2 Coeficiente de reparto de tensiones 69
9.1.3 Modelo numérico 70
9.1.4 Márgenes de seguridad establecidos como referencia para el análisis de los resultados 74
9.1.5 Resultados obtenidos 74
9.1.6 Comprobación con k0 = 1,2 82
9.1.7 Conclusiones del análisis tensodeformacional 84
9.2 ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. CAVERNA DE LA ESTACIÓN DE GALDAKAO 84
9.2.1 Descripción de los cálculos realizados 84
9.2.2 Modelo geológico geotécnico 86
9.2.2.1 Parámetros geotécnicos 86
9.2.3 Modelo numérico 86
9.2.4 Márgenes de seguridad establecidos como referencia para el análisis de los resultados 90
9.2.5 Resultados obtenidos 91
9.2.6 Conclusiones del análisis tensodeformacional 92
9.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE BLOQUES 93
9.3.1 Análisis de estabilidad de bloques tramo Aperribai – Galdakao 95
9.3.1.1 Tramo 5 (Dominio 7): PK. 1+540 a PK 1+783 95
9.3.1.2 Tramo 6 (Dominio 8): PK. 1+783 a PK. 2+004 98
9.3.1.3 Tramo 7 (Dominio 9): PK 2+004 a PK 2+200 101
9.3.1.4 Tramo 8 (Dominio 9): PK 2+200 a PK. 2+333 104
9.3.1.5 Tramo 9 (Dominio 10): PK 2+333 a PK 2+550 106
9.3.1.6 Tramo 10 (Dominio 11): PK 2+550 a PK 2+573 109
9.3.1.7 Tramo 11 (Dominio 11): PK 2+752 a PK 2+840 112
9.3.1.8 Tramo 12 (Dominio 12): PK 2+840 a PK 2+949 114
9.3.1.9 Tramo 13 (Dominio 13): PK 2+949 a PK 3+035 117
9.3.1.10 Tramo 14 (Dominio 14): PK 3+035 a PK 3+200 119
9.3.1.11 Tramo 15 (Dominio 15): PK 3+200 a PK 3+375 122

ÍNDICE *(continuación)*

9.3.1.12 Tramo 16 (Dominio 16): PK 3+375 a PK 3+460 124
9.3.1.13 Tramo 17 (Dominio 17): PK 3+460 a PK 3+580 126
9.3.1.14 Tramo 18 (Dominio 17): PK 3+580 a PK 3+688 129
9.3.1.15 Tramo 19 (Dominio 17): PK 3+688 a PK 3+796 (Caverna) 131
9.3.1.16 Tramo 20 (Dominio 17): PK 3+796 a PK 3+920 133
9.3.1.17 Tramo 21 (Dominio 17): PK 3+920 a PK 4+020 136
9.3.1.18 Tramo 22 (Dominio 17): PK 4+020 a PK 4+115 138
9.3.1.19 Tramo 23 (Dominio 18): PK 4+115 a PK 4+340 141
9.3.2 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE BLOQUES 145

10. PROCESO CONSTRUCTIVO 146
10.1 MODO DE EXCAVACIÓN 146
10.1.1 Excavabilidad 146
10.1.1.1 Resistencia mecánica 146
10.1.1.2 Abrasividad 146
10.1.1.3 Criterios de excavabilidad 150
10.1.1.4 Velocidad de las ondas sónicas 152
10.1.2 Forma y dimensiones de la sección 154
10.1.3 Vibraciones 154
10.1.4 Rendimiento/coste 154
10.1.5 Conclusiones y método de excavación propuesto 155
10.2 MÉTODO DE EJECUCIÓN 155
10.2.1 Fases de excavación y sostenimiento 156
10.3 EXCAVACIÓN DE LOS CONDUCTOS VERTICALES (raise boring) 157

11. TRATAMIENTOS ESPECIALES 159
11.1 TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN DE LA CLAVE 159
11.2 TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN DEL FRENTE 160
11.3 TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN DE LA SOLERA 160
11.4 TRATAMIENTOS FRENTE A INFILTRACIONES DE AGUA 161

12. CONTROL GEOTÉCNICO Y AUSCULTACIÓN 162
12.1 CONTROL GEOTÉCNICO 162
12.2 AUSCULTACIÓN 163
12.2.1 Parámetros de control 163
12.2.2 Tipos de instrumentos, características y colocación 164
12.2.3 Propuesta de auscultación. secciones de control y zonas singulares 167

ÍNDICE *(continuación)*

12.2.4 Lecturas a realizar y frecuencia 172

APÉNDICE 7.1. TRAZADO EN PLANTA. OBRAS SUBTERRÁNEAS.
APÉNDICE 7.2. PLANTA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA.
APÉNDICE 7.3. PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO LONGITUDINAL.
APÉNDICE 7.4. PLANOS DE SOSTENIMIENTOS TIPO.
APÉNDICE 7.5. CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO: ÍNDICE RMR EN SONDEOS.
APÉNDICE 7.6. ENSAYOS DE LABORATORIO. RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.
APÉNDICE 7.7. PARÁMETROS DEL MACIZO ROCOSO.
APÉNDICE 7.8. CÁLCULOS DEL ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. TÚNEL DE LÍNEA
APÉNDICE 7.9. CÁLCULOS DEL ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. CAVERNA DE LA ESTACIÓN DE GALDAKAO.

1. INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO EN TÚNEL

El Proyecto de Construcción del tramo Aperribai - Galdakao de la Línea 5 del F.M.B. arranca a la altura del barrio Aperribai, pasa bajo el barrio de Bengoetxe y finaliza en el casco urbano de Galdakao, transcurriendo íntegramente por este municipio. Tiene una longitud de 2,80 km, de los cuales la mayor parte son en túnel en mina. Únicamente un tramo en el barrio de Bengoetxe, donde se ubica la estación, se ha proyectado en falso túnel (se ejecutará a cielo abierto entre pantallas y posteriormente se cubrirá).

En la tabla siguiente se resumen los tramos de túnel proyectados:

TRAMO	PK inicio	PK final	L túnel mina (m)	L falso túnel (m)
Túnel Aperribai - Bengoetxe	1+540	2+573	1.033,0	-
Falso túnel Bengoetxe	2+573	2+759	-	190
Túnel Bengoetxe – Estación Galdakao	2+759	3+684,3	925,3	-
Caverna estación Galdakao	3+684,3	3+793,7	109,4	-
Estación Galdakao – Fin trazado	3+793,7	4+340	546,3	-

En el Apéndice 7.1 se incluye una planta del trazado en la que se han marcado cada uno de los tramos anteriores.

A continuación se describe el trazado de los tramos en túnel:

El **túnel Aperribai – Bengoetxe** comienza en el PK 1+540, dando continuidad al tramo Sarratu-Aperribai de la Línea 5. Transcurre en mina hasta el PK 2+573, en el barrio de Bengoetxe, por lo que la longitud de este túnel es de 1.033 m.

En planta, el trazado comienza en un tramo de clotoide hasta el PK 1+576 donde pasa a tramo recto. En el PK 1+812 pasa a una curva de radio 500 m con sus clotoides de transición, finalizando en recta. Continúa con dos tramos en recta de unos 150 m de longitud entre los que se intercala un acuerdo circular de radio 500 m con sus clotoides de transición correspondientes, finalizando con un pequeño tramo en curva de radio 1500 para volver a alineación recta.

En alzado, los primeros metros hasta el PK 1+548 tienen pendiente descendente de 50 ‰, y a partir de ahí (kv = 2000) la pendiente disminuye a 5 ‰ hasta el PK 1+782, donde pasa a ascender con 50 ‰ (kv = 2000). En el PK 1+982 se localiza un nuevo acuerdo con Kv = 2000 en el que la pendiente se invierte de nuevo para descender con 50 ‰ hasta el PK 2+311 donde vuelve a ascender con una inclinación de 50 ‰ con un acuerdo de kv = 2500.

Transcurre bajo una zona poco poblada con orografía de pendientes pronunciadas al sur del Poblado de Firestone y del barrio de Txistulanda, y pasando bajo la A-8 antes de llegar al barrio de Bengoetxe.

La montera máxima es de 52 m.

En este tramo entroncan en perpendicular con el túnel una galería para ventilación de emergencia (PK 1+997) y una galería peatonal para salida de emergencia (PK 1+975): se denominan **Galería de emergencia de Olabarrieta**. La galería para ventilación de emergencia tiene una longitud de unos 130 m y se utilizará como ataque para la excavación del túnel en mina. La galería de salida de emergencia, de unos 28 m de longitud, arranca en el túnel finaliza en la galería de ventilación, que se compartimentará a partir de ese punto para desempeñar la doble función de ventilación/salida de emergencia. Hay que señalar que la galería de salida peatonal de emergencia también se compartimentará en los primeros metros para albergar cuartos técnicos (centros de transformación).

En el barrio de **Bengoetxe** el trazado pasa a **falso túnel** entre los PKs 2+573 y 2+759 (190 m de longitud), excavándose en trinchera entre pantallas. En la parte final de este tramo se ha encajado la **estación de Bengoetxe** (PK 2+630 a PK 2+759).

Este tramo transcurre íntegramente en recta, y en cuanto al trazado en alzado, tras llegar con pendiente ascendente de 50 ‰ alcanza un kv = 1200 en el PK 2+611 y a partir de ahí continúa en horizontal.

El **túnel de Bengoetxe – Galdakao** transcurre en mina entre los PKs 2+759 y 3+684,3, con una longitud de 925,3 m.

En planta el trazado consiste en una sucesión de curvas y rectas (radios de 250 y 400 m) con sus correspondientes clotoides de transición, finalizando en recta en la estación de Galdakao.

En alzado, el tramo arranca en horizontal para descender con kv = 1200 y pendiente de 50 ‰ hasta el PK 3+194 donde con un kv = 3000 en y vuelve a ascender con una inclinación de 11 ‰. En los últimos metros se ha definido un nuevo acuerdo vertical con kv = 7500 (PK 3+629) para entrar en horizontal en la estación de Galdakao.

Transcurre bajo el barrio de Bengoetxe en paralelo a la carretera N-634 y el río Ibaizabal, separándose posteriormente para adentrarse en el casco urbano de Galdakao hasta finalizar en la estación proyectada.

La montera máxima en este tramo en mina es de 48 m.

En este tramo entroncan con el túnel de línea tres obras subterráneas: ventilación de emergencia 2 de la estación de Bengoetxe (PK 2+795), ventilación de emergencia 1 de la estación de Galdakao en la calle Nafarroa (PK 3+633) y ventilación EBA de la estación de Galdakao (PK 3+668).

La **Estación de Galdakao** se excavará en mina. La caverna tendrá una longitud de 109,4 m (entre los PKs 3+684,3 y 3+793,7). Cuenta con dos accesos mediante cañones (uno en testero y otro en hastial) en sus extremos, así como con un pozo para ascensor.

El trazado en planta es en recta, y en alzado la pendiente es del 0 ‰.

La montera máxima en la zona de la estación es de 21 m. En este caso hay que tener en cuenta especialmente la montera mínima, sobre todo en la zona en la caverna se encuentra bajo un edificio con sótanos: no ha podido conocerse con exactitud la cota de base de sótano, pero se estima que la cobertera (de roca sana) es del orden de 10,50 m en ese tramo.

El trazado finaliza continuando en **túnel en mina** bajo el casco urbano de Galdakao en dirección Bekea, hasta el PK 4+340. La longitud de este tramo final es por tanto de 546,3 m.

En planta, el tramo continúa en recta hasta el PK 3+869, para pasar a curva de radio 250 con su clotoide de transición correspondiente.

En alzado, arranca con 0 ‰ de la estación de Galdakao y desciende a partir del PK 3+907 con kv = 15000 y pendiente de 3 ‰ hasta el final del tramo.

En este tramo entronca en perpendicular con el túnel la galería para ventilación de emergencia 2 de la estación de Galdakao (PK 3+865).

Este tramo transcurre bajo el casco urbano de Galdakao.

La montera máxima en este tramo es de 32 m.

En este tramo entroncan con el túnel de línea la ventilación de emergencia 2 de la estación de Galdakao (PK 3+864), y la **galería de emergencia de Abusu**. Esta última consta de dos galerías (para ventilación de emergencia y para salida peatonal de emergencia) que entroncan con el túnel de línea en los PKs 4+305 y 4+325 y se unen posteriormente en un único tubo.

La geometría de la sección de las galerías para ventilación de emergencia es la misma que la sección de túnel de línea, mientras que la geometría de la sección de las salidas peatonales es más pequeña (Grupo 2). Las salidas de emergencia peatonales entroncan con el túnel de línea y con la galería de ventilación de emergencia, de forma que a partir del punto de entronque, la galería de ventilación de emergencia queda compartimentada en dos y coexisten ambas salidas: peatonal y de ventilación.

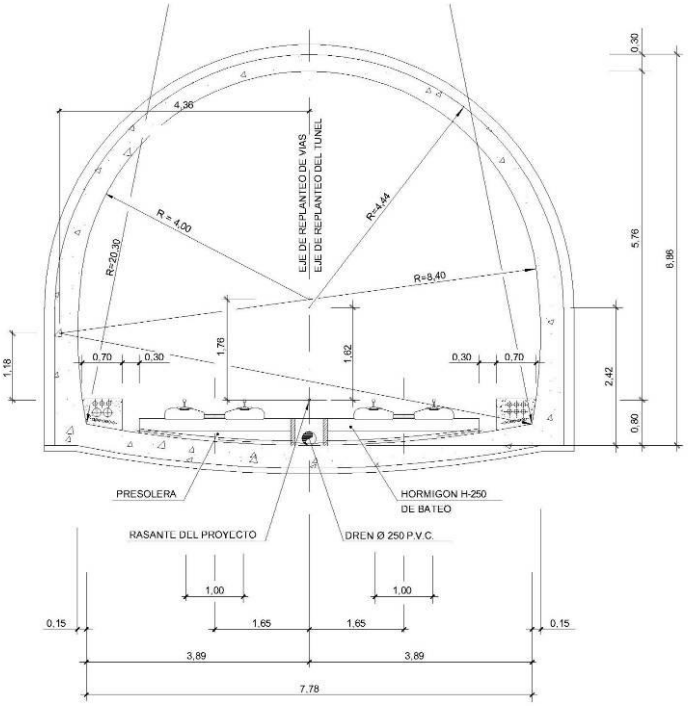
La galería de ventilación de emergencia de Olabarrieta proyectada tiene una longitud en mina de 140 m y la de Abusu de 360 m.

Ambas galerías para ventilación de emergencia, Olabarrieta y Abusu, se emplearán como ataques para la excavación del túnel en mina y la estación de Galdakao Centro con objeto de minimizar las afecciones a las vías en servicio existentes en la zona.

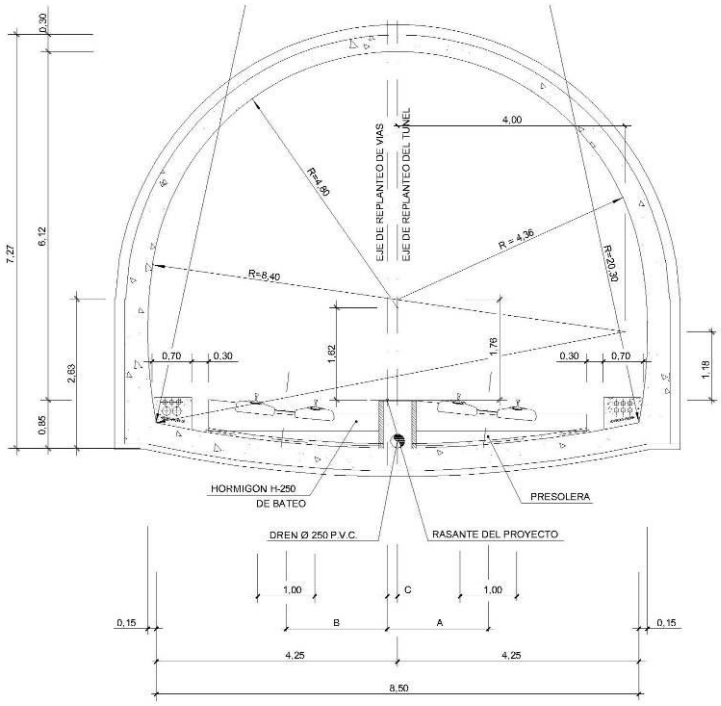
2. GEOMETRÍA DE LAS SECCIONES DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS

2.1 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN DEL TÚNEL DE LÍNEA

A continuación se recoge la definición geométrica de la sección del túnel de línea, en curva y en recta. Por sus dimensiones, pertenece al Grupo 3 dentro de la clasificación establecida para la designación de los sostenimientos a aplicar en función de la calidad del macizo rocoso y que se describirá más adelante.



SECCION TIPO EN TUNEL (EN RECTA)
ESCALA 1/50

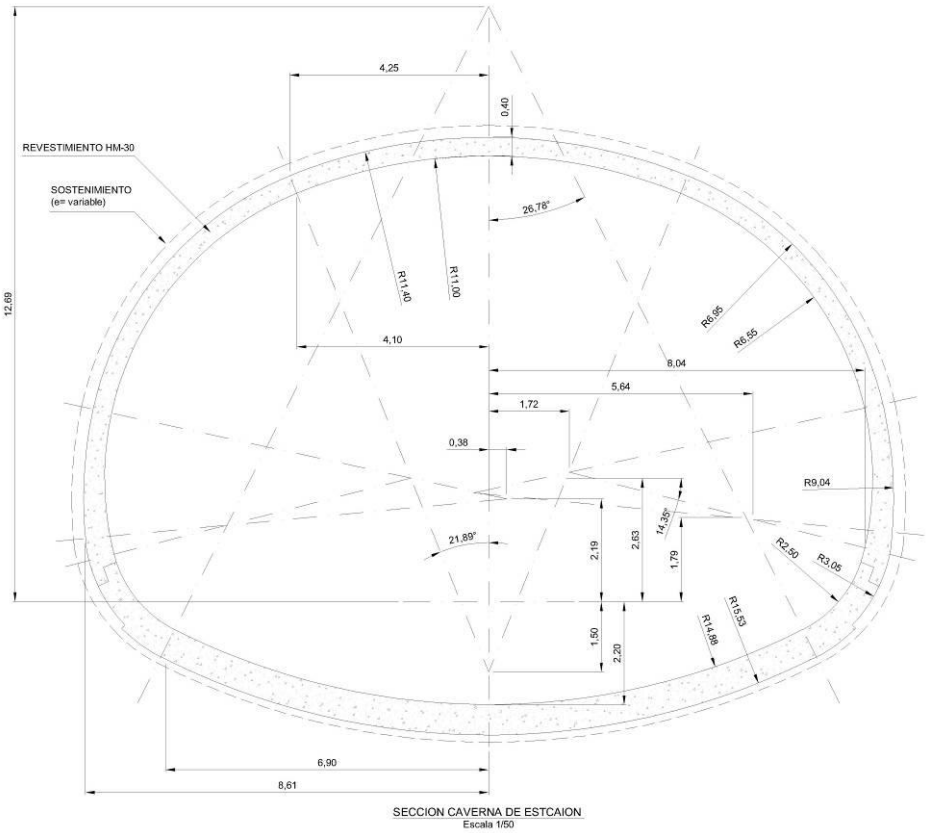


SECCION TIPO EN TUNEL (EN CURVA)
ESCALA 1/50

Hay que señalar que los primeros metros del túnel en mina del tramo objeto de este proyecto precisarán de una sección de túnel en curva mayor que la definida con carácter general, puesto que la distancia entre vía 1 y vía 2 es aún mayor que la habitual en túnel de línea al encontrarse en tramo de transición entre la estación de Aperribai, con andén central, y la disposición habitual de las vías. En el Documento nº2 Planos se recoge la geometría de esta sección singular que se aplicará entre el PK 1+540 y el PK 1+585.

2.2 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN DE CAVERNA DE ESTACIÓN

La estación de Galdakao Centro se excavará en mina. La geometría de su sección es considerablemente más amplia que las anteriores de túnel de línea. Por su dimensión equivalente, superior a los 10 m, pertenece al Grupo 4 dentro de la clasificación establecida para la designación de los sostenimientos a aplicar en función de la calidad del macizo rocoso y que se describirá más adelante.



2.3 GEOMETRÍA DE LAS SECCIONES DE LAS RESTANTES OBRAS SUBTERRÁNEAS

Además del túnel de línea y la caverna de estación, en el presente Proyecto se ha previsto la ejecución de las siguientes obras a excavar en mina:

- Pozos verticales, que alojarán los conductos verticales para ventilación de emergencia de estación, para ventilación EBA y el ascensor de la estación de Galdakao Centro. Pertenecen al Grupo 1, con dimensión equivalente inferior a 4 m.

- Cañones de acceso a la estación de Galdakao Centro, serán dos y pertenecen al Grupo 2, con dimensión equivalente entre 4 y 7 m.

- Ventilación de emergencia de estación, en concreto la parte final de los conductos horizontales de donde arrancan los pozos verticales. Pertenecen al Grupo 2, con dimensión equivalente entre 4 y 7 m.

- Acceso de usuarios al ascensor de la estación de Galdakao Centro, obra que arranca en horizontal a cota de mezzanina. Pertenece al Grupo 2, con dimensión equivalente entre 4 y 7 m.

- Acceso de mantenimiento desde la caverna (bajo andén) al foso del ascensor, obra horizontal. Pertenece al Grupo 2, con dimensión equivalente entre 4 y 7 m.

- Túnel de línea + ventilación EBA, sección de túnel de línea ampliada en su parte inferior para dar salida a la extracción de aire de la ventilación EBA en el tramo comprendido entre la estación y la salida prevista para este sistema. Pertenece al Grupo 3, con dimensión equivalente entre 7 y 10 m.

- Ventilación EBA, en concreto el conducto horizontal que entronca con el túnel de línea. Pertenece al Grupo 3, con dimensión equivalente entre 7 y 10 m.

- Ventilación de emergencia de estación, en concreto los conductos horizontales que entroncan con el túnel de línea. Pertenece al Grupo 3, con dimensión equivalente entre 7 y 10 m.

- Ventilación de emergencia del túnel de línea, que en el presente Proyecto se compartimenta a partir de un punto determinado para compartir sección con la salida de emergencia peatonal de túnel. Pertenece al Grupo 3, con dimensión equivalente entre 7 y 10 m.

- Salida de emergencia peatonal en túnel de línea, que comunicará este último con la galería de ventilación de emergencia en túnel. Pertenece al Grupo 3, con dimensión equivalente entre 7 y 10 m.

En el plano 9.2 Secciones tipo del Documento nº2 Planos se recogen con detalle la geometría y dimensiones de todas las obras subterráneas señaladas en este punto.

3. INFORMACIÓN PRELIMINAR Y CAMPAÑA GEOTÉCNICA DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

En el Anejo nº5 de Geología y Geotecnia se recogen con detalle los datos de partida o información geotécnica preliminar correspondiente al Estudio Informativo de este tramo (Ariz-Galdakao Centro) realizado por Fulcrum en 2010, los datos facilitados por el Ayuntamiento de Galdakao, así como todos los trabajos realizados para el presente Proyecto de Construcción (trabajos de campo y ensayos de laboratorio).

A continuación se resume dicha investigación empleada para la caracterización del terreno afectado por las obras subterráneas:

3.1 INFORMACIÓN PRELIMINAR

Como datos de partida o información preliminar se cuenta con lo recogido en el citado Estudio Informativo, en el cual se incluye tanto la investigación realizada con objeto de los mismos como en trabajos anteriores en la zona (Estudio Geotécnico en el barrio de Tximelarre de Galdakao).

Por otra parte, el Ayuntamiento de Galdakao ha facilitado una serie de Estudios Geotécnicos correspondientes a obras o actuaciones realizadas en la zona de la traza que son de utilidad ("Estudio Geotécnico para 4 edificios y 2 pabellones industriales en Galdakao", en el barrio de Bengoetxe, "Estudio Geotécnico para un aparcamiento subterráneo en Galdakao", a la altura de los PKs 3+600 y 3+700 del trazado y "Estudio Geotécnico para un aparcamiento subterráneo en Galdakao" a la altura de los PKs 3+940 y 4+010 del trazado).

Se trata de sondeos mecánicos, ensayos in situ y de laboratorio y la cartografía geológico-geotécnica que se han incorporado al presente Proyecto de Construcción.

3.2 CAMPAÑA GEOTÉCNICA DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

A continuación se resumen los **sondeos mecánicos** realizados en los tramos de túnel en mina del trazado:

SONDEO	Longitud (m)	Localización
SM-11	36,40	Boquilla Aperribai-pantalla
SM-12	42,50	Túnel en mina Aperribai-fin tramo
SM-13	60,20	Túnel en mina Inicio del tramo - Bengoetxe
SM-14	34,40	Túnel en mina Inicio del tramo - Bengoetxe
SM-15	21,05	Boquilla 1 Bengoetxe-pantalla
SM-17	51,20	Boquilla 2 Bengoetxe-pantalla
SM-18	65,70	Túnel en mina Bengoetxe-Galdakao Centro

SONDEO	Longitud (m)	Localización
SM-19	35,00	Túnel en mina Bengoetxe-Galdakao Centro
SM-20	39,20	Túnel en mina Bengoetxe-Galdakao Centro
SM-21	42,00	Pozo de ascensor estación Galdakao Centro
SM-22	15,00	Cañón de acceso a la estación Galdakao Centro
SM-23	15,20	Cañón de acceso a la estación Galdakao Centro
SM-24	39,00	Pozo para el EBA estación Galdakao Centro
SM-25	49,35	Túnel en mina de Galdakao Centro – final del tramo
SM-26	70,20	Túnel de línea PK 4+310
SM-28	22,05	Salida de emergencia de Abusu (boquilla)

Durante la ejecución de los sondeos se ha procedido a la toma de muestras inalteradas y testigos parafinados para su posterior ensayo en el laboratorio. También se han llevado a cabo ensayos in situ: SPT en suelos y roca muy alterada, de permeabilidad Lefranc en suelos, de permeabilidad Lugeon en el macizo rocoso y ensayos presio-dilatométricos en el macizo rocoso. En el Anejo nº5 de Geología y Geotecnia se recoge una relación de todos ellos, así como sus fichas con los datos de cada uno de los ensayos realizados.

Además de los sondeos mecánicos se han llevado a cabo **prospecciones geofísicas**: dos perfiles de tomografía sísmica cuyo objeto es determinar el espesor de suelos/roca alterada en el tramo de falso túnel previsto en Bengoetxe (TMS-3 y TMS-4), mientras que el TMS-5 tiene por objeto intentar conocer la existencia de posibles fallas o zonas de fractura que puedan afectar a las excavaciones en mina.

PERFIL SÍSMICO	Orientación	Localización	Longitud (m)
TMS-5	O-E	Túnel en mina Aperribai-Bengoetxe	205,50
TMS-3	O-E	Estación de Bengoetxe (falso túnel)	182,50
TMS-4	O-E	Estación de Bengoetxe (falso túnel)	182,50

También se ha llevado a cabo una **cartografía geológico-geotécnica**, en la que se recogen los datos observados en campo y se realiza la interpretación correspondiente teniendo en cuenta también los datos que proporcionan todas las prospecciones. Se adjunta en el Apéndice 7.2 del presente Anejo.

Por último, se han llevado a cabo **ensayos de laboratorio** sobre las muestras y testigos tomados en los sondeos que permitirán la caracterización de los diferentes materiales que constituyen el terreno. En el Anejo nº5 de Geología y Geotecnia se recogen los partes de todos los ensayos y en el Apéndice 7.6 del presente Anejo se incluyen tablas resumen de los

resultados correspondientes a las formaciones rocosas afectadas por las obras subterráneas, junto con un análisis estadístico y una propuesta de valores de los parámetros más relevantes de la roca matriz en cada caso.

4. BREVE DESCRIPCIÓN DEL TERRENO ATRAVESADO

En el Anejo nº5 de Geología y Geotecnia se recoge una descripción geológica detallada del terreno por el que transcurren las obras subterráneas proyectadas.

Como resumen, puede señalarse que se afectará a materiales rocosos del Complejo Supraurgoniano (las formaciones superficiales cuaternarias no son relevantes en este caso). La descripción litológica de cada una de las unidades afectadas por el corredor del Proyecto es la siguiente:

4.1 COMPLEJO URGONIANO (APTIENSE – ALBIENSE)

4.1.1 MARGAS, MARGOCALIZAS Y CALCARENITAS DE GRANO FINO (CU-1)

Este tramo se compone fundamentalmente de **margas y margocalizas gris-azuladas**, a veces con nódulos calizos o piritosos, estratificadas en bancos decimétricos. Con frecuencia la esquistosidad (bien desarrollada) y la fracturación obliteran o hacen dificultosa la observación de la estratificación, que solo se manifiesta en los niveles de calizas nodulosas, **calcarenitas** o parabrechas calcáreas (en algunos sectores cartografiables). En el tramo de túnel en mina estos materiales se han cortado en el sondeo SM-11 y en los sondeos SM-8, SM-8a del tramo anterior Sarratu - Aperribai, y también se observan en numerosos afloramientos.

Las calizas nodulosas / parabrechas calcáreas, en matriz margosa (lutítica / limolítica) presentan potencia y continuidad suficiente como para ser cartografiados en muchos sectores de la formación ya que se observan espesores de cadencia métrica. Su composición es idéntica en todos los casos observados, matriz margosa lutítico-limolítica con cantos de caliza arrecifal que pueden llegar a más de 1 m de potencia incluso a niveles estratificados de ortobrecha con escasa continuidad lateral a modo de relleno canaliforme. El sondeo SM-9 del tramo Sarratu – Aperribai registra estos niveles de calizas en matriz lutítica cuya cartografía en planta debido a los recubrimientos resulta dificultosa.

Por otro lado, en la base de esta formación aparecen **margas de color más oscuro (limolitas/lutitas calcáreas) con areniscas calcáreas** con secuencias turbidíticas. Estos materiales aparecen en el entorno del río Ibaizabal y en el barrio de Aperribai y registran niveles de limolitas y lutitas calcáreas negras, cuya cartografía en planta bajo los recubrimientos aluviales es muy dificultosa y que pueden ser un tránsito gradual a la siguiente unidad (estos materiales se han detectado en numerosos sondeos realizados en el tramo anterior, Sarratu – Aperribai).

Para la descripción y caracterización de esta formación también se han tenido en cuenta los sondeos recogidos en el Estudio Informativo: S-9, S-8, S-10, S-4 y S-11.

Los materiales correspondientes a esta formación se encuentran al inicio del presente tramo Aperribai-Galdakao y se extienden a lo largo de todo el tramo anterior Sarratu – Aperribai. Por tanto, para su análisis y descripción se ha tenido en cuenta también la información que proporcionan los trabajos correspondientes al tramo Sarratu - Aperribai.

4.1.2 LIMOLITAS, MARGAS Y ARENISCAS (CU-2)

Representa el tránsito entre los sistemas carbonatado y terrígeno en el sector occidental del Anticlinorio de Bilbao. Por tanto es un término mixto de tránsito entre las margas urgonianas (formación anterior CU-1) y la base de la formación siguiente formación Durango, Argilitas y/o limolitas con pasadas de arenisca CS-4.

La litología es variada, ya que consta de una alternancia irregular de **margas, limolitas (lutitas) oscuras** muy laminadas y **areniscas** masivas, calcáreas o silíceas, conformando un tránsito gradual de los términos margosos a lutíticos.

Por todo esto y aunque es muy complicado distinguir esta formación de la anterior (CU-1) en los sondeos y en los afloramientos, sí se ha diferenciado una banda central en la zona de Aperribai de materiales formados por **lutitas negras (margas) con alguna intercalación de areniscas** silíceas o calcáreas rojizas en orden **turbiditico y slumpizados** (microbrechas). El sondeo SM-12 está dentro de esta formación.

4.2 FILONES DE CUARZO Y ZONAS SILICIFICADAS (D-7)

Puntualmente se ha observado en el extremo Oeste de la zona de Aperribai un afloramiento de filón de cuarzo con abundantes mineralizaciones de hierro, que quedaría al sur de la galería de ventilación y salida de emergencia del túnel en mina prevista en dicha zona (Galería de Olabarrieta).

Los filones de cuarzo pueden llegar a tener potencias de varios metros y normalmente están acompañados por una fuerte tectonización y silicificación de la roca encajante, en forma de abundantes venillas de cuarzo de potencia milimétrica o decimétrica, siendo su origen de tipo hidrotermal. No se tiene certeza exacta sobre la edad de estos filones y en consecuencia no puede descartarse una intrusión muy temprana para ellos, en estrecha relación genética con las mineralizaciones de hierro observadas en sus proximidades.

4.3 COMPLEJO SUPRAURGONIANO (ALBIENSE SUPERIOR) FLYSCH NEGRO, FORMACIÓN DURANGO

4.3.1 LUTITAS CALCÁREAS NEGRAS (ARGILITAS Y/O LIMOLITAS), PASADAS DE ARENISCAS (CS-4)

Con este término se representan aquellos tramos en los que existe un claro predominio de los materiales **lutíticos (argilitas y/o limolitas)** sobre los arenosos, **areniscas**. Las lutitas, que aparecen en niveles centi-decimétricos, alternan o incluyen estratos generalmente poco potentes (centimétricos) de arenisca en una proporción menor o igual al 20%.

Estas lutitas están compuestas por materiales detríticos de grano fino, limo y/o arcilla (argilitas y/o limolitas), más o menos calcáreos, micáceos, y masivos. Se han cortado en los sondeos SM-13 y SM-14 realizados para el presente Proyecto de Construcción, y también en el sondeo S-5 correspondiente al Estudio Informativo.

4.3.2 ALTERNANCIA DE ARENISCAS SILÍCEAS Y LUTITAS (CS-5)

Se trata de los materiales observados desde la estación de Bengoetxe hasta el final del trazado. Es un término que muestra un porcentaje similar **de lutitas y areniscas**, siendo la combinación litológica más frecuente del complejo Supraurgoniano.

Las **areniscas son cuarzoarenitas o litarenitas** gris claro estratificadas en bancos centimétricos o decimétricos, con laminación paralela o cruzada debida a ripples.

Dentro de los tramos lutíticos son **más frecuentes los niveles limolíticos** que los argilíticos.

Igualmente se debe destacar que en este término, el aumento de la proporción de areniscas va emparejado con el aumento de la potencia de los bancos y el mayor desarrollo en su caso de las series turbidíticas de Bouma.

En esta formación también se intercalan numerosos **cuerpos lenticulares constituidos por areniscas** de potencia métrica y decamétrica, que son cartografiables a nivel comarcal, aunque los recubrimientos en las inmediaciones del medio urbano no lo permitan. Se han observado, por ejemplo, en los sondeos SM-20, SM-22, SM-23 y SM-25. Están compuestas por granos de cuarzo fino y grueso, algo de feldespato, mica blanca y materia orgánica, de colores gris-blanco.

Localmente pueden presentarse intercalados algunos niveles de orto y **paraconglomerados silíceos** con cantos de caliza y calcarenita, como los observados en los sondeos SM-19 y SM-24 de la campaña realizada para el presente Proyecto de Construcción.

También se han realizado en esta formación los sondeos SM-21 para este Proyecto de Construcción, y los sondeos S-12 y S-3 recogidos en el Estudio Informativo. Por último, también

se han tenido en cuenta los sondeos correspondientes a tres Estudios Geotécnicos junto a la traza proporcionados por el Ayuntamiento de Galdakao que ya se han citado anteriormente.

5. CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

A lo largo del trazado en túnel se interceptan diversas formaciones geológicas. Se entiende por formación a aquellas unidades geológicas cartografiables, que presentan características sedimentarias que permiten distinguir entre sí unas de otras. La formación es la unidad básica empleada en la cartografía geológica.

Los túneles son obras cuyas secciones tipo generalmente presentan diámetros superiores a la decena de metros. En estas circunstancias no es práctico diferenciar litologías que se presenten en capas o paquetes de diámetro inferior al indicado, ya que sus propiedades sólo reflejarían el comportamiento geotécnico de zonas muy localizadas o puntuales de la sección tipo de los mismos. Lo más útil de cara a la caracterización geotécnica del túnel y a los cálculos de comprobación de sostenimientos, es el de caracterizar paquetes de roca homogéneos a una escala de varias veces la del diámetro del túnel, esto es, varias decenas de metros.

En este caso las formaciones consideradas son las siguientes:

TRAMO DE TÚNEL EN MINA	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)
Túnel Aperribai – Bengoetxe	CU-1, Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino.	1+540	1+783	243
	CU-2, Limolitas, margas y areniscas	1+783	2+004	221
	CS-4, Lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas	2+004	2+550	546
	CS-5, Alternancia de areniscas silíceas y lutitas	2+550	2+573	19
Túnel Bengoetxe – Galdakao (fin de tramo)	CS-5, Alternancia de areniscas silíceas y lutitas	2+759	4+340	1341

Para realizar la caracterización de la matriz rocosa de cada formación se cuenta con los resultados de ensayos de laboratorio que se han llevado a cabo, tanto los correspondientes al presente Proyecto como los recogidos en el Estudio Informativo y en los Estudios Geotécnicos cercanos a la traza. Como ya se ha indicado, para la caracterización de la formación CU-1 se han tenido en cuenta los datos de los trabajos realizados para el proyecto del tramo anterior Sarratu-Aperribai, ya que esta formación se extiende a lo largo de todo él y se cuenta con abundante información.

Los resultados de todos ellos se resumen en tablas en el Apéndice 7.6 junto con un análisis estadístico y la propuesta de los valores representativos para los diferentes parámetros geotécnicos de la roca matriz, que se comenta en los puntos siguientes:

5.1 CU-1, MARGAS, MARGOCALIZAS Y CALCARENITAS

5.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL CU-1

La descripción de esta unidad se recoge con detalle en el Anejo nº5 de Geología y Geotecnia. A continuación se recoge el análisis y caracterización para esta formación, a partir de los valores de los ensayos de laboratorio realizados, correlaciones empíricas y datos bibliográficos.

5.1.2 PARÁMETROS DE LA ROCA MATRIZ FORMACIÓN CU-1, MARGAS, MARGOCALIZAS Y CALCARENITAS

En el tramo del presente Proyecto, estos materiales son atravesados por el túnel en mina entre el inicio (PK 1+540) y el PK 1+783, y se han cortado en el sondeo SM-11. También en los sondeos SM-8, SM-9 y SM-9a de la campaña para el Proyecto del tramo anterior Sarratu – Aperribai y en los sondeos S-10, S-4 y S-11 del Estudio Informativo. Todos ellos se han tenido en cuenta para la caracterización.

Los estudios petrográficos con lámina delgada muestran una composición mineralógica que concuerda con lo descrito en las testificaciones, y es razonable computar juntos los resultados de las muestras de estos sondeos.

Los parámetros geotécnicos de la matriz que se propone considerar para esta formación CU-1 son los siguientes:

PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CU-1, Margas, margocalizas y calcarenitas	
PARÁMETRO	VALOR
Densidad aparente (t/m^3)	2,700
Resistencia a compresión simple (MPa)	25,00
Resistencia a tracción (MPa)	3,00
Módulo de deformación (MPa)	16000
Coeficiente de Poisson	0,300
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	7,0
Índice Schimazek (kN/m)	0,050
Abrasividad Cerchar	1,50

A continuación se recogen las consideraciones realizadas con respecto a varios de los parámetros:

Resistencia a compresión de la roca matriz, σci

En el análisis de los resultados de laboratorio obtenidos (resistencia a compresión simple) se han establecido los siguientes criterios de partida, comunes a todas las formaciones:

- Los correspondientes a una rotura por plano de debilidad especificado en el parte del ensayo.
- Los correspondientes a rotura clara por un plano de debilidad (laminación). Hay casos en los que, aunque no se recoja en el parte del ensayo esta circunstancia, en la testificación del sondeo se ha comprobado que la rotura reseñada coincide con la laminación descrita en dicho tramo. La orientación de la estratificación se refleja en la petrofábrica de la roca a modo de laminación/esquistosidad/bandeado, dando lugar a una cierta anisotropía de orientación oblicua con respecto al eje de las muestras, que condiciona los resultados obtenidos, desvirtuándolos: los valores más bajos se pueden deber a este aspecto, por lo que no serían representativos de la roca matriz.
- Aquellos valores excepcionalmente altos con relación a los demás obtenidos (pueden corresponder a la existencia de algún clasto de caliza, etc. y no se considera una muestra representativa del conjunto).

En este caso, los valores de resistencia a compresión simple obtenidos se encuentran en el rango 12 – 34 MPa, con valor medio de 21 MPa. Se considera que estos resultados no son totalmente representativos de la roca matriz y que la mayoría de los ensayos están condicionados por la laminación que presentan estos materiales, aspecto que parece influir de forma importante el resultado de este ensayo y que también se puede observar en menor medida en las roturas a tracción y en los ensayos triaxiales realizados. Los resultados de RCS obtenidos serán por tanto una cota inferior de la resistencia a compresión simple de la roca matriz atendiendo a lo siguiente:

- La anisotropía debida a la propia constitución de la roca, que influye en los ensayos de compresión simple proporcionando valores más bajos de lo debido (laminación o esquistosidad subvertical, semiparalela a la dirección de compresión de los ensayos).
- Las correlaciones con otros parámetros: por ejemplo, considerando que la relación entre la resistencia a compresión y la resistencia a tracción se encuentra en el rango 1/8 – 1/15, y a la vista de los resultados de la resistencia a tracción (valor representativo

propuesto de 3,0 MPa), la resistencia a compresión debería ser como mínimo de 24 MPa.

- En un primer ajuste de la curva de rotura de Hoek y Brown realizado mediante el programa Roclab con los resultados de los ensayos de compresión simple (los anteriormente citados), triaxiales y ensayos de tracción, resulta un valor de resistencia a compresión de la roca matriz σci de 18 MPa y un valor de la constante mi de 3,51. Teniendo en cuenta el tipo de roca de que se trata, este último parámetro mi se encuentra por debajo de lo recogido en bibliografía (valor máximo de mi = 7 para calizas margosas según Hoek y Brown, rango recogido en Roclab para margas mi = 7 ± 2), lo que viene a abundar en la idea de que se trata de un ajuste conservador con respecto a la realidad.

- Referencias bibliográficas: Rahn (1986), Walthan (1999), Obert y Duvall (1967) y Farmer (1968), en las que los valores medios de σci se encuentran en los rangos 70 – 140 MPa en Margas y 60 - 200 MPa en Calizas.

Como resultado de lo anterior, se propone un valor de σci de la roca matriz σci = 25 MPa.

Constante de Hoek y Brown, mi

En el ajuste de Roclab para los valores de resistencia a compresión señalados en el párrafo anterior los ensayos triaxiales y los de resistencia a tracción obtenidos en laboratorio, se obtiene un valor de mi = 3,5. Como ya se ha señalado, este valor es coherente con las referencias bibliográficas, según las que para materiales de este tipo el valor de la constante de Hoek y Brown la constante mi estaría en el rango 7±2 (margas).

Como valor de partida para la estimación de parámetros del macizo rocoso se adoptará un valor mi = 7.

Módulo de deformación, Ei

En cuanto al módulo de deformación Ei, se observa una gran dispersión en los resultados de los ensayos de laboratorio obtenidos. Para la estimación de un valor representativo de Ei se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Resultados de los ensayos de laboratorio: Como se ha expuesto, existe una gran heterogeneidad en los resultados obtenidos, entre 8000 y 26000 MPa, aún sin tener en cuenta los valores correspondientes a roturas por discontinuidades, con un valor medio del orden de 17000 MPa.

- Correlaciones con otros parámetros: Considerando la relación entre el módulo de deformación y la resistencia a compresión simple de la roca matriz, Ei = MR·σci, y partiendo del valor propuesto σci = 25 MPa, el valor de Ei queda en función de la variable MR para la que se propusieron valores por parte de Deere (recogidos por Hoek y Diederichs en 2006). Teniendo en cuenta la descripción de los materiales que nos ocupan (ensayos petrográficos) y los valores propuestos para determinados tipos de roca podría considerarse en este caso MR = 600 - 800 y por tanto Ei = 15000 - 20000.

- Valores recogidos en bibliografía: Para este tipo de materiales, podría rondar en el rango 4000 - 34000 MPa.

A la vista de todo lo anterior, se propone como valor de partida Ei = 16000 MPa, que es ligeramente más bajo que el valor medio y da coherencia a todos los parámetros entre sí.

Coeficiente de Poisson, νi

Para el coeficiente de Poisson se ha propuesto un valor ν = 0,300, coherente con el rango recogido en bibliografía para estos materiales y que coincide con el valor medio obtenido de los ensayos de laboratorio.

Resistencia a tracción, σti

Los ensayos de resistencia a tracción presentan un valor medio de 3,88 MPa en el cómputo de los resultados obtenidos, que se encuentran en el rango 2,21 – 5,92 MPa. Como valor de referencia se considerará el valor σti = 3,00 MPa, del lado de la seguridad y coherente con el valor de resistencia a compresión simple propuesto en virtud de la correlación entre ambos señalada anteriormente.

Abrasividad Cerchar y coeficiente F de Schimazek

Como valores de referencia del índice de abrasividad Cerchar y del coeficiente de Schimazek se han considerado los máximos obtenidos en los ensayos que se han realizado.

5.2 CU-2, LIMOLITAS, MARGAS Y ARENISCAS

5.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL CU-2

En el Anejo nº5 de Geología y Geotecnia se recoge una descripción detallada de los materiales de esta formación, que se extiende entre los PKs 1+783 y 2+004 del túnel en mina y se ha cortado en el sondeo SM-12 de la campaña correspondiente al presente Proyecto.

5.2.2 PARÁMETROS DE LA ROCA MATRIZ CU-2

Los parámetros geotécnicos de la matriz que se propone considerar para esta formación son los siguientes:

PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CU-2, Limolitas, margas y areniscas	
PARÁMETRO	VALOR
Densidad aparente (t/m^3)	2,700
Resistencia a compresión simple (MPa)	27,00
Resistencia a tracción (MPa)	3,20
Módulo de deformación (MPa)	18000
Coeficiente de Poisson	0,300
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	5,0
Índice Schimazek (kN/m)	0,066
Abrasividad Cerchar	0,3

Esta formación CU-2 se considera una transición entre la CU-1 y la CS-4, apreciándose características bastante similares a los materiales margosos de la formación CU-1 aunque el sondeo SM-12 que la corta se presenta más masivo y sin signos de laminación como se ha citado en los casos anteriores: es por ello que los resultados de los ensayos resistencia a compresión han proporcionado valores más altos. A continuación se recogen las consideraciones realizadas con respecto a varios de los parámetros:

Resistencia a compresión de la roca matriz, σci

Aplicando en este caso los mismos criterios que los establecidos en la formación anterior CU-1 para los ensayos de compresión, no se ha tenido en cuenta uno de ellos cuyo parte reseña que la rotura se ha producido por una junta preexistente.

En este caso, los valores de resistencia a compresión simple obtenidos se encuentran en el rango 22 – 31 MPa, con valor medio de 26,75 MPa, y pueden hacerse los siguientes comentarios:

- No se aprecia como en los casos anteriores una influencia clara de anisotropía debida a la propia constitución de la roca (laminación o esquistosidad subvertical, semiparalela a la dirección de compresión de los ensayos).
- Correlaciones con otros parámetros: sólo se cuenta con un valor de resistencia a tracción, por lo que no es aplicable la correlación con este parámetro en este caso.

- En un primer ajuste de la curva de rotura de Hoek y Brown realizado mediante el programa Roclab con los resultados de los ensayos de compresión simple (los anteriormente citados), triaxiales y ensayo de tracción, resulta un valor de resistencia a compresión de la roca matriz σci de 31,5 MPa y un valor de la constante mi de 3,76. Teniendo en cuenta el tipo de roca de que se trata, este último valor se encuentra por debajo de lo recogido en bibliografía (valor máximo de mi = 9 para limolitas según Hoek y Brown, rango recogido en Roclab para limolitas y margas mi = 7 ± 2), lo que viene a abundar en la idea de que se trata de un ajuste conservador con respecto a la realidad.

- Referencias bibliográficas: Rahn (1986), Walthan (1999), Obert y Duvall (1967) y Farmer (1968), en las que los valores medios de σci se encuentran en los rangos 30 – 70 MPa en Lutitas y 70 – 140 MPa en Margas.

Con todo lo anterior, se propone un valor de σci para la roca matriz: σci = 27 MPa.

Constante de Hoek y Brown, mi

En el ajuste de Roclab para los ensayos de laboratorio de resistencia a compresión simple comentados en el párrafo anterior, triaxiales y de tracción, se obtiene un valor de mi = 3,76. Este valor es inferior a lo recogido en las referencias bibliográficas, según las que para materiales de este tipo el valor de la constante de Hoek y Brown mi estaría en el rango 7±2. Como valor de partida para la estimación de parámetros del macizo rocoso se adoptará un valor mi = 5.

Módulo de deformación Ei

En cuanto al módulo de deformación Ei, únicamente se cuenta con el resultado de un ensayo. Para la estimación de un valor de partida de Ei se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Resultados de los ensayos de laboratorio. Como se ha expuesto, sólo se cuenta con un valor, del orden de 29000 MPa.

- Correlaciones con otros parámetros. Aplicando la relación existente entre el módulo de deformación y la resistencia a compresión simple de la roca matriz, Ei = MR·σci, y considerando un valor de MR de 600-800 (según los valores propuestos por Deere y recogidos por Hoek y Diederichs en 2006, para este tipo de materiales podría adoptarse un valor de este orden como referencia), resultaría para σci = 27 MPa un valor de 16200 - 21600 MPa.

- Valores recogidos en bibliografía. Para este tipo de materiales, podría rondar en el rango 3000 – 34000 MPa.

A la vista de todo lo anterior, se propone como valor de partida Ei = 18000 MPa, del lado de la seguridad y coherente con el resto de los parámetros.

Coeficiente de Poisson, νi

Para el coeficiente de Poisson se ha propuesto un valor ν = 0,300, coherente con el rango recogido en bibliografía para estos materiales y que coincide con el valor medio obtenido de los ensayos de laboratorio.

Resistencia a tracción, σti

Únicamente se cuenta con un resultado de resistencia a tracción, ya que esta formación tiene poca extensión a lo largo del trazado y se ha cortado únicamente con un sondeo (SM-12). El valor obtenido, de 7,88 MPa se considera alto y aunque el ensayo petrográfico describe la muestra como lutita calcárea arenosa, no se considerará totalmente representativo de los materiales de esta formación para quedar del lado de la seguridad. Teniendo en cuenta la correlación entre este parámetro y la resistencia a compresión, y para darle coherencia a todos los valores propuestos, se considerará σti = 3,20 MPa.

Abrasividad Cerchar y coeficiente F de Schimazek

Finalmente, se cuenta respectivamente con un valor de abrasividad Cerchar y Schimazek, que se consideran razonables a la vista del tipo de materiales que constituyen la formación y se proponen como representativos.

5.3 CS-4, LUTITAS CALCÁREAS NEGRAS CON PASADAS DE ARENISCAS

5.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL CS-4

Los materiales de esta formación se describen con detalle en el Anejo nº5 de Geología y Geotecnia. Afecta al túnel en mina en la parte inicial del presente tramo, entre los PKs 2+004 y 2+550, y se ha cortado en los sondeos SM-13 y SM-14 de la campaña para este Proyecto y en el sondeo S-5 del Estudio Informativo.

5.3.2 PARÁMETROS DE LA ROCA MATRIZ CS-4

Los estudios petrográficos con lámina delgada muestran una composición mineralógica que concuerda con lo descrito en las testificaciones y se considera que pueden computarse juntos todos los resultados obtenidos en los sondeos anteriormente citados.

Los parámetros geotécnicos de la matriz que se propone considerar para esta formación se recogen en la tabla siguiente:

PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CS-4, Lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas	
PARÁMETRO	VALOR
Densidad aparente (t/m^3)	2,680
Resistencia a compresión simple (MPa)	19,00
Resistencia a tracción (MPa)	2,50
Módulo de deformación (MPa)	15000
Coeficiente de Poisson	0,280
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	7,0
Índice Schimazek (kN/m)	0,098
Abrasividad Cerchar	0,9

Resistencia a compresión de la roca matriz, σci

En el análisis de los resultados de laboratorio obtenidos (resistencia a compresión simple) se han establecido los siguientes criterios de partida, comunes a todas las formaciones:

- Los correspondientes a una rotura por plano de debilidad especificado en el parte del ensayo.

- Los correspondientes a rotura clara por un plano de debilidad (laminación). Aunque no se recoja en el parte del ensayo esta circunstancia, en la testificación del sondeo se ha comprobado que la rotura reseñada coincide con la laminación descrita en dicho tramo. La orientación de la estratificación se refleja en la petrofábrica de la roca a modo de laminación/esquistosidad/bandeado, dando lugar a una cierta anisotropía de orientación oblicua con respecto al eje de las muestras, que condiciona los resultados obtenidos, desvirtuándolos: los valores más bajos se pueden deber a este aspecto, por lo que no serían representativos de la roca matriz.

Hay que señalar no obstante que en este caso sí se han tenido en cuenta los datos de tres roturas a compresión simple en los que el parte señala que se ha producido por una junta preexistente, pero dado que dichos valores se encontraban en la parte más alta del rango de resultados (superiores a otros sin rotura anómala reseñada o estimada) se ha optado por no eliminarlos en el cómputo.

Los resultados obtenidos se encuentran en el rango 9 - 19 MPa, con valor medio de 14 MPa. Parte de los ensayos están entre 9 y 12 MPa y otra parte en el rango 15 – 19 MPa (hay que señalar que en este rango hay tres valores correspondientes a roturas por planos de debilidad preexistentes). Por tanto, se considera que estos resultados no son totalmente representativos

de la roca matriz y que la mayoría están condicionados con la laminación que presentan estos materiales, aspecto que parece influir de forma importante el resultado de este ensayo y que también se puede observar en menor medida en las roturas a tracción y en los ensayos triaxiales realizados. Los resultados de RCS obtenidos serán por tanto una cota inferior de la resistencia a compresión simple de la roca matriz atendiendo a lo siguiente:

- La anisotropía debida a la propia constitución de la roca, que influye en los ensayos de compresión simple proporcionando valores más bajos de lo debido (laminación o esquistosidad subvertical, semiparalela a la dirección de compresión de los ensayos).

- Las correlaciones con otros parámetros: por ejemplo, considerando que la relación entre la resistencia a compresión y la resistencia a tracción se encuentra en el rango 1/8 – 1/15, y a la vista de los resultados de la resistencia a tracción (valor propuesto de 2,50 MPa), la resistencia a compresión debería ser como mínimo de 20 MPa, cuando ninguno de los valores de compresión simple obtenidos alcanza ese valor.

- En un primer ajuste de la curva de rotura de Hoek y Brown realizado mediante el programa Roclab con los resultados de los ensayos de compresión simple (los anteriormente citados), triaxiales y ensayos de tracción, resulta un valor de resistencia a compresión de la roca matriz σci de 16,6 MPa y un valor de la constante mi de 4,69. Teniendo en cuenta el tipo de roca de que se trata, este último parámetro mi se encuentra por debajo de lo recogido en bibliografía (valor máximo de mi = 7 para calizas margosas según Hoek y Brown, rango recogido en Roclab para margas y lutitas mi = 7 ± 2), lo que viene a abundar en la idea de que se trata de un ajuste conservador con respecto a la realidad.

- Referencias bibliográficas: Rahn (1986), Walthan (1999), Obert y Duvall (1967) y Farmer (1968), en las que los valores medios de σci se encuentran en los rangos 30 – 70 MPa en Lutitas y 60 - 200 MPa en Calizas.

Como resultado de lo anterior, se ha pasado a proponer un valor de σci de la roca matriz σci = 19 MPa, del orden del máximo obtenido en los ensayos.

Constante de Hoek y Brown, mi

Como ya se ha expuesto en el ajuste de la curva de rotura de Hoek y Brown realizado mediante el programa Roclab con los resultados de los ensayos el valor de la constante mi obtenido, de 4,69, se encuentra por debajo de lo recogido en bibliografía (valor máximo de mi = 7 para calizas margosas según Hoek y Brown, rango recogido en Roclab para margas y lutitas mi = 7 ± 2, rango recogido en Roclab para areniscas mi = 17 ± 2). Se propone considerar el valor mi = 7

para tener en cuenta la influencia del bandeado de areniscas que se ha observado en estos materiales, sin olvidar su naturaleza lutítica predominante.

Módulo de deformación Ei

En cuanto al módulo de deformación Ei, los resultados obtenidos en encuentran en el rango 13700 – 17400 MPa, con un valor medio de 15500 MPa. Para la estimación de un valor representativo de Ei se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Correlaciones con otros parámetros: Para la relación entre el módulo de deformación y la resistencia a compresión simple de la roca matriz, $Ei = MR \cdot \sigma ci$, y partiendo del valor propuesto $\sigma ci = 19$ MPa, el valor de Ei queda en función de la variable MR para la que se propusieron valores por parte de Deere (recogidos por Hoek y Diederichs en 2006). Teniendo en cuenta la descripción de los materiales que nos ocupan (ensayos petrográficos) y los valores propuestos para determinados tipos de roca podría considerarse MR = 500 – 800 y por tanto Ei = 9500 – 15200.
- Valores recogidos en bibliografía: Para este tipo de materiales, podría rondar en el rango 3000 - 60000 MPa.

A la vista de todo lo anterior, se propone como valor de partida Ei = 15000 MPa, del orden del valor medio obtenido en los ensayos y que es coherente con el resto de los parámetros.

Coeficiente de Poisson, νi

Para el coeficiente de Poisson se ha propuesto un valor $\nu = 0{,}280$, coherente con el rango recogido en bibliografía para estos materiales y que coincide con el valor obtenido de los ensayos de laboratorio.

Resistencia a tracción, σti

Los ensayos de resistencia a tracción presentan un valor medio de 3,06 MPa en el cómputo de todos los valores considerados, los cuales se encuentran en el rango 2,22 – 3,51 MPa. Como valor de referencia se considerará $\sigma ti = 2{,}50$ MPa, del lado de la seguridad.

Abrasividad Cerchar y coeficiente F de Schimazek

Como valores de referencia del índice de abrasividad Cerchar y del coeficiente de Schimazek se han considerado los máximos obtenidos en los ensayos que se han realizado.

5.4 CS-5, ALTERNANCIA DE ARENISCAS SILÍCEAS Y LUTITAS

5.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL CS-5

Esta formación aparece desde el PK 2+550 del túnel en mina hasta el final del trazado. Los sondeos que la cortan son el SM-15, SM-16, SM-17, SM-18, SM-19, SM-20, SM-21, SM-22, SM-23, SM-24, SM-25 y SM-26 de la campaña para el presente Proyecto y el S-12 del Estudio Informativo. También se cuenta con la información que aportan los sondeos correspondientes a los tres Estudios Geotécnicos cercanos a la traza, facilitados por el Ayuntamiento de Galdakao.

Hay que hacer en este caso una diferenciación en los materiales, a la vista del comportamiento geotécnico tan diferente que pueden presentar: por una parte se ha analizado la alternancia de areniscas y lutitas y por otra parte las areniscas que pueden aparecer en bancos o zonas de longitud considerable.

5.4.2 PARÁMETROS DE LA ROCA MATRIZ CS-5, ZONAS DE PREDOMINANCIA DE LUTITAS Y DE ALTERNANCIA DE ARENISCAS Y LUTITAS

Los estudios petrográficos con lámina delgada realizados muestran una composición mineralógica que concuerda con lo descrito en las testificaciones y han sido de utilidad para discriminar las muestras ensayadas de esta formación, es decir, para computarlas dentro de los materiales con predominancia lutítica/alternancia como en este caso, o bien dentro de la predominancia de areniscas que se describirá en el punto siguiente.

Los parámetros geotécnicos de la matriz que se propone considerar para estos materiales se recogen en la tabla siguiente:

PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CS-5, zonas de predominancia de lutitas y de alternancia de areniscas y lutitas	
PARÁMETRO	VALOR
Densidad aparente (t/m^3)	2,650
Resistencia a compresión simple (MPa)	17,00
Resistencia a tracción (MPa)	2,20
Módulo de deformación (MPa)	14000
Coeficiente de Poisson	0,300
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	7
Índice Schimazek (kN/m)	0,375
Abrasividad Cerchar	1,1

Resistencia a compresión de la roca matriz, σci

En el análisis de los resultados de laboratorio obtenidos (resistencia a compresión simple) se han establecido los siguientes criterios de partida, comunes a todas las formaciones:

- Los correspondientes a una rotura por plano de debilidad especificado en el parte del ensayo.

- Los correspondientes a rotura clara por un plano de debilidad (laminación). Hay casos en los que, aunque no se recoja en el parte del ensayo esta circunstancia, en la testificación del sondeo se ha comprobado que la rotura reseñada coincide con la laminación descrita en dicho tramo. Se ha observado que la orientación de la estratificación se refleja en la petrofábrica de la roca a modo de laminación/esquistosidad/bandeado, dando lugar a una cierta anisotropía de orientación oblicua con respecto al eje de las muestras, que condiciona los resultados obtenidos, desvirtuándolos: los valores más bajos se pueden deber a este aspecto, por lo que no serían representativos de la roca matriz.

Los resultados obtenidos se encuentran en el rango 7 - 19 MPa, con un valor medio de 11,86 MPa que se considera bajo. Por tanto, parece una vez más que estos resultados no son totalmente representativos de la roca matriz y que la mayoría están condicionados con la laminación que presentan estos materiales, aspecto que parece influir de forma importante el resultado de este ensayo y que también se puede observar en menor medida en las roturas a tracción y en los ensayos triaxiales realizados. Los resultados de RCS obtenidos serán por tanto una cota inferior de la resistencia a compresión simple de la roca matriz atendiendo a lo siguiente:

- La anisotropía debida a la propia constitución de la roca, que influye en los ensayos de compresión simple proporcionando valores más bajos de lo debido (laminación o esquistosidad subvertical, semiparalela a la dirección de compresión de los ensayos).

- Las correlaciones con otros parámetros: por ejemplo, considerando que la relación entre la resistencia a compresión y la resistencia a tracción se encuentra en el rango 1/8 – 1/15, y a la vista de los resultados de la resistencia a tracción (valor propuesto como representativo de 2,20 MPa, algo inferior al medio de 2,72 MPa), la resistencia a compresión debería ser como mínimo de 18 MPa, cuando ninguno de los valores de compresión simple obtenidos alcanza ese valor.

- En un primer ajuste de la curva de rotura de Hoek y Brown realizado mediante el programa roclab con los resultados de los ensayos de compresión simple (los anteriormente citados), triaxiales y ensayos de tracción, resulta un valor de resistencia

a compresión de la roca matriz σci de 10,30 MPa y un valor de la constante mi de 1,54. Teniendo en cuenta el tipo de roca de que se trata, este último valor se encuentra por debajo de lo recogido en bibliografía (valor máximo de mi = 9 según Hoek y Brown, rango recogido en roclab para margas y lutitas mi = 7 ± 2), lo que viene a abundar en la idea de que se trata de un ajuste conservador con respecto a la realidad.

- Referencias bibliográficas: Rahn (1986), Walthan (1999), Obert y Duvall (1967) y Farmer (1968), en las que los valores medios de σci se encuentran en los rangos 30 – 70 MPa en Lutitas y 30 - 235 MPa en Areniscas.

Como resultado de lo anterior, se ha pasado a proponer un valor de σci de la roca matriz σci = 17 MPa, superior al medio de los ensayos y del orden del máximo obtenido, pero aún así se considera del lado de la seguridad teniendo en cuenta lo comentado con respecto a la influencia de la laminación y la correlación con otros parámetros.

Constante de Hoek y Brown, mi

Como ya se ha expuesto en el ajuste de la curva de rotura de Hoek y Brown realizado mediante el programa roclab con los resultados de los ensayos el valor de la constante mi obtenido, de 1,54, se encuentra claramente por debajo de lo recogido en bibliografía. Se propone considerar el valor mi = 5.

Módulo de deformación Ei

En cuanto al módulo de deformación Ei, existe una gran dispersión en los resultados obtenidos: entre 8000 y 35000 MPa, con valor medio de 23500 MPa. Para la estimación de un valor representativo de Ei se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Correlaciones con otros parámetros: Para la relación entre el módulo de deformación y la resistencia a compresión simple de la roca matriz, Ei = MR·σci, y partiendo del valor propuesto σci = 17 MPa, el valor de Ei queda en función de la variable MR para la que se propusieron valores por parte de Deere (recogidos por Hoek y Diederichs en 2006). Teniendo en cuenta la descripción de los materiales que nos ocupan (ensayos petrográficos) y los valores propuestos para determinados tipos de roca podría considerarse MR = 600 - 800 y por tanto Ei = 10200 - 13600.

- Valores recogidos en bibliografía: Para este tipo de materiales, podría rondar en el rango 3000 - 60000 MPa.

A la vista de todo lo anterior, se propone como valor de partida Ei = 14000 MPa con objeto de dar coherencia a todos los parámetros entre sí, quedando del lado de la seguridad.

Coeficiente de Poisson, νi

Para el coeficiente de Poisson se ha propuesto un valor ν = 0,300, coherente con el rango recogido en bibliografía para estos materiales y del orden del valor medio obtenido de los ensayos de laboratorio.

Resistencia a tracción, σti

Los ensayos de resistencia a tracción presentan un valor medio de 2,74 MPa en el cómputo de todos los valores considerados y se encuentran todos ellos en el rango 1,35 – 6,19 MPa. Como valor de referencia se considerará σti = 2,20 MPa, ligeramente inferior al valor medio y coherente con la resistencia a compresión propuesta.

Abrasividad Cerchar y coeficiente F de Schimazek

Como valores de referencia del índice de abrasividad Cerchar y del coeficiente de Schimazek se han considerado los máximos obtenidos en los ensayos que se han realizado.

5.4.3 PARÁMETROS DE LA ROCA MATRIZ CS-5, ZONAS DE ARENISCAS

Los estudios petrográficos con lámina delgada muestran una composición mineralógica que concuerda con lo descrito en las testificaciones y han sido de utilidad para discriminar las muestras ensayadas de esta formación, permitiendo seleccionar las computables en para los materiales con predominancia de areniscas.

Los parámetros geotécnicos de la matriz que se propone considerar para estos materiales se recogen en la tabla siguiente:

PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CS-5, zonas de areniscas	
PARÁMETRO	VALOR
Densidad aparente (t/m^3)	2,600
Resistencia a compresión simple (MPa)	70,00
Resistencia a tracción (MPa)	6,00
Módulo de deformación (MPa)	25000
Coeficiente de Poisson	0,200
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	10,000
Índice Schimazek (kN/m)	2,489
Abrasividad Cerchar	2,3

Resistencia a compresión de la roca matriz, σci

En el análisis de los resultados de laboratorio obtenidos (resistencia a compresión simple) se han establecido los siguientes criterios de partida, comunes a todas las formaciones:

- Los correspondientes a una rotura por plano de debilidad especificado en el parte del ensayo.
- Los correspondientes a rotura clara por un plano de debilidad (laminación). Hay casos en los que, aunque no se recoja en el parte del ensayo esta circunstancia, en la testificación del sondeo se ha comprobado que la rotura reseñada coincide con la laminación descrita en dicho tramo.

Los resultados obtenidos se encuentran en el rango 26 - 97 MPa, con un valor medio de 66,25 MPa. El valor máximo es razonable y el valor mínimo se considera bajo teniendo en cuenta lo siguiente:

- Las correlaciones con otros parámetros: por ejemplo, considerando que la relación entre la resistencia a compresión y la resistencia a tracción se encuentra en el rango 1/8 – 1/15, y a la vista de los resultados de la resistencia a tracción (valor medio de 6,16 MPa), la resistencia a compresión debería estar en el rango 49 - 92, lo que concuerda con lo obtenido.
- En un primer ajuste de la curva de rotura de Hoek y Brown realizado mediante el programa roclab con los resultados de los ensayos, resulta un valor de resistencia a compresión de la roca matriz σci de 70,03 MPa y un valor de la constante mi de 11,20. Teniendo en cuenta el tipo de roca de que se trata, este último valor se encuentra por debajo de lo recogido en bibliografía (valor máximo de mi = 19 según Hoek y Brown, rango recogido en Roclab para areniscas mi = 17 ± 2). El valor de compresión simple se ajusta sin embargo bien al medio obtenido en laboratorio.
- Referencias bibliográficas: Rahn (1986), Walthan (1999), Obert y Duvall (1967) y Farmer (1968), en las que los valores medios de σci se encuentran en los rangos 55 – 140 MPa en Areniscas.

Como resultado de lo anterior, se ha pasado a proponer un valor de σci de la roca matriz σci = 70 MPa, del orden del valor obtenido en el ajuste con Roclab.

Constante de Hoek y Brown, mi

Como ya se ha expuesto en el ajuste de la curva de rotura de Hoek y Brown realizado mediante el programa roclab con los resultados de los ensayos el valor de la constante mi obtenido, de

11,20, se encuentra claramente por debajo de lo recogido en bibliografía. No obstante, se propone considerar el valor mi = 10, del orden de lo obtenido en el ajuste por posible presencia de lutitas en algún tramo.

Módulo de deformación Ei

En cuanto al módulo de deformación Ei, se han obtenido resultados en el rango 12200 – 37800 MPa, con valor medio de 21754 MPa. Para la estimación de un valor representativo de Ei se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Correlaciones con otros parámetros: Para la relación entre el módulo de deformación y la resistencia a compresión simple de la roca matriz, Ei = MR·σci, y partiendo del valor propuesto σci = 70 MPa, el valor de Ei queda en función de la variable MR para la que se propusieron valores por parte de Deere (recogidos por Hoek y Diederichs en 2006). Teniendo en cuenta la descripción de los materiales que nos ocupan (ensayos petrográficos) y los valores propuestos para determinados tipos de roca podría considerarse MR = 350 y por tanto Ei = 24500.

- Valores recogidos en bibliografía: Para este tipo de materiales, podría rondar en el rango 3000 - 61000 MPa.

A la vista de todo lo anterior, se propone como valor de partida Ei = 25000 MPa con objeto de dar coherencia a todos los parámetros entre sí y viendo que concuerda sensiblemente con el valor medio obtenido de los ensayos.

Coeficiente de Poisson, νi

Para el coeficiente de Poisson se ha propuesto un valor ν = 0,200, coherente con el rango recogido en bibliografía para estos materiales y del orden del valor obtenido de los ensayos de laboratorio.

Resistencia a tracción, σti

Los ensayos de resistencia a tracción presentan un valor medio de 6,16 MPa en el cómputo de todos los valores considerados y se encuentran todos ellos en el rango 3,62 – 9,45 MPa. El valor de referencia será del orden del valor medio obtenido, σti = 6,00 MPa.

Abrasividad Cerchar y coeficiente F de Schimazek

Como valores de referencia del índice de abrasividad Cerchar y del coeficiente de Schimazek se han considerado los máximos obtenidos en los ensayos que se han realizado.

5.5 AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN

Se han analizado varias muestras de testigos de roca y de agua tomadas en los sondeos, con objeto de conocer la potencial agresividad al hormigón.

En el presente tramo Aperribai-Galdakao, los resultados obtenidos en las formaciones que serán afectadas por las obras subterráneas (CU-1 Margas, CU-2 Limolitas, margas y areniscas, CS-4 Lutitas calcáreas, CS-5 con predominancia de Lutitas o alternancia lutitas y areniscas, CS-5 con predominancia de areniscas) muestran que se trata de materiales no agresivos al hormigón según lo recogido en la EHE (en la formación CS-5 no se cuenta con ensayos en este tramo, pero sí en los mismos materiales en el tramo siguiente Galdakao-Hospital). Los resultados se recogen en la tabla del Apéndice 7.6 del presente Anejo.

Sin embargo, no ocurre lo mismo con las muestras de agua, cuyos resultados también se adjuntan en el Apéndice 7.6:

- En el sondeo SM-11 realizado al inicio del trazado, el agua presenta agresividad débil por contenido en sulfatos.
- En el sondeo SM-12 realizado a la altura del barrio de Tximelarre, el agua presenta agresividad media por contenido en CO2 libre.
- En el sondeo SM-15 realizado a la altura del barrio de Bengoetxe, el agua presenta agresividad media por CO2 libre y débil por contenido en sulfatos.
- En el sondeo S-12 del Estudio Informativo realizado junto a la Estación de Galdakao, la muestra de agua ensayada presenta agresividad débil por CO2 libre.

A la vista de estos resultados, y teniendo en cuenta las especificaciones y recomendaciones de la EHE, se considera recomendable emplear hormigón de resistencia característica 30 MPa en el sostenimiento y revestimiento de las obras subterráneas.

6. CARACTERIZACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO

A continuación se enumeran y describen las características geotécnicas de las diferentes familias de juntas observadas en los afloramientos existentes (reflejados en los puntos de observación y estaciones geomecánicas) y en los sondeos realizados.

6.1 CONTINUIDAD O PERSISTENCIA

Este aspecto es determinante para la geometría y dimensiones de las cuñas inestables que pueden formarse en un túnel y por lo tanto adoptar valores de continuidad de estratificación/esquistosidad y diaclasas o juntas, para su empleo en cálculo de estabilidad, requiere un análisis detallado.

Después de analizar todos los trabajos de campo, se ha observado que las mayoría de las juntas (a excepción de la estratificación) tienen una persistencia media <1 m o bien entre 1 y 3 m (de manera puntual se ha observado alguna familia con una persistencia entre 3 y 10 m). En el caso de la estratificación, su persistencia puede llegar a ser mucho mayor de 10 m.

Por tanto, para estar del lado de la seguridad y dado que los afloramientos en ocasiones no son de mucha entidad, se han aumentado estos valores en los cálculos de estabilidad de cuñas en túnel, tomando una persistencia máxima de 20 metros para la estratificación y de 8 metros para el resto de juntas.

6.2 FRICCIÓN Y COHESIÓN

Se han realizado varios ensayos de corte en juntas sobre muestras tomadas de los testigos de los sondeos que proporcionan los siguientes datos sobre la fricción y cohesión de las discontinuidades del macizo rocoso. Se incluyen también los realizados en los sondeos SM-4 y SM-5 del tramo anterior Sarratu – Aperribai puesto que son los realizados en la formación CU-1:

FORMACIÓN	SONDEO	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE PICO		PARÁMETROS RESIDUALES	
				c´(kp/cm2)	ϕ´(º)	c´(kp/cm2)	ϕ´(º)
CU-1	SM-4	10,80 - 11,00	Alternancia de margas, calcarenitas y margocalizas G:II-III	5,71	40,03	4,02	33,47
CU-1	SM-4	17,50-17,60	Alternancia de margas, calcarenitas y margocalizas G:II-III	2,93	43,4	0,1	37,55

FORMACIÓN	SONDEO	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE PICO		PARÁMETROS RESIDUALES	
				c´(kp/cm2)	ϕ´(º)	c´(kp/cm2)	ϕ´(º)
		17,80-17,90	Alternancia de margas, calcarenitas y margocalizas G:II-III	2,15	40,81	0,53	45,73
	SM-5	11,80 - 12,00	Lutitas calcáreas con intercalaciones cm de areniscas G:II	6,93	25,09	0,69	30,95
		20,60 - 20,80	Lutitas calcáreas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:I-II	0,96	40,19	0,5	36,63
		23,50 - 23,70	Lutitas calcáreas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:I-II	2,36	39,69	1,34	34,88
CU-2	SM-12	9,30-9,60	Lutitas G:II-I	4,75	48,17	2,66	31,14
CS-4	SM-13	59,80 - 60,00	Lutitas y areniscas G:II	1,65	34,68	1,02	33,00
		60,00 - 60,20	Lutitas y areniscas G:II	4,96	23,79	0,24	35,22
CS-5	SM-15	12,80 - 13,00 (A)	Limolitas con algún clasto cm calcáreo G:II-I	3,52	46,42	0,59	33,17
		13,00 - 13,20 (B)	Limolitas con algún clasto cm calcáreo G:II-I	2,9	45,18	1,41	30,07
		16,00 - 16,40	Limolitas con algún clasto cm calcáreo G:II-I	0,73	33,24	0,54	32,81

6.2.1 FRICCIÓN

Solamente se tienen en cuenta los parámetros residuales, para estar del lado de la seguridad, observándose que todos los resultados de fricción están por encima de los 30º, independientemente de la formación analizada.

A la vista de los resultados anteriores, teniendo en cuenta varias referencias bibliográficas y observando “in situ” que muchas de las juntas son lisas y pulidas, se ha optado por minorar los rangos de resultados obtenidos en los ensayos, de forma que para el cálculo de estabilidad de bloques en obra subterránea se consideran:

- Fricción ϕr = 25º So

- Fricción $\phi r = 28^{o}$ Juntas

6.2.2 COHESIÓN

Por otro lado, el valor de la cohesión se desprecia en los cálculos. Este hecho responde a la idea de considerar la existencia de bloques sueltos, que son los que resultan potencialmente inestables. La cohesión presente en los planos de debilidad es precisamente la responsable de que en este tipo de proyectos las inestabilidades potenciales sean de cuñas y no de todo el túnel. Por este motivo, la hipótesis de cohesión nula es conservadora y habitual.

7. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

En los apartados anteriores se han descrito las características y parámetros representativos de la matriz rocosa y de las discontinuidades detectadas en la misma. El sistema matriz rocosa más discontinuidades es lo que se denomina macizo rocoso, y su conocimiento y caracterización es fundamental para estimar el comportamiento del terreno frente a la excavación y sostenimiento de un túnel.

El estudio de las características del macizo tiene como puntos de partida fundamentales las características de la propia roca matriz y la calidad del macizo (que puede cuantificarse mediante diversos índices de calidad, y que es función principalmente de la fracturación, el estado de las familias de juntas, la presencia de agua, etc.).

A continuación se analiza la calidad del macizo rocoso en el caso que nos ocupa a partir de los datos de campo disponibles y se estiman también los parámetros tensodeformacionales que lo caracterizan para cada formación.

7.1 CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

Las clasificaciones geomecánicas pueden definirse como algoritmos aritméticos que asignan al macizo rocoso un índice numérico que cuantifica su calidad en función de una serie de parámetros. Son una herramienta de gran utilidad durante el proyecto y la construcción de las obras subterráneas.

Desde su aparición en los años 60, todas las clasificaciones geomecánicas han proporcionado en mayor o menor medida ciertos criterios sobre el tipo de sostenimiento que puede emplearse en las excavaciones subterráneas.

Aunque en los últimos años se ha puesto de manifiesto que las clasificaciones geomecánicas deben emplearse básicamente para clasificar el terreno, es posible obtener a partir de ellas una definición previa de los sostenimientos a emplear en un túnel y, en la fase de obra para comprobar su coincidencia con las situaciones previstas y las soluciones planteadas.

Existen numerosas clasificaciones geomecánicas, si bien hoy en día se emplean para túneles básicamente dos sistemas: el de Bieniawski o RMR, y el de Barton o sistema Q.

7.1.1 CLASIFICACIÓN Q DE BARTON

La clasificación geomecánica Q, o de Barton, se desarrolló en Noruega por Barton, Lien y Lunde en 1974. Es un método empírico en el que se tienen en cuenta el RQD, el número y condiciones de las discontinuidades existentes en el macizo rocoso y el estado tensional del mismo.

El valor de Q, que oscila entre 0,001 para terrenos muy malos y 1000 para terrenos muy buenos, se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_n} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

Siendo

RQD el valor del RQD expresado en tanto por ciento y con un valor mínimo de 10.

J_n un parámetro que depende del número de familias de juntas presente en la masa rocosa.

J_r un parámetro que depende de la rugosidad de las juntas

J_n un parámetro que depende de la meteorización de las juntas

J_w un parámetro que depende de la presencia de agua y de su presión

SRF un parámetro que depende del estado tensional del macizo en relación con la resistencia a compresión simple de la matriz rocosa y también de la existencia de juntas abiertas o sin relleno en las cercanías de la superficie.

En función del valor de Q se establecen rangos que clasifican la roca desde excepcionalmente mala hasta excepcionalmente buena.

Q	Clase de roca
400 – 1000	Excepcionalmente buena
100 – 400	Extremadamente buena
40 – 100	Muy buena
10 – 40	Buena
4 – 10	Normal
1 – 4	Mala
0.1 – 1	Muy mala
0.01 – 0.1	Extremadamente mala
0.001 – 0.01	Excepcionalmente mala

Existen correlaciones empíricas con el índice RMR, siendo una de las más conocidas la propuesta por Barton: RMR = 50+15·log Q. La clasificación de Barton es más amplia y precisa para macizos rocosos de calidad excepcional (tanto mala como buena).

7.1.2 CLASIFICACIÓN RMR DE BIENIAWSKI

Bieniawski desarrolló un sistema de clasificación de macizos rocosos que ha sufrido diversas actualizaciones a lo largo del tiempo, empleándose actualmente la de 1989. El índice numérico del RMR básico es independiente de la estructura a construir y se obtiene de la suma de cinco parámetros:

- Resistencia a compresión simple
- RQD o calidad del macizo rocoso
- Frecuencia de las juntas
- Estado de las juntas
- Agua en el macizo rocoso

A este valor se le resta un factor de ajuste que depende de la orientación de las discontinuidades en relación con la obra a realizar y que varía en función de que se trate de túnel, desmonte o cimentación.

El resultado es el índice final RMR, que varía entre 0 y 100. Los macizos rocosos se clasifican en cinco grupos en función de este valor.

RMR	CLASE	DESCRIPCIÓN
100 – 81	I	Muy buena
61 – 80	II	Buena
41 – 60	III	Media
21 – 40	IV	Mala
0 - 20	V	Muy mala

La Clasificación Geomecánica de Bieniawski se desarrolló para túneles de menor diámetro que el proyectado y los rangos de calidad para cada sostenimiento tipo son más reducidos que los equivalentes según el índice Q, pudiendo surgir en obra frecuentemente situaciones de frontera entre dos de ellos. Teniendo en cuenta que la determinación del índice RMR es más intuitivo y puede servir como primera referencia, será el que se considere en el presente Proyecto.

7.1.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES OBTENIDOS EN LOS SONDEOS

Para la caracterización geomecánica del macizo rocoso afectado por los túneles se ha contado con la información que proporcionan los sondeos mecánicos realizados, en cada uno de los cuales se ha obtenido el valor del índice RMR a lo largo de los tramos perforados en roca.

Este índice, correspondiente a la clasificación geomecánica de Bieniawski descrita anteriormente, permite estimar la calidad de la roca atravesada y se recoge desglosados en los diferentes parámetros o aspectos tenidos en cuenta para su determinación en las tablas adjuntadas en el Apéndice 7.5. Como puede observarse, los sondeos atraviesan zonas con diferente calidad, grado de alteración, resistencia y tipo de juntas; por ello se han diferenciado franjas con valores de RMR específicos en cada caso, que ayudan a conocer con detalle la calidad del macizo rocoso atravesado. Los valores obtenidos se han tratado estadísticamente con objeto de conocer el porcentaje de cada rango de calidad atravesado, que se refleja también en un histograma de frecuencias.

Para este análisis se ha considerado el valor del RMR básico sin tener en cuenta la corrección por orientación de la excavación con respecto a la estratificación.

El índice RMR se toma como referencia para establecer los diferentes sostenimientos a aplicar, según los siguientes rangos:

RMR>70

55<RMR<70

45<RMR<55

20<RMR<45

10<RMR<20

A continuación se resumen los % correspondientes estos rangos de RMR en cada uno de los sondeos realizados para el presente Proyecto de Construcción, especificando a qué formación y dominio corresponden:

FORMACIÓN	DOMINIO	SONDEO	% 10<RMR<20	% 20<RMR<45	% 45<RMR<55	% 55<RMR<70	% 70<RMR
CU-1	Dominio 7	SM-11	0,0	0,0	0,0	37,0	63,0
CU-2	Dominio 8	SM-12	0,0	1,9	15,3	28,7	54,1
CS-4	Dominio 9	SM-13	16,3	32,4	0,0	24,8	26,5
		SM-14	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0
CS-5	Dominio 11	SM-15	0,0	25,5	8,9	65,6	0,0
CS-5	Dominio 11	SM-17	0,0	10,2	36,5	53,3	0,0

FORMACIÓN	DOMINIO	SONDEO	% 10<RMR<20	% 20<RMR<45	% 45<RMR<55	% 55<RMR<70	% 70<RMR
	Dominio 13	SM-18	0,9	10,9	21,7	46,8	19,7
	Dominio 14	SM-19	5,9	0,0	50,5	43,6	0,0
	Dominio 17	SM-20	11,7	3,2	33,4	51,7	0,0
		SM-21	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0
		SM-24	0,0	0,0	14,6	76,8	8,6
		SM-25	0,0	8,6	56,2	32,3	2,9
	Dominio 18	SM-26	0,0	31,5	29,0	36,2	3,3
		SM-27	0,0	39,0	8,3	20,4	32,3

El sondeo SM-27 se encuentra fuera de este Tramo pero en la misma formación y dominio que en sondeo SM-26 por lo que se ha tenido en cuenta en este análisis.

Los porcentajes se refieren en cada caso al tramo perforado en roca de cada sondeo (desechando la zona superior que pudiera estar afectada por la decompresión del macizo, y en el caso particular del sondeo SM-18 la zona superior afectada por una falla).

7.1.4 TRAMIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL MACIZO A LO LARGO DEL TÚNEL

A partir de los datos estimados en los sondeos, se ha realizado la tramificación de calidad del macizo a lo largo de los tramos de túnel en mina. Hay que señalar que se trata de una mera estimación con objeto de conseguir una idea global de la calidad del macizo a lo largo del trazado, que permita también realizar unas mediciones más o menos realistas y poder obtener el presupuesto de las unidades correspondientes. La calidad real del macizo sólo podrá conocerse a medida que se excave el túnel, y los sostenimientos a aplicar se confirmarán o modificarán en cada pase en función de lo realmente observado.

Los % de calidad correspondientes a cada sondeo se consideran datos de observación directa y se aplican en una zona en el entorno del sondeo, cuyo alcance se estima proyectando el tramo de sondeo tenido en cuenta en el cómputo de % de calidad sobre la rasante, según la estratificación del dominio correspondiente.

En los tramos intermedios, para los que no se dispone de datos de observación directa, se ha asignado un % de calidades que es en cada caso la media de los % de los sondeos que se encuentran en ese dominio. Por otra parte, en los dominios en los que no se ha realizado ningún

sondeo se ha estimado la calidad extrapolando los % de calidades del dominio cercano que por litología y demás datos se considere más análogo.

Finalmente, se considera que las zonas singulares como fallas o contactos mecánicos tendrán calidad muy mala (10<RMR<20 e incluso RMR<10) y prevalecerán sobre las calidades estimadas en los sondeos cercanos, lo que puede condicionar en algunos casos el alcance del tramo de observación directa.

En la tabla siguiente se recogen los % de calidad estimados para cada dominio según lo señalado en el párrafo anterior. En ellos quedarán intercalados los tramos en los que se aplican los % de calidad para cada sondeo y su zona de influencia estimada y los tramos de falla o contacto mecánico.

DOMINIO	% 10<RMR<20	% 20<RMR<45	% 45<RMR<55	% 55<RMR<70	% 70<RMR	COMENTARIOS
Dominio 7	0,0	0,0	0,0	37,0	63,0	Sólo hay un sondeo en todo el dominio. Se aplican los % de calidad de dicho sondeo a todo el dominio porque se trata de materiales bastante homogéneos
Dominio 8	0,0	1,9	15,3	28,7	54,1	Sólo hay un sondeo en todo el dominio. Se aplican los % de calidad de dicho sondeo a todo el dominio porque se trata de materiales bastante homogéneos
Dominio 9	10,9	21,6	0,0	49,8	17,7	Se aplican los % de cada sondeo en su tramo de proyección y en el resto del dominio la media obtenida a partir de los dos sondeos realizados en el mismo
Dominio 10	10,9	21,6	0,0	49,8	17,7	No hay sondeos en este Dominio. Se aplican los % de calidad del Dominio 9, ya que están en la misma formación y son similares (incluso el buzamiento)
Dominio 11	0,0	25,5	8,9	65,6	0,0	Dentro de este dominio se encuentran los últimos metros del túnel Aperribai – Bengoetxe,

DOMINIO	% 10<RMR<20	% 20<RMR<45	% 45<RMR<55	% 55<RMR<70	% 70<RMR	COMENTARIOS
Dominio 11	0,0	10,2	36,5	53,3	0,0	en los que se ha realizado el sondeo SM-15 (no se consideran los % de RMR de este al haberse estimado la existencia de una falla) y el tramo inicial del túnel Bengoetxe – Galdakao, en los que se aplican los % del sondeo SM-17 al encontrarse en su zona de proyección
Dominio 12	3,4	2,8	32,1	59,4	2,3	No hay sondeos en este dominio. Por similitud de los materiales, se aplica la media de los % de calidad de los Dominios 14 y 17
Dominio 13	0,9	10,9	21,7	46,8	19,7	Sólo hay un sondeo en todo el dominio. Se aplican los % de calidad de dicho sondeo a todo el dominio porque se trata de materiales bastante homogéneos
Dominio 14	5,9	0,0	50,5	43,6	0,0	Sólo hay un sondeo en todo el dominio. Se aplican los % de calidad de dicho sondeo a todo el dominio porque se trata de materiales bastante homogéneos
Dominio 15	3,4	2,8	32,1	59,4	2,3	No hay sondeos en este dominio. Por similitud de los materiales, se aplica la media de los % de calidad de los Dominios 14 y 17
Dominio 16	3,4	2,8	32,1	59,4	2,3	No hay sondeos en este dominio. Por similitud de los materiales, se aplica la media de los % de calidad de los Dominios 14 y 17
Dominio 17	2,9	3,4	28,4	62,6	2,7	Se aplican los % de cada sondeo en su tramo de proyección y en el resto del dominio la media obtenida a partir de los sondeos realizados en el mismo

DOMINIO	% 10<RMR<20	% 20<RMR<45	% 45<RMR<55	% 55<RMR<70	% 70<RMR	COMENTARIOS
Dominio 18	0,0	34,0	22,0	30,9	13,1	Se aplican los % de cada sondeo en su tramo de proyección y en el resto del dominio la media obtenida a partir de los sondeos realizados en el mismo (teniendo en cuenta el Tramo 3 contiguo)

La tramificación del túnel en función de los diferentes rangos de calidad, de acuerdo con la metodología expuesta, se recoge en la guitarra del perfil geológico-geotécnico del túnel que se adjunta en el Apéndice 7.3.

7.2 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MACIZO ROCOSO

Un macizo rocoso es un medio heterogéneo y discontinuo, cuyas propiedades mecánicas y resistentes no pueden ser medidas en laboratorio y deben obtenerse in situ. La diferencia entre los valores de laboratorio y los medidos in situ es muy apreciable, siendo estos últimos más bajos que los de laboratorio. A esta diferencia se la conoce como efecto escala.

La justificación de este efecto radica en la diferencia entre la escala a la que se investiga en laboratorio y a la que posteriormente se ejecutan las obras de ingeniería subterránea. En laboratorio se ensayan probetas que por lo general tienen algunas decenas de centímetros de tamaño y que generalmente están exentas de defectos y discontinuidades. Sin embargo, a la escala de un túnel (varias decenas de metros) la presencia de fracturas y zonas alteradas rebaja el valor de las propiedades geotécnicas del terreno.

Las propiedades geotécnicas del macizo rocoso que más influidas están por el efecto escala son el módulo de deformación y la resistencia a compresión simple. Para valorar estos aspectos existen una serie de correlaciones y aproximaciones empíricas basadas generalmente en las clasificaciones geomecánicas y en datos de la roca matriz, obtenidos de los ensayos de laboratorio, como se verá en los apartados siguientes. También se cuenta, en el caso del módulo de deformación, con resultados de los ensayos in situ realizados.

En los apartados siguientes se analizan los datos disponibles y se estiman los parámetros deformacionales (módulo de deformación, Em) y resistentes (resistencia a compresión, σm) representativos de cada formación para diferentes calidades del macizo rocoso. También se establecerán los parámetros que se tendrán en cuenta en los cálculos de comprobación de los sostenimientos tipo.

7.2.1 PARÁMETROS DEFORMACIONALES

Para la estimación del módulo de deformación del macizo rocoso se han tenido en cuenta los datos disponibles (parámetros de la roca matriz obtenidos en ensayos de laboratorio, resultados de los ensayos in situ realizados durante la ejecución de los sondeos, clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso), así como diversos criterios empíricos o correlaciones entre el macizo rocoso y otros parámetros.

7.2.1.1 ENSAYOS IN SITU PARA LA DETERMINACIÓN DE EM

El módulo de deformación puede estimarse de forma directa mediante la realización de ensayos in situ. En este caso se han llevado a cabo ensayos presiodilatométricos, que consisten en introducir una sonda en el terreno (en la perforación practicada con el sondeo), la cual aplica una presión al mismo y mide la deformación inducida. El resultado es una curva carga-desplazamiento en la que se distinguen las diferentes etapas del ensayo (adaptación de la camisa, deformación elástica, así como el/los ciclos de carga y descarga, deformación plástica y rotura del terreno).

A partir de los datos del ensayo puede estimarse el módulo de deformación cortante del terreno, G, y a partir de éste el módulo dilatométrico E considerando un determinado valor del coeficiente de Poisson, ν:

$$E = 2 \cdot G \cdot (1 + \upsilon)$$

Los ensayos dilatométricos son capaces de medir tanto el módulo en carga como en descarga, mientras que el presiodilatómetro sólo lo mide en carga, siendo necesaria una corrección para obtener el módulo de descarga. En túneles es conveniente considerar el módulo en descarga puesto que el comportamiento del macizo rocoso ante la excavación del tubo es de descarga hacia el interior de la misma. Hay diversos autores que han desarrollado este aspecto, aunque ninguna de las correlaciones se ha contrastado suficientemente. En cualquier caso, parece razonable considerar que para los índices de calidad del macizo rocoso que nos encontramos en este caso la relación entre el módulo de descarga y el módulo de carga puede encontrarse en el rango 1,2 a 2 (se ha tomado como referencia la relación propuesta por Berardi, cuya gráfica se adjunta en el Apéndice 7.7).

Por otra parte, es importante tener en cuenta el efecto escala en el macizo rocoso y la influencia que tiene en el módulo de deformación. Los resultados obtenidos en los presiodilatómetros realizados son representativos del terreno con igual calidad geotécnica al ensayado, es decir, el valor del módulo dilatométrico (E) se correspondería con el módulo de deformación del macizo rocoso (Em) con la calidad geotécnica del tramo en el que se ha realizado el ensayo.

En el Anejo nº5 de Geología y Geotecnia se adjuntan los partes de los ensayos presiodilatométricos realizados. Por otra parte, en el Apéndice 7.7 del presente Anejo se recogen los datos obtenidos a partir de la interpretación de los mismos, junto con otros valores estimados de Em (módulo de deformación del macizo rocoso) en función de los diferentes métodos.

La siguiente tabla resumen muestra los resultados obtenidos en los ensayos presiodilatométricos realizados en la campaña correspondiente al presente Proyecto de Construcción, especificando la formación, sondeo y profundidad del ensayo, así como la calidad del macizo rocoso a dicha cota (índice RMR). También se recoge el módulo de deformación cortante del terreno y el coeficiente de Poisson estimado a partir de los ensayos de laboratorio que se considera en cada caso para obtener el módulo de dilatométrico tanto en carga como en descarga según lo anteriormente expuesto:

FORMACIÓN	ENSAYO		RMR	□	G (MPa)	E_{dil} carga (MPa)	E_{dil} descarga (MPa)
	SONDEO	PROFUNDIDAD					
CU-1	SM-11	20,40 – 21,00	65	0,25	161,84	404,60	578,58
CS-4	SM-13	48,20 – 48,80	71	0,28	149,67	383,16	528,75
	SM-14	13,80 – 14,60	55	0,28	623,71	1596,70	2506,82
		20,50 – 21,40	55	0,28	875,38	2240,97	3518,33
CS-5	SM-20	20,40 – 21,00	57	0,20	380,21	912,50	1405,26
	SM-21	19,30 – 20,50	60	0,30	600,88	1562,29	2327,81
	SM-24	19,50 – 20,70	60	0,30	2095,68	5448,77	8118,66
	SM-26	45,10 – 45,90	56	0,25	517,07	1292,68	2016,57
	SM-26	51,00	51,80	0,25	745,37	1863,43	2906,94

En el Apéndice 7.7 se recogen también los resultados de los ensayos presiodilatométricos que se han realizado en campañas anteriores (Estudio Informativo) y que se han tenido en cuenta.

7.2.1.2 CORRELACIONES EMPÍRICAS ENTRE EM Y LAS CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

Son numerosas las aproximaciones empíricas entre el módulo de deformación del macizo rocoso y las clasificaciones geomecánicas. A continuación se recogen las más utilizadas:

- Correlación de Barton (2002):

  Barton (2002) estableció una relación entre el índice Q y el módulo de deformación del macizo rocoso:

$$E_Q(GPa) = 10 \cdot \left(Q \cdot \frac{\sigma_c}{100} \right)^{1/3}$$

  Donde σc es la resistencia a compresión simple de la roca intacta

- Correlación de Bieniawski (1978)

  La correlación de Bieniawski es aplicable para casos en los que el RMR es superior a 50 (RMR>50) y proporciona el módulo de deformación del macizo a partir del índice RMR:

$$E(GPa) = 2 \cdot RMR - 100$$

- Correlación de Serafim i Pereira (1983):

  Este criterio es aplicable para casos con RMR<50 y E=1-10 GPa:

$$E(GPa) = 10^{\frac{RMR-10}{40}}$$

- Correlación de Hoek (1995):

  Finalmente, Hoek ha establecido la relación entre el módulo de deformación del macizo con el índice GSI, aplicable fundamentalmente a macizos rocosos de calidad baja y con σ_{ci}<100 MPa:

$$E = \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{\frac{GSI-10}{40}}$$

  Donde σ_{ci} es la resistencia a compresión simple de la roca intacta.

Todos estos criterios o correlaciones son aproximados y la experiencia ha demostrado que en ocasiones pueden proporcionar valores más altos que los reales, por lo que deben tomarse con cautela y ser considerados junto con otros datos y métodos de valoración.

En este caso particular se han analizado los resultados obtenidos para cada criterio de los anteriores, observándose que la correlación de Bieniawski proporciona valores de Em muy superiores a las restantes, por lo que se ha desestimado. Teniendo en cuenta que se trata de criterios basados en datos empíricos y siguiendo la recomendación de considerar un rango de variación de 0,4 a 1,6 del valor de Em estimado en la correlación, resulta que el criterio de Hoek

es ligeramente más conservador que la correlación de Barton (excepto en calidades altas de la formación CS-5 con predominancia de areniscas). Por otra parte, los resultados obtenidos en los ensayos de campo para la formación CU-4 se encuentran en el rango 0,4·Em – 1,6·Em resultante de la correlación de Hoek exceptuando dos resultados no representativos por ser excepcionalmente bajos. Lo mismo ocurre con los ensayos in situ realizados en la formación CS-5 de predominancia de lutitas y areniscas (un valor excepcionalmente bajo y no representativo). En cuanto a la formación CS-5 con predominancia de areniscas, se dispone únicamente de un valor que tampoco se considera representativo al ser muy bajo.

En el Apéndice 7.7 se recogen las representaciones gráficas para cada formación de las correlaciones empíricas y los resultados de los ensayos presiométricos, así como una tabla resumen con los valores de Em estimados a partir de cada aproximación empírica.

7.2.1.3 CORRELACIONES EMPÍRICAS ENTRE EM Y EI

Además de los criterios anteriores, se ha establecido también el denominado Factor de reducción, que relaciona el módulo del macizo rocoso obtenido en ensayos in situ y el módulo de la matriz rocosa obtenido en ensayos de laboratorio.

Según Bieniawski, los módulos de deformación determinados in situ resultan ser entre 0,2 y 0,6 veces el valor medio de los medidos en laboratorio para la matriz rocosa:

$$E_{insitu} = 0{,}2a0{,}6 \cdot E_i$$

Por otra parte, Heuze (1980) estimó que la relación entre ambos parámetros es del orden de 2,5:

$$\frac{E_i}{E_{insitu}} = 2{,}5$$

Estas estimaciones son, como en el caso anterior, aproximadas y orientativas.

7.2.1.4 ESTIMACIONES DE EM MEDIANTE ROCLAB Y COMPARACIÓN CON LOS RESULTADOS DE CAMPO

El programa RocLab permite estimar los parámetros de resistencia del macizo rocoso, como se verá más adelante, basado en el criterio de rotura de Hoek-Brown. Uno de los parámetros adicionales que calcula es el módulo de deformación del macizo rocoso, en función del índice de resistencia geológica (GSI) y el factor de perturbación (D) que tiene en cuenta la influencia de la excavación del túnel en el macizo (se ha considerado un valor D =0).

En este caso, se han estimado los valores de Em para cada formación y rangos de calidad, asumiendo que el valor de GSI coincide aproximadamente con el RMR en esta ocasión.

En la siguiente tabla se recogen los valores de Em obtenidos con RocLab junto con el rango aproximado de valores obtenidos en los ensayos in situ anteriormente descritos:

FORMACIÓN	GSI	Em (MPa) RocLab	Em (MPa) In situ
CU-1 Margas	70	11725	601*
	55	6532	3000
	45	3578	2300
	20	730	-
	10	488	-
CU-2	70	13190	-
	55	7349	-
	45	4025	-
	20	822	-
	10	549	-
CS-4	70	10992	529*
	55	6124	2500 - 3500
	45	3354	
	20	685	-
	10	457	-
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	70	10259	-
	55	5715	2000* – 8000
	45	3131	2000
	20	639	-
	10	427	-
CS-5 Areniscas	70	18320	1405*
	55	10207	-
	45	5591	-
	20	1141	-
	10	762	-

Los resultados de Em in situ marcados con un asterisco * no se consideran representativos.

Los valores obtenidos en RocLab en relación con los resultados de los ensayos in situ son coherentes en general:

En la formación CU-1 se ha obtenido un valor de Em en presiómetro del orden de 2300 MPa para GSI de 40, cuando en RocLab el valor de Em resultante para GSI de 45 es de 3500 MPa: superior al valor de campo pero del mismo orden de magnitud. El valor de 3000 MPa obtenido en

un presiómetro correspondiente a un tramo de GSI = 57 es por otra parte inferior al valor de Em estimado en RocLab de 6500 MPa, pero del orden de magnitud. No se ha considerado representativo el resultado del ensayo obtenido en un tramo de GSI = 65 de 600 MPa.

En la formación CU-2 no se han llevado a cabo ensayos in situ.

En la formación CS-4 se han realizado ensayos presiodilatométricos en tramos de GSI = 45 – 55 en los que se han obtenido valores de Em de 2500 – 3500. En RocLab, para esta calidad, resulta un Em de 3500 MPa: concuerda con los resultados de campo. Por otra parte, se ha realizado un ensayo en un tramo de calidad GSI = 71 en el que el resultado obtenido no se considera representativo, ya que es considerablemente más bajo que los anteriormente citados y en la gráfica del Apéndice 7.7 puede observarse que queda fuera de los rangos de variación razonables de dicho parámetro.

En la formación CS-5 con predominancia de Lutitas y alternancia de Lutitas y areniscas se han obtenido valores de Em de 2000 – 8000 MPa en tramos de GSI = 49 – 60, cuando con RocLab resultan valores de Em de 3000 MPa para GSI de 45, de 5700 MPa para GSI de 55 y de 10200 MPa para GSI de 70, lo que concuerda sensiblemente con los resultados de campo. No se ha considerado representativo un ensayo realizado.

En la formación CS-5 con predominancia de Areniscas se ha realizado un ensayo presiodilatométrico en un tramo de GSI = 57 en el que se ha obtenido Em in situ de 1400 MPa, que no se ha considerado representativo. El valor resultante en RocLab para estos materiales y rango de GSI es del orden de 10200 MPa.

En conclusión, con carácter general se observa una concordancia entre los resultados obtenidos en los ensayos presiodilatométricos y las estimaciones realizadas con RocLab a partir de los parámetros de la roca matriz propuestos para cada formación y demás hipótesis realizadas, sin tener en cuenta los resultados de ensayos calificados anteriormente como no representativos.

En el Apéndice 7.7 se incluye una tabla resumen de los valores de los diferentes parámetros del macizo rocoso estimados mediante RocLab, entre ellos el valor de Em.

7.2.1.5 VALORES DE EM PROPUESTOS PARA LOS CÁLCULOS

En el Apéndice 7.7 se recoge una tabla que recopila los valores del módulo de deformación del macizo rocoso estimados a partir de las correlaciones y aproximaciones empíricas, expresión de Hoek-Brown y ensayos in situ, para cada formación.

Tal y como se ha señalado en el punto anterior, parece existir una buena correlación entre los ensayos realizados en campo y las estimaciones realizadas mediante RocLab en cuanto al módulo de deformación. Se tomarán como referencia por tanto las estimaciones realizadas

mediante RocLab de Em para cada formación y rango de calidad del macizo (considerando en cada caso el RMR más bajo de cada intervalo).

En la tabla siguiente se recogen los valores de los módulos de deformación del macizo rocoso para cada uno de los cinco rangos de calidad considerados para la definición de los sostenimientos, en todas las formaciones. Son, como se ha expuesto, sensiblemente similares a los resultantes en RocLab, con un pequeño redondeo:

FORMACIÓN	GSI	Em (MPa) para cálculos
CU-1	70	11700
	55	6500
	45	3500
	20	730
	10	490
CU-2	70	13200
	55	7350
	45	4000
	20	820
	10	550
CS-4	70	11000
	55	6125
	45	3350
	20	685
	10	460
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	70	10260
	55	5700
	45	3100
	20	640
	10	430
CS-5 Areniscas	70	18320
	55	10200
	45	5600
	20	1140
	10	760

7.2.2 PARÁMETROS RESISTENTES

La resistencia a compresión del macizo rocoso puede estimarse también mediante diversos criterios. Uno de ellos es el propuesto por Hoek y Marinos (2000):

$$\sigma_{cM} = 0{,}0034 \cdot m_i^{0{,}8} \cdot \sigma_c \cdot \left(1{,}029 + 0{,}025 \cdot e^{-0{,}1 m_i}\right)^{GSI}$$

Donde

σ_c es la resistencia a compresión simple de la roca matriz

m_i es la constante del criterio de rotura de Hoek-Brown

También se ha obtenido el valor de este parámetro en el programa RocLab, que aplica la formulación propuesta por Hoek para estimar la resistencia a compresión del macizo rocoso en función del índice de calidad GSI.

$$\sigma_{cM} = \sigma_c \cdot s^a$$

Donde

σ_c es la resistencia a compresión simple de la roca matriz

s y a son las constantes del macizo rocoso del criterio de rotura de Hoek-Brown

En la tabla siguiente se recogen los resultados obtenidos según cada uno de los dos criterios, para cada formación y rango de calidad del macizo rocoso. Como puede observarse, es considerablemente más conservador el segundo de ellos.

FORMACIÓN	RMR	σcm (MPa) Hoek y Marinos	σcm (MPa) Hoek(RocLab)
CU-1	>70	6,905	4,701
	55 – 70	3,757	2,011
	45 – 55	2,504	1,121
	20 - 45	0,908	0,199
	10 - 20	0,605	0,072
CU-2	>70	6,852	5,077
	55 – 70	3,583	2,172
	45 – 55	2,326	1,210
	20 - 45	0,790	0,215
	10 - 20	0,513	0,077
CS-4	>70	5,248	3,572

FORMACIÓN	RMR	σcm (MPa) Hoek y Marinos	σcm (MPa) Hoek(RocLab)
CS-4	55 – 70	2,855	1,528
	45 – 55	1,903	0,852
	20 - 45	0,690	0,151
	10 - 20	0,460	0,055
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	>70	4,695	3,196
	55 – 70	2,555	1,367
	45 – 55	1,702	0,762
	20 - 45	0,617	0,135
	10 - 20	0,411	0,049
CS-5 Areniscas	>70	20,709	13,162
	55 – 70	11,802	5,631
	45 – 55	8,113	3,138
	20 - 45	3,178	0,557
	10 - 20	2,185	0,201

7.2.3 PARÁMETROS A CONSIDERAR EN EL ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL

A continuación se recogen los parámetros del macizo rocoso que se considerarán en el análisis tensodeformacional:

FORMACIÓN	CALIDAD, RMR	Em (MPa)	C. ROTURA HOEK-BROWN			MOHR-COULOMB	
			mb	s	a	c´ (MPa)	ϕ´ (º)
CU-1	55 – 70	6500	1,403	0,0067	0,504	0,360	49,00
	45 – 55	3500	0,982	0,0022	0,508	0,240	46,50
	20 - 45	730	0,402	0,0001	0,544	0,100	38,00
	10 - 20	490	0,201	0,00005	0,585	0,650	31,50
CU-2	55 – 70	7350	1,002	0,0067	0,504	0,440	43,50
	45 – 55	4000	0,701	0,0022	0,508	0,290	41,50
	20 - 45	820	0,287	0,0001	0,544	0,125	32,50
	10 - 20	550	0,201	0,00005	0,585	0,080	26,50
CS-4	55 – 70	6125	1,403	0,0067	0,504	0,335	44,50
	45 – 55	3350	0,982	0,0022	0,508	0,245	42,00

FORMACIÓN	CALIDAD, RMR	Em (MPa)	C. ROTURA HOEK-BROWN			MOHR-COULOMB	
			mb	s	a	c´ (MPa)	ϕ´ (º)
CS-4	20 - 45	385	0,402	0,0001	0,544	0,120	32,75
	10 - 20	460	0,281	0,00005	0,585	0,077	27,00
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	55 – 70	5700	1,403	0,0067	0,504	0,270	46,50
	45 – 55	3100	0,982	0,0022	0,508	0,190	44,00
	20 - 45	640	0,402	0,0001	0,544	0,090	35,00
	10 - 20	430	0,281	0,00005	0,585	0,055	29,00
CS-5 Areniscas	55 – 70	10200	2,005	0,0067	0,504	0,800	56,00
	45 – 55	5600	1,403	0,0022	0,508	0,510	54,50
	20 - 45	1140	0,574	0,0001	0,544	0,545	46,00
	10 - 20	760	0,402	0,00005	0,585	0,130	39,70

No se recogen los parámetros correspondientes a RMR>70 (ST-I) ya que este caso no se comprobará mediante este método sino mediante cálculos estabilidad de bloques.

Debido a que la mayoría del software geotécnico está planteado en términos del criterio de rotura de Mohr-Coulomb, es necesario determinar el ángulo de rozamiento y la cohesión equivalentes para cada calidad del macizo rocoso. Esto se realiza ajustando una relación media lineal a la curva generada al resolver la ecuación del criterio de rotura de Hoek-Brown para un rango de tensión principal normal en el que se encuentra el macizo analizado. El proceso de ajuste consiste en un balance de las áreas por encima y por debajo de la curva de Mohr-Coulomb, de donde resultan las expresiones para c´ y ϕ´ equivalentes. Este ajuste se realiza mediante el programa Roclab y los resultados obtenidos para los casos que nos ocupan (considerando el nivel máximo de tensiones para cada formación) son los que se recogen en la tabla anterior.

8. DEFINICIÓN DEL SOSTENIMIENTO Y REVESTIMIENTO

8.1 SOSTENIMIENTOS TIPO

Los sostenimientos tipo son los definidos por ETS en base al RMR del macizo rocoso. El túnel de línea, las ventilaciones y galerías peatonales de emergencia y las secciones de ventilación de de estación y EBA pertenecen al Grupo 3 (excavaciones con diámetro equivalente entre 7 y 10 m), mientras que la caverna de la estación en mina pertenece al Grupo 4 (excavaciones con diámetro equivalente superior a 10 m). Finalmente, los cañones de acceso a estación y de comunicación del ascensor con la caverna, así como parte de los conductos horizontales de las ventilaciones pertenecen al Grupo 2 (excavaciones con diámetro equivalente entre 4 y 7 m) y los pozos verticales para ventilaciones de emergencia y EBA y los ascensores al Grupo 1 (excavaciones con diámetro equivalente menor de 4 m).

En la siguiente tabla se recogen los sostenimientos tipo para cada uno de los Grupos anteriores:

	Terreno Tipo I RMR > 70	**Terreno Tipo II 70 < RMR < 55**	**Terreno Tipo III 55 < RMR < 45**	**Terreno Tipo IV 45 < RMR < 20**	**Terreno Tipo V 20 < RMR < 10**
Grupo 1	Obras subterráneas del Grupo 1 ejecutadas mediante la técnica de Raise Boring: Hormigón proyectado e=3 cm HP-30				
		Hormigón proyectado e=6 cm, armado con fibra, HPF-30. Bulones swellex Mn16 L = 3,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 2,5 – 3,0 m Excavación a sección completa	Hormigón proyectado e=8 cm HP-30, armado con mallazo#4x150x150. Bulones anclados con resina ϕ25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,5x1,5 m Pase en avance: 2,0 – 2,5 m Excavación a sección completa	Hormigón proyectado e=11 cm HP-30 armado con mallazo 2#4x150x150. Cerchas TH-21 c/1,0 m. Bulones anclados con resina ϕ25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,5 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=15 cm HP-30, armado con mallazo 2#4x150x150. Cercha HEB-140 c/1,0 m o chapa Bernold. Bulones anclados con resina ϕ25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,0 m Excavación por fases: avance + destroza

	Terreno Tipo I RMR > 70	Terreno Tipo II 70 < RMR < 55	Terreno Tipo III 55 < RMR < 45	Terreno Tipo IV 45 < RMR < 20	Terreno Tipo V 20 < RMR < 10
Grupo 2	Hormigón proyectado e= 5 cm HP-30. Bulones swellex Mn16 L = 3,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 4,0 m Excavación a sección completa	Hormigón proyectado e=8 cm, armado con fibra, HPF-30. Bulones swellex Mn16 L = 3,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 2,5 – 3,0 m Excavación a sección completa	Hormigón proyectado e=10 cm HP-30, armado con mallazo#6x150x150. Bulones anclados con resina ϕ25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,5x1,5 m Pase en avance: 2,0 – 2,5 m Excavación a sección completa	Hormigón proyectado e=13 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas TH-21 c/1,0 m. Bulones anclados con resina ϕ25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,5 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=20 cm HP-30, armado con mallazo 2#6x150x150. Cercha HEB-140 c/1,0 m o chapa Bernold. Bulones anclados con resina ϕ25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,0 m Excavación por fases: avance + destroza
Grupo 3	Hormigón proyectado e=5 cm armado con fibra, HPF-30. Bulones swellex Mn16 L = 3,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 4,0 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=10 cm, armado con fibra, HPF-30. Bulones swellex Mn24 L = 4,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 2,5 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=12 cm HP-30, armado con mallazo#6x150x150. Bulones anclados con resina ϕ25 B-500S, L = 4,0 m, SxD = 1,5x1,5 m Pase en avance: 2,0 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=18 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas TH-21 c/1,0 m. Bulones anclados con resina ϕ25 B-500S, L = 4,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,5 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=30 cm HP-30, armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas HEB-180 c/1,0 m Bulones anclados con resina ϕ25 B-500S, L = 4,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,0 m Excavación por fases: avance + destroza

	Terreno Tipo I RMR > 70	Terreno Tipo II 70 < RMR < 55	Terreno Tipo III 55 < RMR < 45	Terreno Tipo IV 45 < RMR < 20	Terreno Tipo V 20 < RMR < 10
Grupo 4		Hormigón proyectado e=17 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas TH-29 c/2,0 m. Bulones anclados con resina ϕ25 B-500S, L = 6,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 2,5 m Excavación por fases: Galería de avance+laterales+destroza por fases	Hormigón proyectado e=20 cm HP-30, armado con mallazo2#6x150x150. Cerchas TH-29 c/1,5 m. Bulones anclados con resina ϕ25 B-500S, L = 6,0 m SxD = 1,5x1,5 m Pase en avance: 2,0 m Excavación por fases: Galería de avance+laterales+destroza por fases	Hormigón proyectado e=25 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas TH-29 c/1,0 m. Bulones anclados con resina ϕ25 B-500S, L = 6,0 m SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,5 m Excavación por fases: Galería de avance+laterales+destroza por fases	

En el capítulo 9 del presente Anejo se recoge una comprobación de los sostenimientos más significativos (en este caso, del túnel de línea como representativo del Grupo 3, y la caverna de estación del Grupo 4) y en los planos del Apéndice 7.4 se recogen gráficamente los sostenimientos definidos para estas obras subterráneas.

8.2 TRATAMIENTO EN BOQUILLAS

En el tramo Aperribai - Galdakao se han proyectado las siguientes boquillas:

BOQUILLA	LOCALIZACIÓN
Olabarrieta	Galería de emergencia Olabarrieta
Bengoetxe 1	PK 2+573
Bengoetxe 2	PK 2+759
Abusu	Galería de emergencia Abusu

En estos tramos, en los que la cobertera de roca sana suele ser más reducida, siempre es recomendable actuar de la siguiente forma:

- Llevar a cabo un sostenimiento pesado (con cerchas) independientemente de la calidad del macizo.
- Ejecutar un refuerzo mediante enfilaje de bulones o paraguas de micropilotes en los primeros metros del túnel, que se llevará a cabo previamente al inicio de la excavación y desde el exterior.

En las boquillas de Olabarrieta y Bengoetxe 2 se llevará a cabo un enfilaje de bulones. En la boquilla Bengoetxe 1 se ha previsto un paraguas de micropilotes por la poca cobertera de roca sana estimada en dicha zona. En el caso de la boquilla de Abusu, donde el recubrimiento es escaso (6 m máximo) y en suelos, se ha diseñado un paraguas se micropilotes pesados que soporte el peso de los mismos y las sobrecargas del tráfico que transcurre por la carretera existente sobre la misma. Al final de este capítulo se recoge esta justificación.

La geometría y sostenimiento de los desmontes que es necesario efectuar en la boquilla, sobre todo en el talud frontal, también condicionan las actuaciones o tipología de alguno de los elementos: por ejemplo, en estos casos en los que el talud frontal se excava en vertical con pantalla es preciso ejecutar una viga de atado que cumpla la doble función de arriostrar las cabezas de los bulones o micropilotes anteriormente citados y de transmitir las cargas de la pantalla en la zona del túnel a los laterales. Estas vigas de atado se definen en los planos correspondientes del Documento nº2.

En la tabla siguiente se resume el tratamiento a llevar a cabo en las boquillas, tanto en los primeros metros de túnel (sostenimiento específico) como el refuerzo que se ejecutará desde el exterior, en el talud frontal:

SOSTENIMIENTO EN BOQUILLAS	REFUERZO EN BOQUILLAS
Hormigón proyectado e=25 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas HEB-160 c/1,0 m. Avance: 1,0 m En avance+destroza	BOQUILLA GALERÍA DE OLABARRIETA Enfilaje de bulones de barra ϕ32 cada 0,50 m en clave, L = 12 m BOQUILLA BENGOETXE 1 Paraguas de micropilotes perforación ϕ150 mm, camisa de acero ϕ114 y e=10 mm, L = 12 m inyectados con lechada, cada 0,50 m BOQUILLA BENGOETXE 2 Enfilaje de bulones de barra ϕ32 cada 0,50 m en clave, L = 12 m BOQUILLA GALERÍA DE ABUSU Paraguas de micropilotes perforación ϕ270 mm, camisa de acero ϕ220 y e=10 mm, L = 26 m inyectados con lechada, cada 0,50 m

En el Documento nº2 Planos se recoge la definición gráfica de este sostenimiento y el refuerzo propuesto en cada caso, así como varios detalles (vigas de atado, viseras de protección provisional, etc.).

Diseño del paraguas de la boquilla de Abusu

En primer lugar, se ha comprobado que es todo el espesor de materiales existentes sobre la clave el que carga sobre el paraguas: mediante el método de Protodyakonov se obtiene la altura de la "campana" de material que cargaría sobre la clave del túnel, resultando que es superior a los 6 m de cobertera máxima existente. La altura de la campana "h" se obtiene de la expresión:

$h = \frac{B}{2f}$, siendo

$B = b + 2 \cdot m \cdot tg(45 - \phi/2)$, donde b es el ancho del túnel (10 m) y m su altura (8 m), y ϕ es el ángulo de rozamiento interno del terreno (consideramos 30º para quedar del lado de la seguridad).

f es el factor de Protodyakonov, que para suelos como los de este caso toma valor f = 1.

Resulta por tanto h = 9,6 m, superior a los 6 m de suelos sobre la clave existentes.

El paso siguiente, una vez comprobado este aspecto, es establecer la magnitud de la carga que actúa sobre el paraguas, consistente en el peso del terreno mas la sobrecarga de tráfico correspondiente a la carretera que transcurre sobre la traza. Considerando una densidad aparente del terreno de 2 t/m^3 y una sobrecarga de tráfico pesado de 1 t/m^2, la carga que actuará sobre el paraguas será de 9,75 t/m^2 (para una separación entre micropilotes de 0,50 m).

A continuación se resume la comprobación según la "Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera" para el paraguas diseñado en estas condiciones y que consiste en micropilotes de camisa de acero de 220 mm de diámetro y 10 mm de espesor, con un diámetro de perforación de 250-270 mm, rellenos de lechada y con separación entre ejes de 0,50 m:

DATOS EXCAVACIÓN			
Longitud pase, La (m)	1		
Altura avance, Hf (m)	5		
Ángulo frente avance, αf (º)	85		
DATOS TERRENO Y CARGAS			
Módulo de deformación terreno, E (t/m2)	4000	Peso específico del terreno, g (t/m3)	2
Carga gravitatoria terreno, q (t/m·ml)	12,00	Altura de terreno sobre la clave (m)	6,00
Factor mayoración de cargas	1,5	Sobrecarga (t/m2)	1
Carga de cálculo del terreno, qd (t/m)	9,75		
DATOS MICROPILOTES			
Límite elástico acero camisa, fy (MPa)	560	Diámetro perforación, Dc (m)	0,270
		Diámetro exterior camisa acero, de (m)	0,220
Módulo de deformación acero, Ea (t/m2)	2,10E+07	Espesor camisa acero, e (m)	0,010
Momento de inercia de la sección de acero, Ia (m4)	1,46E-04	Separación micropilotes, S (m)	0,500
		Diámetro interior camisa acero, di (m)	0,200
		Radio exterior camisa acero, Re (m)	0,110
		Radio interior camisa acero, Ri (m)	0,100

MOMENTO DE CÁLCULO, Med

Longitud elástica, Le (m)	1,23
Longitud frente avance, Lf (m)	0,44
L=La+Le+Lf	2,67

$$L_e = \left(\frac{3 \cdot E_a \cdot I_a}{E_L}\right)^{1/4}$$

Med (t·m) **6,94**

RESISTENCIA DE CÁLCULO A FLEXIÓN, Mrcd

Reducción espesor de la armadura, re (mm)	0,6
Coeficiente parcial de seguridad camisa, γa	1,1
Coeficiente de minoración módulo resistente, Fuf	0,5

Módulo plástico

$$W_{pl} = \frac{(d_e - 2 \cdot r_e)^3 - d_i^3}{6}$$

Wpl (m3) 0,000412

Resistencia de cálculo a flexión

$$M_{r,cd} = W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot F_{u,f}$$

Mrcd (MN·m) 0,104988 **Mrcd (t·m)** **10,50**

Como puede observarse, el momento de cálculo no supera la resistencia a flexión, por lo que el diseño es válido.

8.3 TRATAMIENTO EN ENTRONQUES

Es necesario reforzar especialmente los tramos de túnel afectados por los entronques, ya que se trata de zonas en las que se produce una gran concentración de tensiones en hastiales como consecuencia de la confluencia de dos túneles o excavaciones subterráneas. En el tramo Aperribai - Galdakao están previstos los siguientes puntos de entronque:

- Galería de ventilación de emergencia y peatonal de emergencia Olabarrieta (PKs 1+997 y 1+975) con el propio túnel
- Ventilación EBA con túnel de línea (PK 3+668)
- Ventilación de emergencia de estación con túnel de línea (PK 2+795, PK 3+633 y 3+865)
- Cañones de acceso a estación con caverna (uno en hastial y otro en testero)
- Acceso a estación desde el ascensor con caverna

- Galería de ventilación de emergencia y peatonal de emergencia Abusu (PKs 4+305 y 4+325) con el propio túnel

Los criterios o métodos para determinar el refuerzo a llevar a cabo suelen ser empíricos y consisten en rebajar el índice de calidad el macizo y aplicar el sostenimiento correspondiente a esa nueva situación en un tramo determinado. En este caso, y siguiendo esta filosofía, se aplicará el sostenimiento tipo ST-IV en un tramo de 1 ancho de túnel (9,6 m de longitud) a cada lado entronque en el túnel de línea y en las obras singulares, independientemente de la calidad del macizo. En la caverna de la estación de Galdakao, debido a la limitada cobertera y la existencia de un edificio residencial sobre gran parte de la planta, se aplicará en toda su longitud el sostenimiento más pesado E-3, independientemente de su calidad, por lo que ya se cumpliría la condición anterior. Otra medida importante a tomar es evitar ejecutar el entronque en zonas en las que el macizo rocoso presente una calidad mala o muy mala (RMR<45), recomendándose desplazar si es posible este punto a otra zona de mejor calidad. En caso de que no fuera posible, se deberá realizar un estudio especial que no se prevé en Proyecto puesto que se cuenta con que ninguno de los entronques se localice en un tramo muy malo.

8.4 REVESTIMIENTO

Se denomina revestimiento al anillo de hormigón en masa o armado que, colocado en todo el perímetro de hastiales y bóveda, sirve como terminación definitiva del túnel para la fase de explotación.

Aunque, según el método de construcción descrito, el propio macizo y el sostenimiento son suficientes para proporcionar estabilidad a la cavidad, se considera necesario, dadas las características de la obra proyectada, construir un revestimiento continuo de hormigón con carácter definitivo. La misión de este revestimiento es la de incrementar la seguridad alcanzada mediante el sostenimiento frente al colapso de la excavación y mejorar las condiciones de servicio de los túneles (ventilación, estanqueidad, fijación de servicios, luminosidad, etc.).

En todas las obras subterráneas proyectadas se llevará a cabo por delante del sostenimiento un revestimiento o anillo continuo de hormigón en masa o armado (HM-30, HA-30), encofrado y puesto en obra mediante bombeo. Por lo general, el revestimiento será de hormigón en masa HM-30, empleándose hormigón armado HA-30 en tramos singulares de entronque entre obras subterráneas, tal y como se recoge en la tabla siguiente:

REVESTIMIENTO	OBRA SUBTERRÁNEA	TRAMO (PK a PK)
Hormigón en masa HM-30	Túnel de línea	1+540 a 1+960,6 2+011,4 a 2+573 2+759 a 2+779 2+809,6 a 3+618,7 3+814 a 3+850,1 3+878,9 a 4+290,6
	Galería de emergencia Olabarrieta	0+068,2 a 0+136,2
	Galería de emergencia Abusu	0+041,80 a 0+360,57
Hormigón armado HA-30	Túnel de línea	1+960,6 a 2+011,4 2+779 a 2+809,6 3+618,7 a 3+684,3 3+793,7 a 3+814 3+850,1 a 3+878,9 4+290,6 a 4+340
	Caverna estación de Galdakao	Toda su longitud
	Galería de emergencia Olabarrieta	0+004,6 a 0+068,2 Tramo solo peatonal: toda su longitud
	Galería de emergencia Abusu	0+000 a 0+041,80 Tramo solo peatonal: toda su longitud
	Ventilación de emergencia 2 de Bengoetxe	Toda su longitud
	Ventilación de emergencia 1 de Galdakao	Toda su longitud
	Ventilación de emergencia 2 de Galdakao	Toda su longitud
	Ventilación EBA de Galdakao	Toda su longitud
	Cañón de acceso a estación de Galdakao J.B. Uriarte	Toda su longitud
	Cañón de acceso a estación de Galdakao Nafarroa	Toda su longitud
	Galerías de acceso de usuarios y mantenimiento de ascensor a caverna	Toda su longitud

Para garantizar la entrada en carga del anillo de revestimiento se ha previsto la ejecución de inyecciones de contacto en clave de forma sistemática, cada 3 m.

En los planos 9.6 Revestimiento del Documento nº2 Planos se recogen las características y detalles de los revestimientos previstos, así como de las inyecciones de contacto y del sistema de impermeabilización y drenaje que se instalará entre el sostenimiento y el revestimiento y que se describe a continuación.

8.5 IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE

Para recoger el agua que se infiltre a través del sostenimiento se dispondrán bandas drenantes entre dicho sostenimiento y el hormigón de revestimiento, abarcando los hastiales y la bóveda. Estas bandas drenantes tendrán una anchura de 0,5 metros y la separación entre los ejes de dos bandas sucesivas será de 3 metros. Estarán constituidas por un núcleo de alta permeabilidad formado por un geotextil drenante de 500 g/m2 de peso, el cual estará rodeado por una lámina de polietileno de alta densidad de 650 g/m2 de peso.

En la base de los hastiales, las bandas drenantes terminan en prolongación recta, siendo interceptadas por 3 tubos de 50 mm de diámetro de PVC cada 3 metros. Estos tubos se disponen con inclinación hacia el exterior de la sección.

Estos tubos llevarán el agua a un canalillo longitudinal de sección semicircular de 50 milímetros de radio que discurre junto al hastial, en los dos pasillos laterales de servicio.

Cada 8 metros una tubería flexible transversal de 50 mm de diámetro se encargará de servir de desagüe del mencionado canalillo por su fondo. Se situarán también dichos tubos a los lados de las arquetas que es preciso ubicar en los pasillos laterales.

Dichos tubos verterán el agua al canal de 0,30 metros de anchura formado por la plataforma de asiento de la doble vía y los pasillos laterales. Para desaguar este canal se dispondrán a ambos lados del túnel dos tubos de P.V.C. de 75 milímetros de diámetro que conducirán el caudal que discurre por el canal anteriormente mencionado a las arquetas del túnel situadas cada 25 metros. Según sean las pendientes de la rasante en el túnel, se conducirá el agua a través de un tubo de P.V.C. de 250 milímetros de diámetro intercalado con las arquetas mencionadas anteriormente, cada 25 metros, para posteriormente desaguar en los pozos de bombeo.

Este aspecto se desarrolla con detalle en el Anejo 6 de Hidrología y drenaje.

9. CÁLCULOS

En el Capítulo 8 se recogen los sostenimientos previstos para los diferentes tipos o Grupos de obras subterráneas en función de la calidad del macizo rocoso, fruto de la experiencia de los numerosos proyectos y obras ya realizados de tramos anteriores del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao.

Aunque estos sostenimientos están contrastados por la práctica, hay que tener en cuenta que en el buen comportamiento de la excavación-sostenimiento influyen factores particulares de cada Proyecto, como son las coberteras, posibles asimetrías del terreno u orografía, y sobre todo las características del macizo rocoso: dado que nos estamos alejando del área de Bilbao y de sus margas típicas, es necesario comprobar la eficacia del sostenimiento y conocer el comportamiento del mismo en los materiales que se verán afectados por las obras subterráneas en este caso.

En el presente Capítulo se recogen y describen los cálculos de comprobación de los sostenimientos establecidos para las obras subterráneas del Grupo 3 (en concreto, se han comprobado para el túnel de línea, y se hacen extensivos para el resto del grupo) y del Grupo 4 (caverna de estación). En cuanto a los sostenimientos de los Grupos 1 y 2, cuyas secciones son considerablemente menores que las de los anteriores, se considera que la definición establecida por ETS está sancionada por la práctica y basada en observaciones empíricas, por lo que se consideran razonables y no se realizan comprobaciones analíticas.

Se han realizado dos tipos de cálculo, basándose en el comportamiento del macizo en función de su grado de fracturación y calidad. En los casos en los que el macizo rocoso se encuentra fracturado, con distancias pequeñas entre planos de debilidad que hacen que el conjunto esté integrado realmente por multitud de elementos interconectados entre sí por las juntas, se considera una buena aproximación el uso de las teorías de mecánica de los medios continuos (tradicionalmente aplicada a suelos) para analizar el comportamiento del macizo. Así, se realiza para los casos en los que RMR<70 un análisis tensodeformacional considerando al macizo como un medio homogéneo, con los parámetros correspondientes (cuya estimación, para los diferentes grados de calidad del macizo, ya se ha tratado en puntos anteriores). Sin embargo, cuando la calidad del macizo es lo suficientemente buena (RMR>70), su comportamiento de lo descrito para un medio continuo y el fenómeno inestable más probable será el de deslizamiento por superficies predominantes, generándose bloques o cuñas cuya seguridad hay que analizar y asegurar mediante el análisis de estabilidad correspondiente: es el análisis de estabilidad de bloques. Esto no quiere decir que el fenómeno de formación de bloques no pueda darse en macizos de calidad más baja (RMR<70): los cálculos realizados para ese supuesto contemplan el sostenimiento ST-I por lo que si este queda comprobado, los restantes, más cerrados, también lo estarán.

9.1 ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. TÚNEL DE LÍNEA Y DEMÁS OBRAS SUBTERRÁNEAS DEL GRUPO 3

9.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CÁLCULOS REALIZADOS

Los cálculos realizados han consistido en el análisis de los sostenimientos tipo para el túnel de línea (y por extensión, del resto de obras subterráneas del Grupo 3) definidos en función de los distintos rangos de calidad del macizo rocoso que se han considerado:

SOSTENIMIENTO TIPO	RMR
ST-II	70 - 55
ST-III	55 - 45
ST-IV	45 - 20
ST-V	20 - 10

Como ya se ha expuesto anteriormente, el Sostenimiento Tipo I correspondiente al macizo rocoso con RMR>70 no se ha analizado mediante este método ya que se considera que la estabilidad del macizo en ese caso está condicionada por la de las cuñas formados por las familias de discontinuidades y se comprueba mediante el análisis de estabilidad de bloques (apartado 9.2 del presente Anejo).

El túnel de línea transcurrirá en este tramo por cinco formaciones diferentes, cuyas características geotécnicas se han estimado anteriormente y para los que se considerarán por tanto diferentes parámetros de cálculo. Además, las coberteras máximas en cada caso son distintas (se ha calculado para cada formación con la cobertera máxima correspondiente):

FORMACIÓN	COBERTERA MÁXIMA
CU-1, Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino.	34 m
CU-2, Limolitas, margas y areniscas	50 m
CS-4, Lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas	51 m
CS-5, Alternancia de areniscas silíceas y lutitas (predominancia de lutitas y areniscas)	34 m
CS-5, Alternancia de areniscas silíceas y lutitas (predominancia de areniscas)	48 m

En resumen, los casos calculados son los siguientes:

CASO DE CÁLCULO	SOSTENIMIENTO	FORMACIÓN	COBERTERA MÁXIMA
1	ST-II	CU-1	34 m
2		CU-2	50 m
3		CS-4	51 m
4		CS-5 Lutitas y areniscas alternancia	34 m
5		CS-5 Areniscas	48 m
6	ST-III	CU-1	34 m
7		CU-2	50 m
8		CS-4	51 m
9		CS-5 Lutitas y areniscas alternancia	34 m
10		CS-5 Areniscas	48 m
11	ST-IV	CU-1	34 m
12		CU-2	50 m
13		CS-4	51 m
14		CS-5 Lutitas y areniscas alternancia	34 m
15		CS-5 Areniscas	48 m
16	ST-V	CU-1	34 m
17		CU-2	50 m
18		CS-4	51 m
19		CS-5 Lutitas y areniscas alternancia	34 m
20		CS-5 Areniscas	48 m

Todos los casos anteriores se han analizado para un coeficiente de reparto de tensiones k0 = 0,8 y también se ha realizado un cálculo para k0 = 1,2 para comprobar la sensibilidad del resultado a este parámetro y estar del lado de la seguridad. Los resultados detallados de los cálculos con k0 = 0,8 (tablas resumen de comprobación de los sostenimientos y reportes) y las tablas resumen de comprobación de sostenimientos para k0 = 1,2 se incluyen en el Apéndice 7.8 del presente Anejo.

9.1.2 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

9.1.2.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Los parámetros geotécnicos correspondientes a las distintas formaciones que aparecerán a lo largo de la traza del túnel de línea y que se consideran en los cálculos se recogen en la siguiente tabla. Son la densidad o peso específico y los parámetros resistentes (cohesión y ángulo de

rozamiento para el criterio de Mohr-Coulomb) y deformacionales (módulo de deformación y coeficiente de Poisson):

FORMACIÓN	CALIDAD, RMR	Em (MPa)	C. ROTURA HOEK-BROWN			MOHR-COULOMB	
			mb	s	a	c´ (MPa)	ϕ´ (º)
CU-1	55 – 70	6500	1,403	0,0067	0,504	0,360	49,00
	45 – 55	3500	0,982	0,0022	0,508	0,240	46,50
	20 - 45	730	0,402	0,0001	0,544	0,100	38,00
	10 - 20	490	0,201	0,00005	0,585	0,065	31,50
CU-2	55 – 70	7350	1,002	0,0067	0,504	0,440	43,50
	45 – 55	4000	0,701	0,0022	0,508	0,290	41,50
	20 - 45	820	0,287	0,0001	0,544	0,125	32,50
	10 - 20	550	0,201	0,00005	0,585	0,080	26,50
CS-4	55 – 70	6125	1,403	0,0067	0,504	0,335	44,50
	45 – 55	3350	0,982	0,0022	0,508	0,245	42,00
	20 - 45	685	0,402	0,0001	0,544	0,120	32,75
	10 - 20	460	0,281	0,00005	0,585	0,077	27,00
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	55 – 70	5700	1,403	0,0067	0,504	0,270	46,50
	45 – 55	3100	0,982	0,0022	0,508	0,190	44,00
	20 - 45	640	0,402	0,0001	0,544	0,090	35,00
	10 - 20	430	0,281	0,00005	0,585	0,055	29,00
CS-5 Areniscas	55 – 70	10200	2,005	0,0067	0,504	0,800	56,00
	45 – 55	5600	1,403	0,0022	0,508	0,510	54,50
	20 - 45	1140	0,574	0,0001	0,544	0,210	46,00
	10 - 20	760	0,402	0,00005	0,585	0,130	39,70

Debido a que la mayoría del software geotécnico, y en concreto el programa PLAXIS, está planteado en términos del criterio de rotura de Mohr-Coulomb, se han estimado los parámetros cohesión y ángulo de rozamiento equivalentes para cada caso. Esto se lleva a cabo ajustando una relación media lineal a la curva generada al resolver la ecuación del criterio de rotura de Hoek-Brown para un rango de tensión principal normal en el que se encuentre el macizo analizado ($\sigma_t<\sigma_3<\sigma´_{3max}$). El proceso de ajuste consiste en un balance de las áreas por encima y

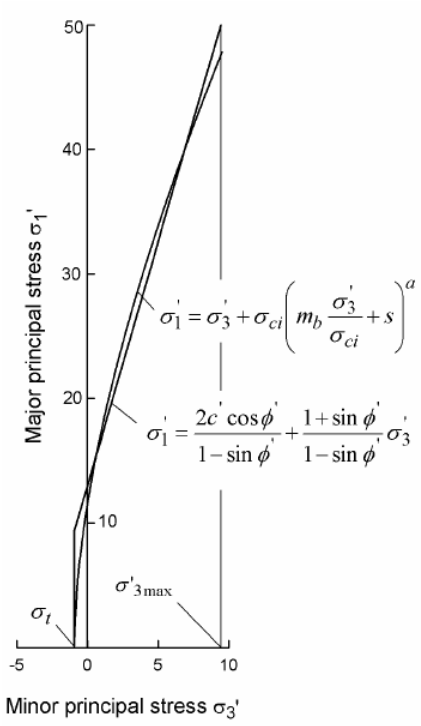
por debajo de la curva de Mohr-Coulomb, de donde resultan las expresiones para c y ϕ equivalentes:

$$\phi' = arcsen\left[\frac{6am_b \cdot \left(s + m_b\sigma'_{3n}\right)^{a-1}}{2\cdot(1+a)\cdot(2+a) + 6am_b \cdot \left(s + m_b\sigma'_{3n}\right)^{a-1}}\right]$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci}\cdot\left[(1+2a)\cdot s + (1-a)\cdot m_b\sigma'_{3n}\right]\cdot\left(s + m_b\sigma'_{3n}\right)^{a-1}}{(1+a)\cdot(2+a)\cdot\sqrt{\frac{1+\left(6am_b\cdot\left(s+m_b\sigma'_{3n}\right)^{a-1}\right)}{((1+a)\cdot(2+a))}}}$$

Donde

$$\sigma'_{3n} = \sigma'_{3\max}/\sigma_{ci}$$



Este ajuste se realiza mediante el programa Roclab y los resultados obtenidos (considerando el nivel máximo de tensiones para cada formación) se recogen en la tabla anterior.

9.1.2.2 COEFICIENTE DE REPARTO DE TENSIONES

Las tensiones naturales constituyen un estado propio de los materiales del macizo rocoso como consecuencia de su historia geológica. Este estado de tensiones suele ser bastante complejo debido al carácter heterogéneo, discontinuo y anisótropo de los macizos rocosos, y obedece a distintas causas, siendo las principales:

- Tensiones de origen tectónico, responsables del movimiento de las placas litosféricas, que constituyen la fuente principal de los esfuerzos presentes en las rocas
- Tensiones gravitacionales, como consecuencia del peso de los materiales suprayacentes y confinantes en cada punto.
- Tensiones de origen no renovable, como las generadas por los efectos térmicos sobre materiales rocosos, por flexiones o abombamientos en la corteza, etc.

Es importante tener en cuenta las tensiones naturales a las que está sometido dicho macizo para el diseño de las excavaciones subterráneas, ya que las cargas actuantes sobre el sostenimiento son precisamente la relajación de estas tensiones naturales en el contorno de la excavación.

Este aspecto influye a la hora de realizar cálculos tensodeformacionales ya que el estado tensional inicial tiene poca importancia si el terreno, una vez efectuada la excavación, se va a comportar elásticamente, pero si el terreno plastifica los esfuerzos inducidos sobre los elementos estructurales del sostenimiento dependen de forma muy importante del estado tensional inicial.

La determinación del estado tensional de un macizo rocoso es uno de los problemas más complejos en mecánica de rocas: las tensiones o esfuerzos principales actuando sobre un punto se definen por su orientación y magnitud, que únicamente pueden ser determinados in situ mediante ensayos o test que con frecuencia son de compleja ejecución o interpretación.

En este caso, a falta de métodos específicos con los que se hayan medido in situ las tensiones naturales, y teniendo en cuenta la información geológica y sobre la tectónica de la zona disponible, se considera que en se trata de rocas con estado tensional bajo, con k0 del orden de la unidad. No obstante, y aunque el valor k0=1,0 no esté lejos de la realidad, se trata de una cifra “singular” para la cual en un túnel circular los momentos serían nulos, por lo que los cálculos se han realizado para un valor de k0= 0,8, y se han comprobado para k0=1,2.

9.1.3 MODELO NUMÉRICO

En la generación del modelo numérico se pretende representar de la forma más real posible el problema que se va a analizar. A continuación se recogen los detalles y aspectos considerados para el establecimiento del mismo.

- Tamaño del área de trabajo y densidad de la malla

  La cobertera marca el límite superior del área de trabajo y como ya se ha expuesto, se considera para cada formación la cobertera máxima esperada como caso pésimo de cálculo. En una tabla del apartado 9.1.1 se recogen estos valores.

  En cuanto a los límites laterales y el limite inferior del área de trabajo, se ha tenido en cuenta que el contorno de la misma debe encontrarse lo suficientemente separada de la excavación como para no influir en el comportamiento del área de estudio, pero tampoco es interesante generar un área demasiado grande para no ralentizar los cálculos. Por ello, se ha considerado en laterales una distancia de 2 diámetros desde el hastial del túnel y de 1,50 diámetros por debajo del centro del mismo para situar el límite inferior.

  Por otra parte, la densidad de la malla se ha establecido teniendo en cuenta que cuanto más densa sea ésta, la exactitud en los resultados será mayor, pero también los tiempos de cálculo. Así, se han llevado a cabo refinos sucesivos de la malla hasta llegar a un número de elementos del orden de 1400 que en este caso, teniendo en cuenta las dimensiones del área de trabajo, se considera razonable. También se ha tenido en cuenta que la forma de los elementos triangulares generados sea lo más regular posible y que su tamaño en el entorno de la excavación sea reducido para que en el proceso de cálculo no surjan problemas y los resultados sean lo más realistas posible.

- Condiciones de contorno

  Los cálculos se realizan en dos dimensiones, considerando que la sección analizada se continúa en perpendicular al plano representado.

  Se han impuesto condiciones de contorno en los límites del área de trabajo, limitando los movimientos verticales y horizontales en los bordes laterales e inferior, lo que puede corresponderse con la situación real al considerar que en esos puntos la influencia de la excavación del túnel es ya nula.

- Condiciones iniciales

  Como condición inicial se ha considerado el terreno sin excavar, y se han asignado al macizo rocoso las propiedades geotécnicas establecidas anteriormente. No se considera presencia de nivel freático de acuerdo con la información obtenida durante los trabajos de campo y la

interpretación realizada de la misma. Es posible que existan filtraciones de agua a través de ciertas juntas en el macizo rocoso, pero no se considera que puedan influir o generar tensiones a tener en cuenta en los cálculos, ya que el sostenimiento se considera permeable.

Para cada elemento generado al establecer la malla se considera un valor del coeficiente de reparto de tensiones K0 = 0,8, tal y como se ha expuesto anteriormente.

- Simulación del efecto frente

En el cálculo en 2D hay que tener en cuenta que el problema es realmente tridimensional y que la cercanía del frente del túnel a la sección calculada afecta a las cargas que actúan sobre el conjunto terreno-sostenimiento.

Además, también hay que tener en cuenta que el sostenimiento no se coloca en el mismo frente de excavación, sino a una cierta distancia del mismo. En estas condiciones, hay un tramo de túnel en el que no se puede ejercer una presión radial, y sin embargo en él se mantiene un cierto grado de estabilidad hasta la colocación del sostenimiento, lo que se explica por el efecto de confinamiento del frente y se denomina “efecto frente”.

Este efecto se traduce en la denominada capacidad autosoporte de las excavaciones subterráneas, dando lugar a una reducción de las convergencias y a una relajación parcial de las tensiones geostáticas previamente a la colocación del sostenimiento. Esto puede estimarse a través de la teoría de convergencia-confinamiento desarrollada por Marc Panet:

$$P_f = \frac{2}{3} \cdot \sigma_0 \cdot e^{\left(\frac{-x}{0,7 \cdot R}\right)}$$

Siendo:

Pf la presión radial ficticia del confinamiento

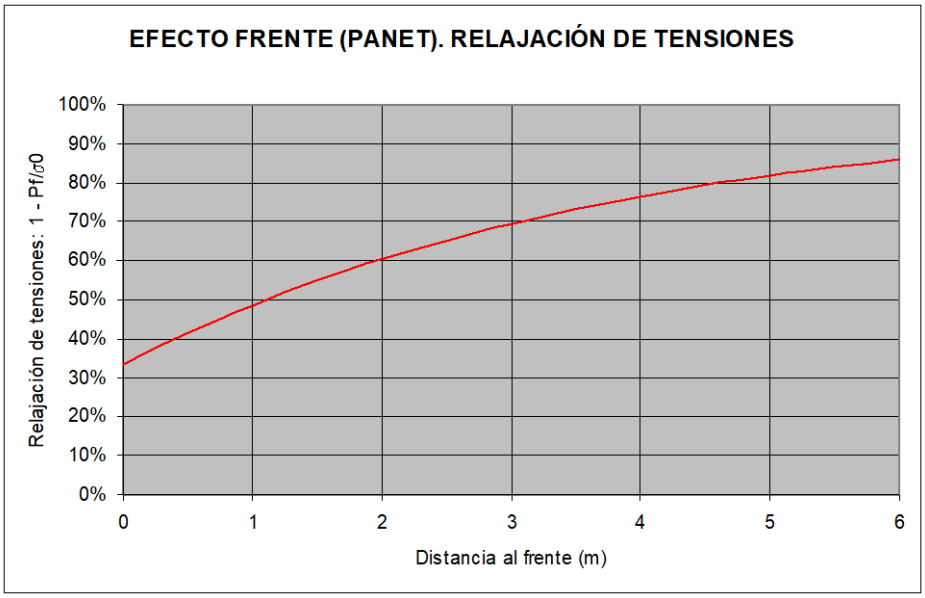
$\sigma 0$ la tensión confinante en el terreno ($\sigma 0 = \gamma \cdot H$)

x la distancia de la sección considerada al frente de excavación

R el radio de excavación

En este caso, se considerará el valor de R correspondiente a la altura de la sección de avance en el túnel de línea, que resulta R = 5,50 m.

En el gráfico siguiente se recoge la relación entre la relajación de tensiones (presión radial ficticia estimada por Panet/tensión confinante en el terreno) en función de la distancia al frente.



En este caso, la distancia al frente a considerar (longitud del pase en avance) varía de unos sostenimientos tipo a otros. En la tabla siguiente se resumen los distintos valores considerados y la relajación de tensiones correspondiente a cada caso, que se ha tenido en cuenta en los cálculos.

SECCIÓN TIPO	LONGITUD DEL PASE (m)	1-Pf/σ0	RELAJACIÓN DE TENSIONES EFECTO FRENTE (%) CONSIDERADA EN CÁLCULOS
ST-II	2,5	0,65	65
ST-III	2,0	0,60	60
ST-IV	1,5	0,55	55
ST-V	1,0	0,49	50

Este efecto se ha tenido en cuenta en el cálculo secuencial por fases que realiza PLAXIS, en la etapa de excavación del avance.

- Fases de cálculo

Con objeto de reproducir lo más fielmente posible el proceso de construcción, se han tenido en cuenta las fases de cálculo correspondientes, con la misma geometría que la prevista para el avance y las dos fases de destroza y teniendo en cuenta también el efecto frente citado anteriormente:

- Fase 1: Excavación del avance
- Fase 2: Sostenimiento del avance

- Fase 3: Excavación de la destroza central
- Fase 4: Excavación de la destroza izquierda
- Fase 5: Sostenimiento de la destroza izquierda
- Fase 6: Excavación de la destroza derecha
- Fase 7: Sostenimiento de la destroza derecha

- Modelización del sostenimiento

El sostenimiento previsto en las diferentes secciones tipo definidas consiste en la colocación de bulones, hormigón proyectado y en algunos casos, cerchas. Las características de cada elemento son:

Bulón ϕ25:

$E_{acero} = 2{,}1 \cdot 10^{8}$ KN/m^2

$A = 4{,}91 \cdot 10^{-4}$ m^2

$EA = 1{,}03 \cdot 10^{5}$ kN

Hormigón proyectado:

$E = 1{,}45 \cdot 10^{7}$ kN/m^2

$\nu = 0{,}200$

EA: en función del espesor del sostenimiento tipo en cada caso

EI: en función del espesor del sostenimiento tipo en cada caso

Cercha reticular TH-21:

Eacero = $2{,}1 \cdot 10^{8}$ KN/m^2

EA = $5{,}67 \cdot 10^{5}$ KN

EI = $7{,}16 \cdot 10^{2}$ kNm^2

Cercha HEB-180:

Eacero = $2{,}1 \cdot 10^8$ KN/m^2

EA = $1{,}37 \cdot 10^6$ KN

EI = $8{,}04 \cdot 10^3$ kNm^2

Las cerchas, en los casos en los que se han previsto, se modelizan para los cálculos de forma conjunta con el hormigón proyectado, sumándose EA y EI de cada elemento para obtener el valor del elemento “plate” resultante. Posteriormente, una vez obtenidos los esfuerzos, se redistribuyen a cada uno en función de la proporción EAelemento/EAtotal (axiles) y EIelemento/EItotal (flectores).

9.1.4 MÁRGENES DE SEGURIDAD ESTABLECIDOS COMO REFERENCIA PARA EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A partir de los esfuerzos a los que están sometidos los elementos del sostenimiento se obtienen las tensiones resultantes (de compresión y de tracción), las cuales deben estar por debajo de un límite para considerar que el elemento funcionará correctamente y contar con un grado o factor de seguridad. Este límite se ha establecido en el 75% del limite elástico del material de que se trate, tal y como se recoge en las tablas que se adjuntan en el Apéndice 7.8. Si las tensiones se encuentran por debajo de dichos límites, aparece un “OK” junto a la cifra correspondiente. Esta es la pauta para determinar la validez de los sostenimientos analizados, que se recoge en el punto siguiente.

9.1.5 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos para cada uno de los casos de cálculo analizados se resumen a continuación. Además, en el Apéndice 7.8 se recoge la siguiente información:

- Salidas de los cálculos realizados con el código PLAXIS: se incluye la geometría del área de estudio con el túnel, la malla generada, los elementos estructurales y las fases de cálculo. También se señalan los nodos más significativos. Para cada fase de cálculo se recogen gráficamente los desplazamientos, las tensiones generadas en el terreno (direcciones principales) y los puntos plásticos. También para cada fase se recogen las leyes de esfuerzos axiles y flectores (con su valor máximo), así como las tensiones en los bulones.

- Tablas resumen de los desplazamientos, esfuerzos y tensiones máximas en los elementos del sostenimiento: hay que señalar que en ocasiones se detectan

discontinuidades matemáticas en las leyes de axiles, localizadas en los contactos avance-destroza, las cuales no se tienen en cuenta puesto que se considera que no son físicamente posibles: esto ocurre principalmente en los sostenimientos ST-II que se aplican a terrenos de calidad buena-media y en los que la relajación de tensiones es del 60% en la fase excavación-sostenimiento del avance. No se tienen en cuenta los esfuerzos en estos tramos del elemento plate que modeliza el sostenimiento para la estimación de las tensiones máximas por el motivo ya señalado.

A continuación se recoge una tabla resumen con todos los resultados obtenidos y se describen con más detalle los resultados y análisis de los mismos realizado para cada formación y sostenimiento tipo:

FORMACIÓN	SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
CU-1	II	$1{,}29 \cdot 10^{-3}$	5,08	-	2,032	6,94
CU-2		$1{,}29 \cdot 10^{-3}$	5,48	-	3,824	10,09
CS-4		$2{,}12 \cdot 10^{-3}$	5,11	-	5,021	15,22
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas		$1{,}47 \cdot 10^{-3}$	3,68	-	3,1790	8,82
CS-5 Areniscas		$1{,}08 \cdot 10^{-3}$	6,18	-	2,399	5,704
CU-1	III	$2{,}41 \cdot 10^{-3}$	4,29	-	4,205	12,66
CU-2		$3{,}29 \cdot 10^{-3}$	4,15	-	6,261	24,88
CS-4		$4{,}05 \cdot 10^{-3}$	3,96	-	7,289	38,97
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas		$2{,}75 \cdot 10^{-3}$	3,06	-	4,820	20,13
CS-5 Areniscas		$1{,}95 \cdot 10^{-3}$	7,01	-	3,149	8,61
CU-1	IV	$1{,}34 \cdot 10^{-2}$	2,60	72,351	5,073	144,20
CU-2		$2{,}27 \cdot 10^{-2}$	2,84	144,290	6,490	184,00
CS-4		$2{,}72 \cdot 10^{-2}$	2,90	236,227	5,841	184,00

FORMACIÓN	SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	IV	$1{,}71 \cdot 10^{-2}$	2,25	267,370	4,835	181,66
CS-5 Areniscas		$9{,}54 \cdot 10^{-3}$	3,91	78,788	6,1101	64,381
CU-1	V	$3{,}10 \cdot 10^{-2}$	1,92	102,345	5,758	184,00
CU-2		$6{,}69 \cdot 10^{-2}$	2,65	161,437	7,329	184,00
CS-4		$8{,}06 \cdot 10^{-2}$	2,73	256,331	6,183	184,00
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas		$4{,}10 \cdot 10^{-2}$	2,02	57,127	5,754	184,00
CS-5 Areniscas		$1{,}60 \cdot 10^{-2}$	3,51	60,334	4,466	172,49

A continuación se resumen los resultados obtenidos para cada caso de cálculo:

CU-1: Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino. Zona de predominancia de Margas

Los cálculos para esta formación se han realizado con una cobertera de 34 m, valor máximo estimado para el tramo en el que se verán afectados por el túnel de línea.

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
ST-II	$1{,}29 \cdot 10^{-3}$	5,08	-	2,032	6,94
ST-III	$2{,}41 \cdot 10^{-3}$	4,29	-	4,205	12,66
ST-IV	$1{,}34 \cdot 10^{-2}$	2,60	72,351	5,073	144,20
ST-V	$3{,}10 \cdot 10^{-2}$	1,92	102,345	5,758	184,00

El terreno plastifica en una franja de aproximadamente 0,5 m en hastiales y su encuentro con la base en el caso del sostenimiento tipo ST-II, mientras que con el sostenimiento ST-III se amplía a 1,0 – 1,5 m (aparecen en la misma zona, concentrados en hastiales y encuentro con la base). En el ST-IV la zona plastificada en hastiales se amplía a 3,0 – 3,5 m y en la base aparecen

algunos puntos unos 4 m por debajo. Finalmente, en el ST-V correspondiente a terreno de muy mala calidad, la zona plastificada en hastiales y parte de la bóveda alcanza unos 3,5 – 4,0 m, mientras que en la base aparecen puntos hasta a unos 4,5 – 5,0 m por debajo.

El descenso máximo vertical recogido en la tabla se corresponde con el movimiento en clave.

La compresión máxima en el hormigón proyectado se encuentra en todos los casos por debajo del límite establecido como criterio en el 75% de su límite elástico. En los sostenimientos ST-IV y ST-V aparecen tracciones localizadas que superan la tensión admisible a flexotracción estimada (4000 kN/m2). Se ha considerado que se produce una redistribución de esfuerzos entre la gunita fisurada y las cerchas, de forma que el conjunto continúa resistiendo de forma satisfactoria: en el caso del ST-IV la redistribución es del 2% (magnitud que pasa a las cerchas) y en el ST-V del 15%.

En cuanto a las cerchas, la compresión máxima también se encuentra claramente por debajo del 75% del límite elástico considerado como referencia en los sostenimientos en los que se aplicarán estos elementos (ST-IV y ST-V), incluso con el incremento de carga que supondría la redistribución de esfuerzos por posible fisuración del hormigón proyectado tal y como se ha comentado en el párrafo anterior.

La tracción máxima en bulones alcanza los 184 KN en ST-V, lo que supone 75% del límite elástico establecido como referencia para el diseño. En el resto de los casos, las solicitaciones son menores.

CU-2: Limolitas, margas y areniscas

Los cálculos para esta formación se han realizado con una cobertera de 50 m, valor máximo estimado para el tramo en el que se verán afectados por el túnel de línea.

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
ST-II	$1{,}29 \cdot 10^{-3}$	5,48	-	3,824	10,09
ST-III	$3{,}29 \cdot 10^{-3}$	4,15	-	6,261	24,88
ST-IV	$2{,}27 \cdot 10^{-2}$	2,84	144,290	6,490	184,00
ST-V	$6{,}69 \cdot 10^{-2}$	2,65	161,437	7,329	184,00

El terreno plastifica en una franja de aproximadamente 1,0 - 0,5 m en hastiales y en su encuentro con la base en el caso del sostenimiento tipo ST-II, mientras que con el sostenimiento ST-III la banda plastificada se amplía a 1,5 m en la misma zona y se extiende por toda la base y parte de

la bóveda abarcando hasta aproximadamente 1,0 m de la excavación. En el ST-IV la zona plastificada en hastiales y parte de la bóveda se amplía a unos 4,0 m y en la base aparecen puntos de plastificación hasta unos 5,0 m por debajo. Finalmente, en el ST-V correspondiente a terreno de muy mala calidad, la zona plastificada se generaliza alrededor de hastiales y parte de la bóveda, así como en la base, en una banda de hasta 6,0 – 6,5 m. En estos casos, aunque se ha comprobado que las solicitaciones de los elementos del sostenimiento se encuentran dentro de los márgenes de seguridad establecidos, es recomendable controlar el comportamiento de la excavación (convergencias) e incluso ampliar la longitud de los bulones para que exceda el ancho de la zona de plastificación.

El descenso máximo vertical recogido en la tabla se corresponde con el movimiento en clave.

La compresión máxima en el hormigón proyectado se encuentra en todos los casos por debajo del límite establecido como criterio en el 75% de su límite elástico. En los sostenimientos ST-IV y ST-V aparecen tracciones localizadas que superan la tensión admisible a flexotracción estimada (4000 kN/m^2). Se ha considerado que se produce una redistribución de esfuerzos entre la gunita fisurada y las cerchas, de forma que el conjunto continúa resistiendo de forma satisfactoria: en el caso del ST-IV la redistribución es del 10% (magnitud que pasa a las cerchas) y en el ST-V del 20%.

En cuanto a las cerchas, la compresión máxima también se encuentra claramente por debajo del 75% del límite elástico considerado como referencia en los sostenimientos en los que se aplicarán estos elementos (ST-IV y ST-V), incluso con el incremento de carga que supondría la redistribución de esfuerzos por posible fisuración del hormigón proyectado tal y como se ha comentado en el párrafo anterior.

La tracción máxima en bulones alcanza los 184 KN en ST-IV y ST-V, lo que supone 75% del límite elástico establecido como referencia para el diseño. En el resto de los casos, las solicitaciones son menores.

CS-4: Lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas

Los cálculos para esta formación se han realizado con una cobertera de 51 m, valor máximo estimado para el tramo en el que se verán afectados por el túnel de línea.

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
ST-II	$2{,}12 \cdot 10^{-3}$	5,11	-	5,021	15,22
ST-III	$4{,}05 \cdot 10^{-3}$	3,96	-	7,289	38,97
ST-IV	$2{,}72 \cdot 10^{-2}$	2,90	236,227	5,841	184,00

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
ST-V	$8{,}06 \cdot 10^{-2}$	2,73	256,331	6,183	184,00

El terreno plastifica en una franja de aproximadamente 1,0 - 1,5 m en hastiales y en su encuentro con la base en el caso del sostenimiento tipo ST-II, mientras que con el sostenimiento ST-III se amplía la zona en que aparecen los puntos plásticos a la bóveda, con el mismo alcance de 1,0 – 1,5 m. En el ST-IV la zona plastificada en hastiales se amplía a 4,0 – 5,0 m y en la base aparecen algunos puntos unos 5 m por debajo. Finalmente, en el ST-V correspondiente a terreno de muy mala calidad, la zona plastificada en hastiales y parte de la bóveda alcanza unos 6,0 – 7,0 m, mientras que en la base aparecen puntos hasta a unos 7,0 – 7,5 m por debajo. En estos casos, aunque se ha comprobado que las solicitaciones de los elementos del sostenimiento se encuentran dentro de los márgenes de seguridad establecidos, es recomendable controlar el comportamiento de la excavación (convergencias) e incluso ampliar la longitud de los bulones para que exceda el ancho de la zona de plastificación.

El descenso máximo vertical recogido en la tabla se corresponde con el movimiento en clave.

La compresión máxima en el hormigón proyectado se encuentra en todos los casos por debajo del límite establecido como criterio en el 75% de su límite elástico. En los sostenimientos ST-IV y ST-V aparecen tracciones localizadas que superan la tensión admisible a flexotracción estimada (4000 kN/m^2). Se ha considerado que se produce una redistribución de esfuerzos entre la gunita fisurada y las cerchas, de forma que el conjunto continúa resistiendo de forma satisfactoria: en el caso del ST-IV la redistribución es del 25% (magnitud que pasa a las cerchas) y en el ST-V del 40%.

En cuanto a las cerchas, la compresión máxima también se encuentra claramente por debajo del 75% del límite elástico considerado como referencia en los sostenimientos en los que se aplicarán estos elementos (ST-IV y ST-V), incluso con el incremento de carga que supondría la redistribución de esfuerzos por posible fisuración del hormigón proyectado tal y como se ha comentado en el párrafo anterior.

La tracción máxima en bulones alcanza los 184 KN en ST-IV y ST-V, lo que supone 75% del límite elástico establecido como referencia para el diseño. En el resto de los casos, las solicitaciones son menores.

CS-5: Alternancia de areniscas silíceas y lutitas. Zonas con predominancia de Lutitas y alternancia de lutitas y areniscas

Los cálculos para esta formación se han realizado con una cobertera de 34 m, valor máximo estimado para el tramo en el que se verán afectados por el túnel de línea.

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
ST-II	$1{,}47 \cdot 10^{-3}$	3,68	-	3,1790	8,82
ST-III	$2{,}75 \cdot 10^{-3}$	3,06	-	4,820	20,13
ST-IV	$1{,}71 \cdot 10^{-2}$	2,25	267,370	4,835	181,66
ST-V	$4{,}10 \cdot 10^{-2}$	2,02	57,127	5,754	184,00

El terreno plastifica en una franja de aproximadamente 0,5 m en los hastiales y en su encuentro con la base en el caso del sostenimiento tipo ST-II, mientras que con el sostenimiento ST-III se amplía a 1,0 – 1,5 m. En el ST-IV la zona plastificada en hastiales se amplía a 2,0 – 3,0 m, extendiéndose parcialmente a la bóveda, y en la base aparecen algunos puntos unos 4 m por debajo. Finalmente, en el ST-V correspondiente a terreno de muy mala calidad, la zona plastificada en hastiales y parte de la bóveda alcanza unos 5,0 – 6,0 m, mientras que en la base aparecen puntos hasta a unos 6,0 – 7,0 m por debajo. En estos casos, aunque se ha comprobado que las solicitaciones de los elementos del sostenimiento se encuentran dentro de los márgenes de seguridad establecidos, es recomendable controlar el comportamiento de la excavación (convergencias) e incluso ampliar la longitud de los bulones para que exceda el ancho de la zona de plastificación.

El descenso máximo vertical recogido en la tabla se corresponde con el movimiento en clave.

La compresión máxima en el hormigón proyectado se encuentra en todos los casos por debajo del límite establecido como criterio en el 75% de su límite elástico. En el sostenimiento ST-IV aparecen tracciones localizadas que superan la tensión admisible a flexotracción estimada (4000 kN/m^2). Se ha considerado que se produce una redistribución de esfuerzos entre la gunita fisurada y las cerchas, de forma que el conjunto continúa resistiendo de forma satisfactoria: la redistribución estimada es del 35% (magnitud de esfuerzos en el hormigón proyectado que pasa a las cerchas).

En cuanto a las cerchas, la compresión máxima también se encuentra claramente por debajo del 75% del límite elástico considerado como referencia en los sostenimientos en los que se aplicarán estos elementos (ST-IV y ST-V), incluso con el incremento de carga que supondría la

redistribución de esfuerzos por posible fisuración del hormigón proyectado tal y como se ha comentado en el párrafo anterior.

La tracción máxima en bulones alcanza los 184 KN en ST-V, lo que supone 75% del límite elástico establecido como referencia para el diseño. En el resto de los casos, las solicitaciones son menores.

CS-5: Alternancia de areniscas silíceas y lutitas. Zonas con predominancia de areniscas

Los cálculos para esta formación se han realizado con una cobertera de 48 m, valor máximo estimado para el tramo en el que se verán afectados por el túnel de línea.

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
ST-II	$1{,}08 \cdot 10^{-3}$	6,18	-	2,399	5,704
ST-III	$1{,}95 \cdot 10^{-3}$	7,01	-	3,149	8,61
ST-IV	$9{,}54 \cdot 10^{-3}$	3,91	78,788	6,1101	64,381
ST-V	$1{,}60 \cdot 10^{-2}$	3,51	60,334	4,466	172,49

El terreno plastifica en una franja de aproximadamente 0,5 m en los hastiales y en su encuentro con la base en el caso del sostenimiento tipo ST-II, y lo mismo ocurre con el sostenimiento ST-III. En el ST-IV la zona plastificada en hastiales y en su encuentro con la base se amplia a 1,0 – 3,0 m y finalmente, en el ST-V correspondiente a terreno de muy mala calidad, la zona plastificada en hastiales y parte de la bóveda alcanza unos 1,5 – 2,0 m, mientras que en la base aparecen puntos hasta a unos 3,0 – 3,5 m por debajo.

El descenso máximo vertical recogido en la tabla se corresponde con el movimiento en clave.

La compresión máxima en el hormigón proyectado se encuentra en todos los casos por debajo del límite establecido como criterio en el 75% de su límite elástico. En el sostenimiento ST-V aparecen tracciones localizadas que en cualquier caso no superan la tensión admisible a flexotracción estimada (4000 kN/m^2).

En cuanto a las cerchas, la compresión máxima también se encuentra claramente por debajo del 75% del límite elástico considerado como referencia en los sostenimientos en los que se aplicarán estos elementos (ST-IV y ST-V).

La tracción máxima en bulones alcanza los 172 KN en ST-V, por lo que en todos los casos se encuentran por debajo del 75% del límite elástico establecido como referencia para el diseño.

9.1.6 COMPROBACIÓN CON K0 = 1,2

Como se ha expuesto anteriormente, los cálculos se han realizado considerando un coeficiente de reparto de tensiones K0=0,8, teniendo en cuenta el estado tensional que se estima para el macizo rocoso en este caso. Adicionalmente, como comprobación y para conocer la sensibilidad a este parámetro se han analizado varios casos, en los que las solicitaciones del sostenimiento son más altas, con k0=1,2.

A continuación se describe el resultado obtenido en los casos analizados con este valor de k0.

CU-1 Margas, margocalizas y calcarenitas. Predominancia de Margas: Se han comprobado los sostenimientos tipo ST-IV y ST-V, resultando que las compresiones en el hormigón proyectado son mayores que para K0 = 0,8 pero continúan por debajo del 75% del límite elástico establecido como margen de seguridad. Aparecen tracciones localizadas de mayor entidad, pero se ha comprobado que con la redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita entre esta capa y las cerchas, las tensiones son admisibles en ambos elementos (redistribución de esfuerzos del hormigón proyectado a las cerchas del 20% en ST-IV y del 30% en ST-V). Las cerchas se encuentran solicitadas por debajo del 75% aún con los esfuerzos mayorados por la redistribución citada. En cuanto a los bulones, algunos alcanzan el 75% de su límite elástico en el sostenimiento ST-V, siendo en cualquier caso correcto su comportamiento. Finalmente, los desplazamientos máximos en clave aumentan con respecto a k0 = 0,8 pero se mantienen en valores razonables.

CS-2 Limolitas, margas y areniscas: Se han comprobado los sostenimientos tipo ST-IV y ST-V, resultando que las compresiones en el hormigón proyectado son mayores que para K0 = 0,8 pero continúan por debajo del 75% del límite elástico establecido como margen de seguridad. En el ST-V aparecen tracciones localizadas de mayor entidad, pero se ha comprobado que con la redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita entre esta capa y las cerchas, las tensiones son admisibles en ambos elementos (redistribución de esfuerzos del 60%, considerablemente más alta que para k0 = 0,8, donde era del 20%). Las cerchas se encuentran solicitadas por debajo del 75% en el sostenimiento ST-IV aún con los esfuerzos mayorados por la redistribución citada, sin embargo en el ST-V se supera este límite de referencia o margen de seguridad que se está considerando en alguna de las fases de ejecución (llega al 84% del LE), aunque no excede el límite elástico, por lo que puede considerarse admisible esta disminución en el margen al tratarse de una situación puntual en el tiempo y en esta comprobación de k0. En cuanto a los bulones, algunos alcanzan el 75% de su límite elástico en ambos sostenimientos tipo, ST-IV y ST-V, siendo en cualquier caso correcto su comportamiento. Finalmente, los desplazamientos máximos en clave aumentan con respecto a k0 = 0,8 pero se mantienen en valores razonables.

CS-4 Lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas: Se han comprobado los sostenimientos tipo ST-IV y ST-V, resultando que las compresiones en el hormigón proyectado son mayores que para k0 = 0,8 pero continúan por debajo del 75% del límite elástico establecido como margen de seguridad. Aparecen tracciones localizadas que provocan la fisuración de la gunita, pero son de menor entidad y se ha comprobado que con la redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita entre esta capa y las cerchas, las tensiones son admisibles en ambos elementos (redistribución de esfuerzos del hormigón proyectado a las cerchas del 5% en ST-IV y del 10% en ST-V). Las cerchas se encuentran solicitadas por debajo del 75% aún con los esfuerzos mayorados por la redistribución citada. En cuanto a los bulones, algunos alcanzan el 75% de su límite elástico tanto en el sostenimiento ST-IV como en el ST-V, siendo en cualquier caso correcto su comportamiento. Finalmente, los desplazamientos máximos en clave aumentan con respecto a k0 = 0,8 pero se mantienen en valores razonables.

CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas. Zonas de predominancia de lutitas y alternancia areniscas-lutitas: Se han comprobado los sostenimientos tipo ST-IV y ST-V, resultando que las compresiones en el hormigón proyectado son ligeramente más altas que para k0 = 0,8 pero continúan por debajo del 75% del límite elástico establecido como margen de seguridad. Aparecen tracciones localizadas que provocan la fisuración de la gunita de mayor entidad, pero se ha comprobado también que con una redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita entre esta capa y las cerchas, las tensiones son admisibles en ambos elementos (redistribución de esfuerzos del hormigón proyectado a las cerchas del 40% en ST-IV y del 5% en ST-V). Las cerchas se encuentran solicitadas por debajo del 75% aún con los esfuerzos mayorados por la redistribución citada en el caso del ST-V, sin embargo en el ST-IV se supera dicho valor considerado como margen de seguridad y se alcanza el 89% del límite elástico: dado aún en esta situación no se supera el límite elástico y que se trata de una comprobación de una situación puntual, se considera admisible. En cuanto a los bulones, algunos alcanzan el 75% de su límite elástico tanto en el sostenimiento ST-IV como en el ST-V, siendo en cualquier caso correcto su comportamiento. Finalmente, los desplazamientos máximos en clave aumentan con respecto a k0 = 0,8 pero se mantienen en valores razonables.

CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas. Zonas de predominancia de areniscas: Se ha comprobado el sostenimiento tipo ST-V, resultando que las compresiones en el hormigón proyectado son más altas que para k0 = 0,8 pero continúan por debajo del 75% del límite elástico establecido como margen de seguridad. Aparecen tracciones localizadas que provocan la fisuración de la gunita pero son ligeramente más bajas y se encuentran por debajo de la tensión máxima admisible a flexotracción que se ha considerado (4000 kN/m2). Las cerchas se encuentran más solicitadas que para k0 = 0,8 pero las tensiones de compresión continúan por debajo del 75% del límite elástico. En cuanto a los bulones, algunos alcanzan el 75% de su límite

elástico, siendo en cualquier caso correcto su comportamiento. Finalmente, los desplazamientos máximos en clave aumentan con respecto a k0 = 0,8 pero se mantienen en valores razonables.

Las tablas resumen de los resultados obtenidos en estas comprobaciones con k0 = 1,2 se adjuntan al final del Apéndice 7.8. Como puede observarse y se ha señalado en los párrafos anteriores, en ningún caso se produce la plastificación de los elementos del sostenimiento y las solicitaciones tanto para cerchas y bulones como para el hormigón proyectado se siguen manteniendo por debajo del valor de referencia fijado como criterio en el 75% del límite elástico del material (con la excepción señalada en el ST-IV de CS-5 Lutitas y areniscas, en el que se alcanza el 89% que se considera admisible), por lo que se considera que los sostenimientos previstos son adecuados una vez realizada esta comprobación.

9.1.7 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL

Como se ha señalado en los puntos anteriores y puede observarse en las tablas resumen y en los reportes de los cálculos que se adjuntan en el Apéndice 7.8, en ningún caso se produce la plastificación de los elementos del sostenimiento y las solicitaciones tanto para cerchas y bulones como para el hormigón proyectado se manteniendo por debajo del valor de referencia fijado como criterio en el 75% del límite elástico del material, por lo que se considera que los sostenimientos previstos son adecuados.

Hay que señalar no obstante que se ha observado en los casos de macizo rocoso de muy mala calidad de las formaciones CS-2 y CS-4, en los que se aplica el sostenimiento ST-V, que la zona de terreno plastificado alrededor de la excavación adquiere cierta entidad (alcanza los 6 – 7 m). Aunque el comportamiento del sostenimiento parece correcto a la vista de los resultados numéricos del análisis, se recomienda ampliar la longitud de los bulones para superar esta zona plástica, o como mínimo controlar más exhaustivamente el proceso de excavación/sostenimiento para poder aplicar esta u otra medida si se observa un comportamiento anómalo.

9.2 ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. CAVERNA DE LA ESTACIÓN DE GALDAKAO

9.2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CÁLCULOS REALIZADOS

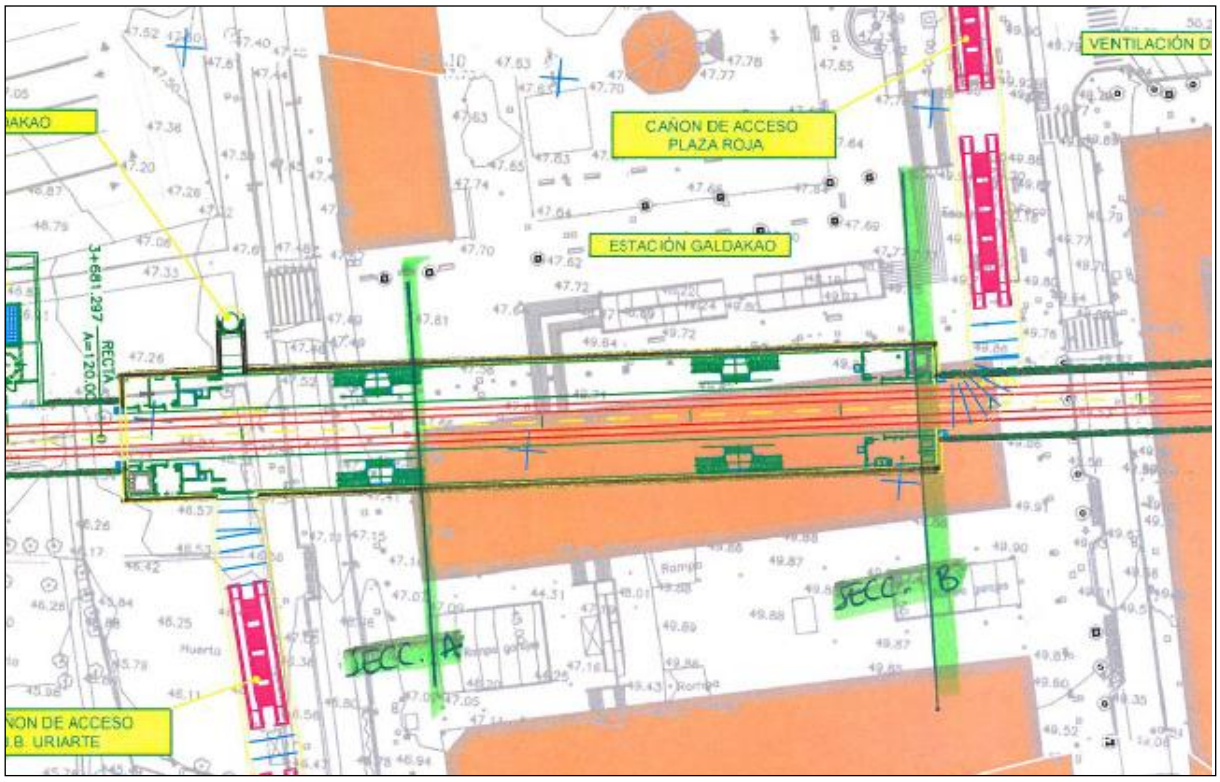
La caverna de la estación de Galdakao es un caso singular dentro del presente Proyecto puesto que a sus mayores dimensiones con respecto al resto de las obras subterráneas se une la circunstancia de que se localizará en pleno centro urbano de Galdakao, quedando en gran parte bajo un edificio residencial de 8 plantas más 2 – 3 sótanos y con cobertera de roca sana de 10 – 11 m. Por todo ello, se ha procedido en Proyecto a plantear un sostenimiento único en toda la longitud de la estación, independientemente de la calidad del macizo rocoso, que será el más pesado de los definidos para las obras de este grupo (E-3).

En obra, con el control adecuado y por decisión de la Dirección de Obra, podría modificarse este criterio puesto que en principio no se espera que el macizo rocoso sea de mala calidad, pero en el momento de redactar el presente proyecto y dado que no ha sido posible obtener información concreta con respecto al edificio entre las calles Euskadi y Bernard Etxepare, se considera adecuado realizar este planteamiento.

Los cálculos realizados responden por tanto a una comprobación del sostenimiento E-3. En cuanto a la calidad del terreno, se han considerado dos hipótesis: suponiendo un RMR de 20, la más desfavorable, y suponiendo un RMR de 45.

SOSTENIMIENTO TIPO	RMR
E-3	20
E-3	45

Se han analizado dos secciones representativas a lo largo de la caverna: una sección al inicio del paso bajo edificio, denominada sección A, y otra sección al final del tramo en caverna, denominada sección B. En cada una de ellas, la posición relativa del edificio con sótanos y la estación es diferente y podrá conocerse la influencia de la excavación prevista en ambos casos.



La caverna se excavará en la formación CS-5, cuyas características geotécnicas se han estimado anteriormente. En cuanto a la cobertera, en este caso se considera la cobertera existente en ambos casos, que como ya se ha expuesto es del orden de 10 – 11 m.

FORMACIÓN	COBERTERA
CS-5, Alternancia de areniscas silíceas y lutitas (predominancia de lutitas y areniscas)	10,4 m

9.2.2 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

9.2.2.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Los parámetros geotécnicos que se consideran en los cálculos se recogen en la siguiente tabla. Son la densidad o peso específico y los parámetros resistentes (cohesión y ángulo de rozamiento para el criterio de Mohr-Coulomb) y deformacionales (módulo de deformación y coeficiente de Poisson):

FORMACIÓN	CALIDAD, RMR	Em (MPa)	C. ROTURA HOEK-BROWN			MOHR-COULOMB	
			mb	s	a	c´ (MPa)	ϕ´ (º)
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	45 – 55	3100	0,701	0,0022	0,508	0,190	41,00
	20 - 45	640	0,287	0,0001	0,544	0,080	32,00

Las estimaciones y ajustes realizados para el establecimiento de los mismos ya se han recogido anteriormente en el apartado 9.1.

9.2.3 MODELO NUMÉRICO

- <u>Tamaño del área de trabajo y densidad de la malla</u>

  Como ya se ha expuesto, se han considerado en este caso dos secciones de cálculo, en cada una de las cuales la cobertera representada es aproximadamente la que corresponde teniendo en cuenta la topografía y edificios existentes.

  En cuanto a los límites laterales y el limite inferior del área de trabajo, se ha tenido en cuenta que el contorno de la misma debe encontrarse lo suficientemente separada de la excavación como para no influir en el comportamiento del área de estudio, pero tampoco es interesante generar un área demasiado grande para no ralentizar los cálculos. Por ello, se ha

considerado en laterales una distancia de 2 diámetros desde el hastial del túnel y de 1,50 diámetros por debajo del centro del mismo para situar el límite inferior.

Por otra parte, la densidad de la malla se ha establecido teniendo en cuenta que cuanto más densa sea ésta, la exactitud en los resultados será mayor, pero también los tiempos de cálculo. Así, se han llevado a cabo refinos sucesivos de la malla hasta llegar a un número de elementos del orden de 1200 que en este caso, teniendo en cuenta las dimensiones del área de trabajo, se considera razonable. También se ha tenido en cuenta que la forma de los elementos triangulares generados sea lo más regular posible y que su tamaño en el entorno de la excavación sea reducido para que en el proceso de cálculo no surjan problemas y los resultados sean lo más realistas posible.

- Condiciones de contorno

Los cálculos se realizan en dos dimensiones, considerando que la sección analizada se continúa en perpendicular al plano representado.

Se han impuesto condiciones de contorno en los límites del área de trabajo, limitando los movimientos verticales y horizontales en los bordes laterales e inferior, lo que puede corresponderse con la situación real al considerar que en esos puntos la influencia de la excavación del túnel es ya nula.

- Condiciones iniciales

Como condición inicial se ha considerado el terreno sin excavar, y se han asignado al macizo rocoso las propiedades geotécnicas establecidas anteriormente. No se considera presencia de nivel freático de acuerdo con la información obtenida durante los trabajos de campo y la interpretación realizada de la misma. Es posible que existan filtraciones de agua a través de ciertas juntas en el macizo rocoso, pero no se considera que puedan influir o generar tensiones a tener en cuenta en los cálculos, ya que el sostenimiento se considera permeable.

En superficie, se ha reproducido la existencia del edificio con sus plantas de sótano correspondientes. También se ha tenido en cuenta la existencia de la estructura y las cargas que transmite al terreno los elementos de cimentación, todo ello basado en hipótesis de sobrecargas y dimensiones habituales ya que no se dispone de información real al respecto. Se ha supuesto pilares cada 5 m y zapatas de 3x3 m, resultando cargas repartidas de 25 kN/m^2 por zapata en zonas de edificio+sótanos y de 7 kN/m^2 en zonas de solo sótano.

Para cada elemento generado al establecer la malla se considera un valor del coeficiente de reparto de tensiones K0 = 0,8.

- Simulación del efecto frente

En el cálculo en 2D hay que tener en cuenta que el problema es realmente tridimensional y que la cercanía del frente del túnel a la sección calculada afecta a las cargas que actúan sobre el conjunto terreno-sostenimiento.

Además, también hay que tener en cuenta que el sostenimiento no se coloca en el mismo frente de excavación, sino a una cierta distancia del mismo. En estas condiciones, hay un tramo de túnel en el que no se puede ejercer una presión radial, y sin embargo en él se mantiene un cierto grado de estabilidad hasta la colocación del sostenimiento, lo que se explica por el efecto de confinamiento del frente y se denomina “efecto frente”.

Este efecto se traduce en la denominada capacidad autosoporte de las excavaciones subterráneas, dando lugar a una reducción de las convergencias y a una relajación parcial de las tensiones geostáticas previamente a la colocación del sostenimiento. Esto puede estimarse a través de la teoría de convergencia-confinamiento desarrollada por Marc Panet:

$$P_f = \frac{2}{3} \cdot \sigma_0 \cdot e^{\left(\frac{-x}{0,7 \cdot R}\right)}$$

Siendo:

Pf la presión radial ficticia del confinamiento

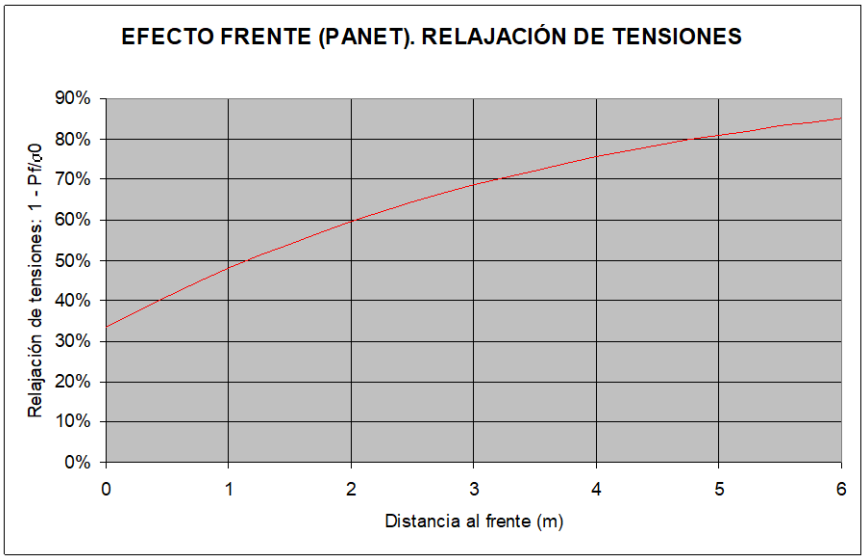
$\sigma 0$ la tensión confinante en el terreno ($\sigma 0 = \gamma \cdot H$)

x la distancia de la sección considerada al frente de excavación

R el radio de excavación

En este caso, se considerará el valor de R correspondiente a la altura de la sección de avance en caverna, que resulta R = 5,70 m.

En el gráfico siguiente se recoge la relación entre la relajación de tensiones (presión radial ficticia estimada por Panet/tensión confinante en el terreno) en función de la distancia al frente.



En la tabla siguiente se resume la relajación de tensiones que se ha tenido en cuenta en los cálculos.

SECCIÓN TIPO	LONGITUD DEL PASE (m)	1-Pf/σ0	RELAJACIÓN DE TENSIONES EFECTO FRENTE (%) CONSIDERADA EN CÁLCULOS
E-III	1,5	0,54	55

Este efecto se ha tenido en cuenta en el cálculo secuencial por fases que realiza PLAXIS, en la etapa de excavación del avance.

- Fases de cálculo

La caverna de estación, por sus grandes dimensiones, no se excavará en avance completo sino que se llevará a cabo una galería central con sostenimiento provisional que se ampliará lateralmente. Esta secuencia constructiva no es reproducible con PLAXIS de forma fiable, por lo que se ha considerado el avance completo (lo que nos deja del lado de la seguridad). Las fases consideradas se recogen a continuación:

- Fase 1: Excavación del avance
- Fase 2: Sostenimiento del avance
- Fase 3: Excavación de la destroza central
- Fase 4: Excavación de la destroza izquierda
- Fase 5: Sostenimiento de la destroza izquierda

- Fase 6: Excavación de la destroza derecha
- Fase 7: Sostenimiento de la destroza derecha

- Modelización del sostenimiento

El sostenimiento previsto consiste en la colocación de bulones, hormigón proyectado y cerchas. Las características de cada elemento son:

Bulón ϕ25:

$E_{acero} = 2{,}1 \cdot 10^8$ KN/m^2

$A = 4{,}91 \cdot 10^{-4}$ m^2

$EA = 1{,}03 \cdot 10^5$ kN

Hormigón proyectado:

$E = 1{,}45 \cdot 10^7$ kN/m^2

$\nu = 0{,}200$

EA: en función del espesor del sostenimiento tipo en cada caso

EI: en función del espesor del sostenimiento tipo en cada caso

Cercha reticular TH-29:

Eacero = $2{,}1 \cdot 10^8$ KN/m^2

EA = $7{,}77 \cdot 10^5$ KN

EI = $1{,}29 \cdot 10^3$ kNm^2

Las cerchas, en los casos en los que se han previsto, se modelizan para los cálculos de forma conjunta con el hormigón proyectado, sumándose EA y EI de cada elemento para obtener el valor del elemento “plate” resultante. Posteriormente, una vez obtenidos los esfuerzos, se redistribuyen a cada uno en función de la proporción EAelemento/EAtotal (axiles) y EIelemento/EItotal (flectores).

9.2.4 MÁRGENES DE SEGURIDAD ESTABLECIDOS COMO REFERENCIA PARA EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A partir de los esfuerzos a los que están sometidos los elementos del sostenimiento se obtienen las tensiones resultantes (de compresión y de tracción), las cuales deben estar por

debajo de un límite para considerar que el elemento funcionará correctamente y contar con un grado o factor de seguridad. Este límite se ha establecido en el 75% del limite elástico del material de que se trate, tal y como se recoge en las tablas que se adjuntan en el Apéndice 7.9. Si las tensiones se encuentran por debajo de dichos límites, aparece un “OK” junto a la cifra correspondiente. Esta es la pauta para determinar la validez de los sostenimientos analizados, que se recoge en el punto siguiente.

9.2.5 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos para cada uno de los casos de cálculo analizados se resumen a continuación. Además, en el Apéndice 7.9 se recoge la siguiente información:

- Salidas de los cálculos realizados con el código PLAXIS: se incluye la geometría del área de estudio con la caverna, la malla generada, los elementos estructurales y las fases de cálculo. También se señalan los nodos más significativos. Para cada fase de cálculo se recogen gráficamente los desplazamientos, las tensiones generadas en el terreno (direcciones principales) y los puntos plásticos. También para cada fase se recogen las leyes de esfuerzos axiles y flectores (con su valor máximo), así como las tensiones en los bulones.
- Tablas resumen de los desplazamientos, esfuerzos y tensiones máximas en los elementos del sostenimiento.
- Gráficos de desplazamientos en superficie.

A continuación se recoge un resumen con todos los resultados obtenidos y un análisis de los mismos:

Sección A:

Los cálculos para esta sección han proporcionado los siguientes resultados, considerando RMR = 20 y RMR = 45 como calidades del macizo rocoso:

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
E-3 con RMR = 20	$3{,}05 \cdot 10^{-2}$	1,74	63,35	4,97	122,49
E-3 con RMR = 45	$4{,}40 \cdot 10^{-3}$	1,83	28,21	2,33	8,36

En cuanto a los movimientos o desplazamientos del terreno a cota de sótano, el asiento máximo para RMR = 20 es de 2,8 cm y disminuye a 2,5 cm en el apoyo supuesto a 5 m, a 1,6 cm a otros 5 m, etc. Si consideramos una distorsión angular admisible de 1/500 (valor recogido en la bibliografía para este tipo de edificios), para una separación entre pilares de 5 m el asiento diferencial máximo sería de 1 cm, por lo que nos encontraríamos en el rango admisible.

En el cálculo considerando un macizo rocoso de RMR = 45 el comportamiento mejora ostensiblemente, pasando el asiento máximo a cota de sótano a 3,6 mm.

La compresión máxima en el hormigón proyectado se encuentra claramente por debajo del límite establecido como criterio en el 75% de su límite elástico, y lo mismo ocurre con las cerchas. La tracción máxima en bulones alcanza los 122 KN para RMR = 20, también por debajo del 75% del límite elástico establecido como referencia para el diseño.

Sección B:

Los cálculos para esta sección han proporcionado los siguientes resultados, considerando RMR = 20 y RMR = 45 como calidades del macizo rocoso:

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
E-3 con RMR = 20	$3{,}13 \cdot 10^{-2}$	1,62	66,86	5,27	116,99
E-3 con RMR = 45	$4{,}40 \cdot 10^{-3}$	1,82	28,97	2,40	8,02

En cuanto a los movimientos o desplazamientos del terreno a cota de sótano, el asiento máximo para RMR = 20 es de 2,7 cm y disminuye a 2,5 cm en el apoyo supuesto a 5 m, a 1,7 cm a otros 5 m, etc., por lo que nos encontraríamos en el rango admisible de distorsión angular.

En el cálculo considerando un macizo rocoso de RMR = 45 el comportamiento mejora ostensiblemente, pasando el asiento máximo a cota de sótano a 2,9 mm.

La compresión máxima en el hormigón proyectado se encuentra claramente por debajo del límite establecido como criterio en el 75% de su límite elástico, y lo mismo ocurre con las cerchas. La tracción máxima en bulones alcanza los 122 KN para RMR = 20, también por debajo del 75% del límite elástico establecido como referencia para el diseño.

9.2.6 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL

Como se ha señalado en los puntos anteriores y puede observarse en las tablas resumen y en los reportes de los cálculos que se adjuntan en el Apéndice 7.9, en ningún caso se produce la

plastificación de los elementos del sostenimiento y las solicitaciones tanto para cerchas y bulones como para el hormigón proyectado se manteniendo por debajo del valor de referencia fijado como criterio en el 75% del límite elástico del material, por lo que se considera que los sostenimientos previstos en la caverna de estación son adecuados, ya que los movimientos generados en superficie también pueden quedar dentro de los rangos admisibles para el edificio existente.

No obstante, hay que señalar que estas comprobaciones no eximen de un máximo control durante la ejecución de la obra del edificio y servicios y urbanización existente para garantizar que no se producen daños o desperfectos importantes, y para poder tomar las medidas oportunas lo antes posible en caso de que fuera necesario y surgiera algún imprevisto.

9.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE BLOQUES

En macizos de calidad buena (70<RMR<55) y muy buena (RMR>70) los fenómenos inestables se deben principalmente a formación y caída de las discontinuidades que forman cuñas o bloques, por lo que resulta necesario realizar un análisis de su estabilidad con el objeto de comprobar la eficacia de los sostenimientos previstos en dichos casos. En este apartado se estudia la posible formación de cuñas en el interior del túnel.

Para el cálculo se ha empleado el programa Unwedge, de la casa Rocscience, que analiza la formación de cuñas inestables en el perímetro de túneles construidos en macizos sanos y poco fracturados. En este cálculo se asume que los desplazamientos se producen a favor de las discontinuidades y que las cuñas se mueven como cuerpos rígidos sin deformación interna ni rotura. Las cuñas se presentan en la naturaleza con forma tetraédrica, definidas por tres discontinuidades que se intersectan. Una vez introducidos los parámetros de las discontinuidades el programa analiza todas las cuñas posibles que éstas delimiten. Se considerará que las discontinuidades pueden localizarse en cualquier punto del macizo rocoso.

Geometría de la sección considerada:

Para realizar el cálculo se han definido por coordenadas la sección geométrica exterior del túnel de línea y de la estación de Galdakao (caverna), indicando en cada tramo su dirección y pendiente.

Sostenimiento considerado:

Se ha considerado el sostenimiento más ligero, que se atribuye al macizo rocoso de mejor calidad, de forma que al comprobar la eficacia de este queda comprobada la de los restantes frente a este tipo de comportamiento inestable, puesto que son más pesados.

El sostenimiento modelizado es por tanto el ST-I correspondiente al Grupo 3 – Túnel de línea, y para la caverna de la estación el denominado ST-II del Grupo 4 (no se define ST-I y el ST-II se aplica para RMR > 55).

- Túnel de línea, sostenimiento ST-I: formado por bulones Swellex Mn16, L = 3,0 m, cada 2x2 metros (2 m fuera del plano y 2 m en el plano) y una capa de 2 cm de espesor (más 3 cm de sellado) de hormigón proyectado HP-30.

- Caverna de estación, sostenimiento ST-II: formado por bulones anclados con resina, diámetro ϕ 25, L = 6 m, cada 2x2 metros (2 m fuera del plano y 2 m en el plano) y una capa de 12 cm de espesor (más 3 cm de sellado) de hormigón proyectado HP-30. Los bulones están tesados al 75% de su límite elástico.

El hormigón proyectado no se ha tenido en cuenta en los cálculos, para estar del lado de la seguridad, excepto en algún caso excepcional donde el factor de seguridad estaba muy próximo al 1,5 (siendo siempre mayor a 1,3) o bien cuando la cuña inestable es de pequeño tamaño y no se puede sujetar con el bulonado sistemático previsto.

Datos estructurales del macizo considerados:

Una vez definidas las características de la sección y el sostenimiento, se han introducido la dirección y buzamiento de las juntas aparecidas en cada dominio estructural, así como sus características principales. Estos datos se han estimado a partir de las estaciones geomecánicas y puntos de observación existentes en el entorno del túnel, de las medidas de orientación de la estratificación en testigos de sondeos y de los ensayos de laboratorio realizados. De esta forma el túnel se ha tramificado en función de su disposición estructural, realizándose en cada tramo el análisis de estabilidad de las posibles cuñas con los datos de los dominios resultantes correspondientes.

De todas las combinaciones posibles analizadas en cada dominio estructural, se ha analizado la combinación más representativa o más desfavorable, formada por tres de las familias presentes en cada uno de los tramos en los que se ha dividido cada tramo de túnel (la estratificación siempre estará presente en todas las combinaciones).

Situaciones de cálculo:

En el análisis se han comprobado dos situaciones, tanto para el túnel de línea como para la caverna de estación:

- A corto plazo: para la geometría de la sección en avance, con bulones, sin tener en cuenta el de hormigón proyectado correspondiente a la capa de sellado. Tamaño de cuñas no limitado al pase en avance.

- A largo plazo: para la geometría de la sección completa, con bulones y sin tener en cuenta el espesor total de gunita, cuando la acción del sostenimiento es totalmente efectiva. Tamaño de cuñas no limitado por longitudes de pase.

Otras hipótesis consideradas:

Después de analizar todos los trabajos de campo (sondeos mecánicos y estaciones geomecánicas mayoritariamente), se ha observado que las mayoría de las juntas (a excepción de la estratificación), tienen una persistencia media entre <1 m o bien entre 1 y 3 m (de manera puntual se ha observado alguna familia con una persistencia entre 3 y 10 m). En el caso de la estratificación, su persistencia puede llegar a ser mucho mayor de 10 m. Por tanto, y para estar del lado de la seguridad, se ha considerado una persistencia máxima de 20 metros para la estratificación y de 8 metros para el resto de juntas.

En el cálculo no se ha considerado el estado tensional y el macizo rocoso se considera drenado, por lo que no se han tenido en cuenta presiones de agua. Como se expone en el apartado 3.2, se ha considerado un ángulo de rozamiento de 25º para la estratificación y de 28º para las restantes familias de discontinuidades.

El factor de seguridad considerado como referencia para la estabilidad es en F = 1,5 para todos los casos de cálculo.

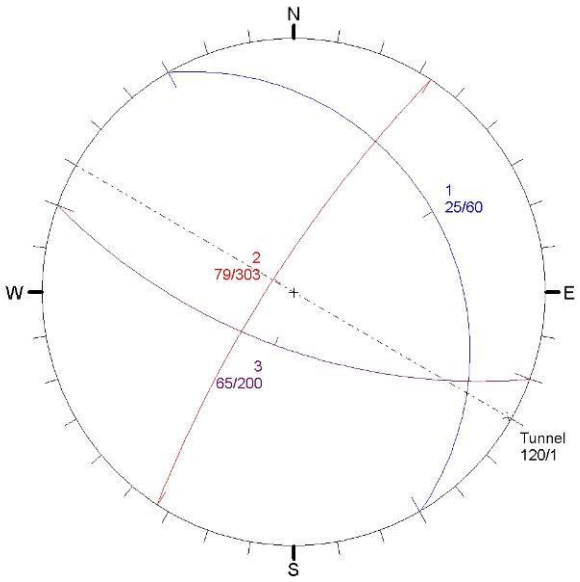
9.3.1 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE BLOQUES TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

9.3.1.1 TRAMO 5 (DOMINIO 7): PK. 1+540 A PK 1+783

Datos de partida

Familias de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	25/60
J1	79/303
J2	65/200

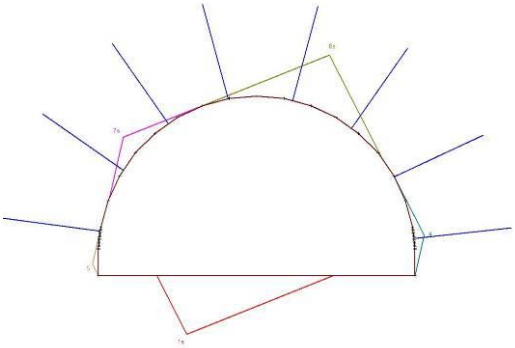
Rumbo del túnel: 120/1,0



Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 5 SARRATU-APERRIBAI. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	33,826	Estable
4	0,695	55,703
5*	0,137	0,424
7	2,463	4,519
8	22,673	2.027

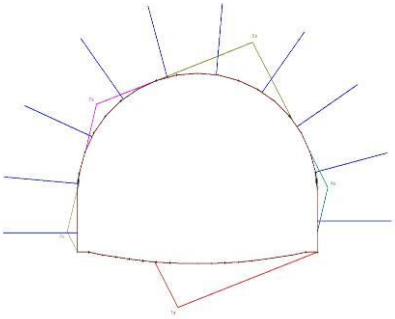
*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (3 cm de hormigón proyectado HP-30), que no se ha tenido en cuenta inicialmente en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad por encima de 1,5.



S_o/J1/J2

Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 5 SARRATU-APERRIBAI. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	36.379	Estable
4	1.621	12.232
5	1.460	3.876
7	2.463	4.977
8	22.673	1.710



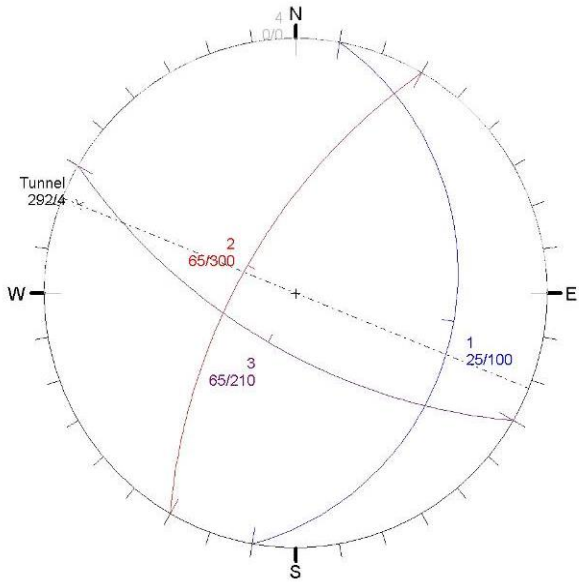
S_o/J1/J2

9.3.1.2 TRAMO 6 (DOMINIO 8): PK. 1+783 A PK. 2+004

Datos de partida

Familias de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	25/100
J1	65/300
J2	65/210

Rumbo del túnel: 292/4

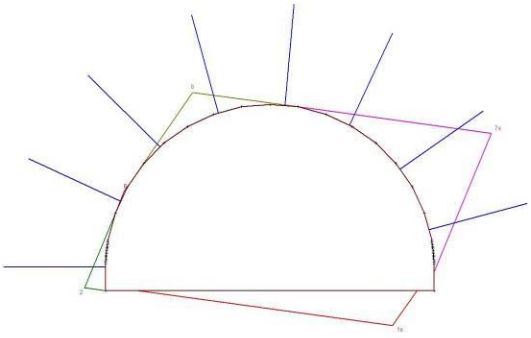


Corto plazo

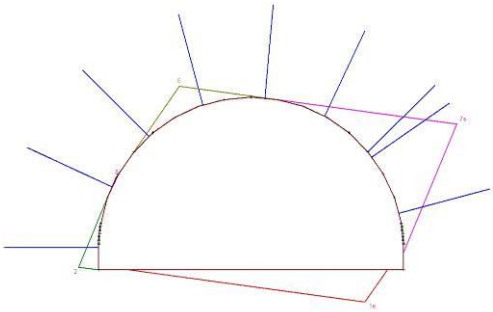
CORTO PLAZO. TRAMO 6 SARRATU-APERRIBAI. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	9,960	Estable
2	1,205	68,834
6*	0,003	0,248
7**	42,736	1,291
8	3,771	3,555

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (3 cm de hormigón proyectado HP-30), que no se ha tenido en cuenta inicialmente en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad por encima de 1,5.

**Por otra parte, en la cuña nº7 el factor de seguridad no alcanza el valor de referencia de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación del hormigón proyectado previsto, el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al gran tamaño de la misma se recomienda la implantación de algún bulón adicional de las mismas características a las de los sistemáticos para elevar el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla anterior y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.



S_o/J1/J2



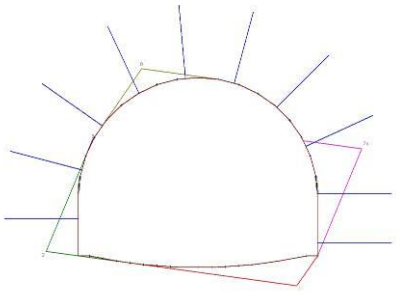
S_o/J1/J2 CON BULÓN ADICIONAL EN CUÑA Nº7

Largo plazo

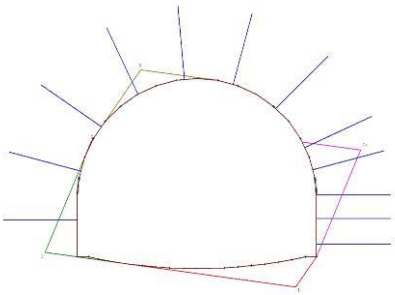
LARGO PLAZO. TRAMO 6 SARRATU-APERRIBAI. SOSTENIMIENTO TIPO I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS (con 2 bulones adicional)
1	7,873	Estable	
2	9,948	26,139	
6*	0,003	0,248	
7**	26,824	0,965	1,520
8	3,771	1,961	

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (3 cm de hormigón proyectado HP-30), que no se ha tenido en cuenta inicialmente en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad por encima de 1,5.

**Por otra parte, en la cuña nº7 el factor de seguridad no alcanza el valor de referencia de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación del hormigón proyectado previsto, el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al gran tamaño de la misma se recomienda la implantación de algún bulón adicional de las mismas características a las de los sistemáticos para elevar el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla anterior y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.



S_O/J1/J2



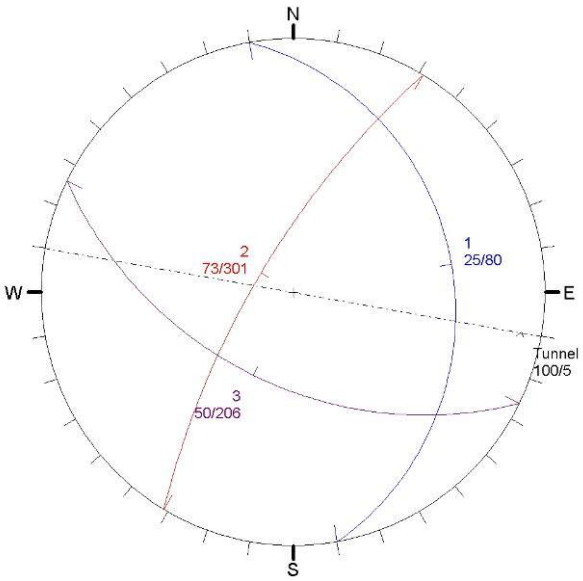
S_o/J1/J2 CON BULÓN ADICIONAL EN LA CUÑA Nº7

9.3.1.3 TRAMO 7 (DOMINIO 9): PK 2+004 A PK 2+200

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	25/80
J1	73/301
J2	50/206

Rumbo del túnel: 100/5

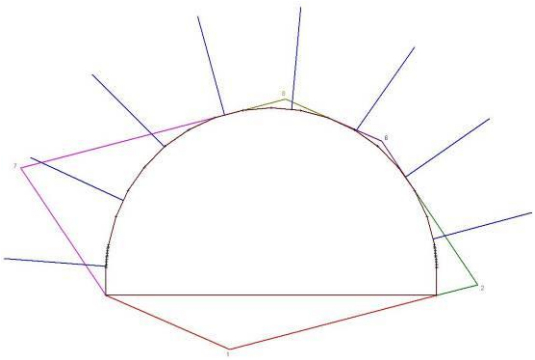


Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 7 APERRIBAI – GALDAKAO SOSTENIMIENTO TIPO ST-I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	40,889	Estable
2	3,401	13,454
6*	0,142	0,163
7**	44,631	1,468
8	0,278	36,263

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón proyectado HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.

**Por otra parte, en la cuña nº7 el factor de seguridad es ligeramente inferior al valor de referencia de 1,5 (FS: 1,46) con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación del hormigón proyectado previsto, el factor de seguridad se situaría holgadamente por encima de 1,5.



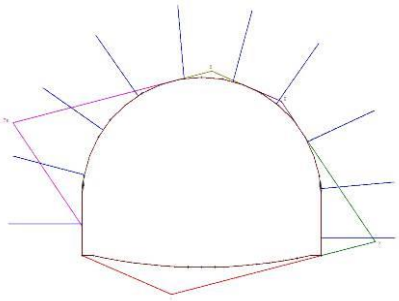
S_o/J1/J2

Largo plazo

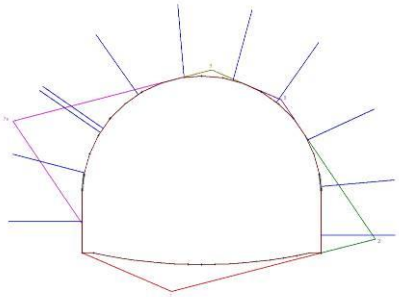
LARGO PLAZO. TRAMO 7 APERRIBAI-GALDAKAO SOSTENIMIENTO TIPO I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS (con 1 bulón adicional)
1	18.090	Estable	
2	18.942	4.984	
6	0.142	56.384	
7**	57.257	1.243	1.579
8*	0.278	0.000	

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.

**Por otra parte, en la cuña nº7 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación de la gunita, el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al gran tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional de las mismas características que las del sostenimiento sistemático para elevar el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.



S_o/J1/J2



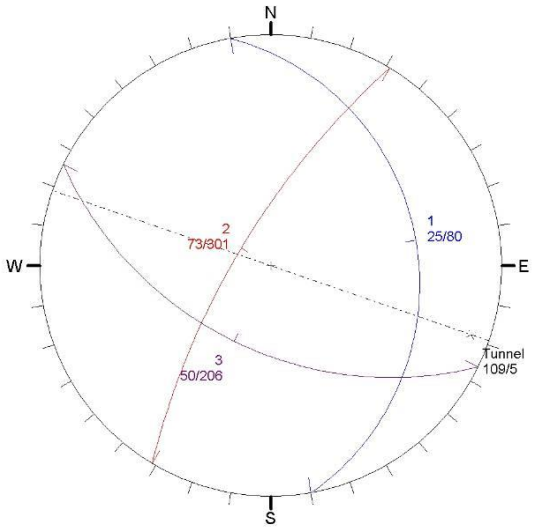
S_o/J1/J2 CON BULÓN ADICIONAL EN LA CUÑA Nº7

9.3.1.4 TRAMO 8 (DOMINIO 9): PK 2+200 A PK. 2+333

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	25/80
J1	73/301
J2	50/206

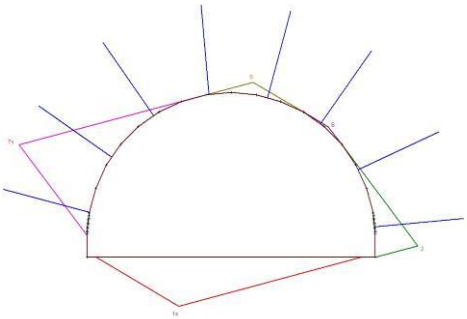
Rumbo del túnel: 109/5



Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 8 APERRIBAI-GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	44.243	Estable
2	11.628	7.241
6*	0.046	0.163
7	44.162	1.656
8	0.851	11.372

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.



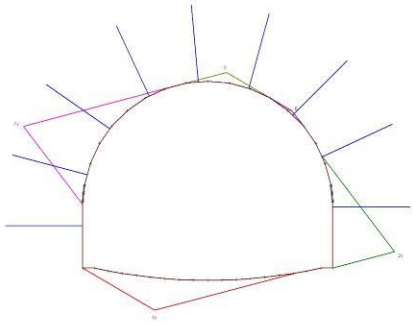
S_o/J1/J2

Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 8 APERRIBAI-GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	22.394	Estable
2	29.241	5.974
6*	0.046	0.163
7	44.162	1.606

LARGO PLAZO. TRAMO 8 APERRIBAI-GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
8	0.851	11.267

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.



S_O/J1/J2

9.3.1.5 TRAMO 9 (DOMINIO 10): PK 2+333 A PK 2+550

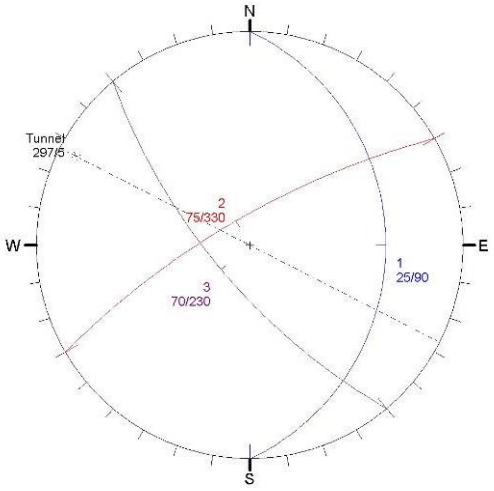
Datos de partida

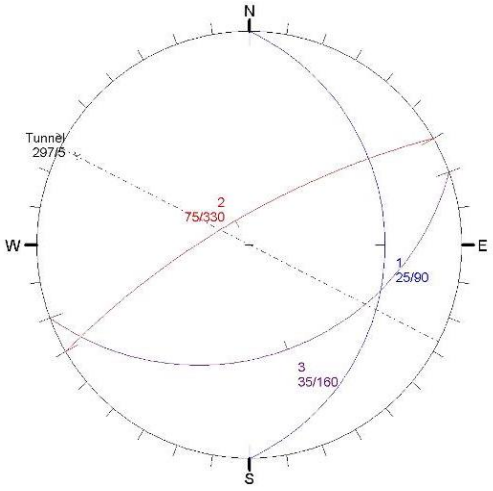
En este caso se consideran dos combinaciones de discontinuidades:

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	25/90
J1	75/330
J2	70/230

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	25/90
J1	75/330
J3	35/160

Rumbo del túnel: 297/5

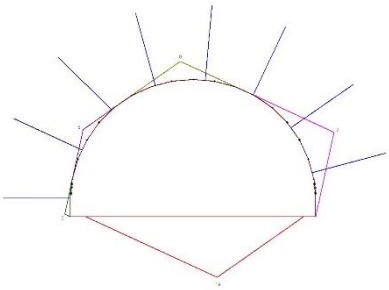




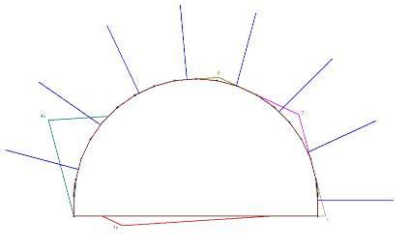
Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 9 APERRIBAI-BENGOETXE. SOSTENIMIENTO TIPO I					
So/J1/J2			So/J1/J3		
CUÑA	PESO (T)	FS	CUÑA	PESO (T)	FS
1	58,567	Estable	1	0,857	Estable
2	0,071	1,533	4	5,131	2,252
6	0,411	17,058	5	0,059	8,428
7	7,659	1,987	7	0,436	28,640
8	2,088	4,407	8*	0,034	0,000

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.



S_o/J1/J2



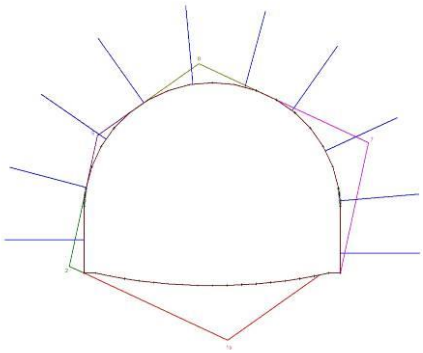
S_o/J1/J3

Largo plazo

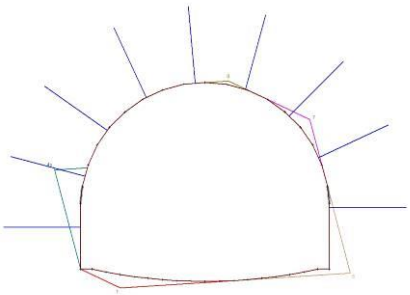
LARGO PLAZO. TRAMO 9 APERRIBAI-BENGOETXE. SOSTENIMIENTO TIPO I						
So/J1/J2				So/J1/J3		
CUÑA	PESO (T)	FS	FS (con 1 bulón adicional)	CUÑA	PESO (T)	FS
1	40.258	Estable		1	1.166	Estable
2	1.124	26.597		4	2.172	3.047
6	0.411	13.007		5	1.177	8.428
7**	13.665	1.007	1.674	7	0.436	28.782
8	2.088	4.608		8*	0.000	0.034

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.

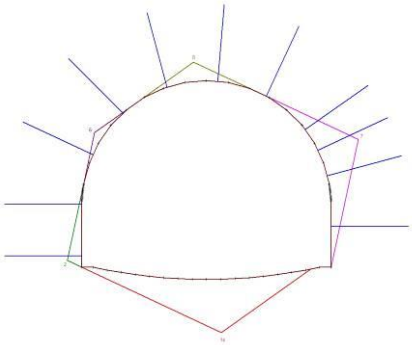
**Por otra parte, en la cuña nº7 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que solamente con la aplicación de la gunita, el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al gran tamaño de la misma se recomienda disponer de algún bulón adicional de las mismas características para elevar el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.



S_o/J1/J2



S_o/J1/J3



S_o/J1/J2 CON 1 BULÓN ADICIONAL EN LA CUÑA Nº7

9.3.1.6 TRAMO 10 (DOMINIO 11): PK 2+550 A PK 2+573

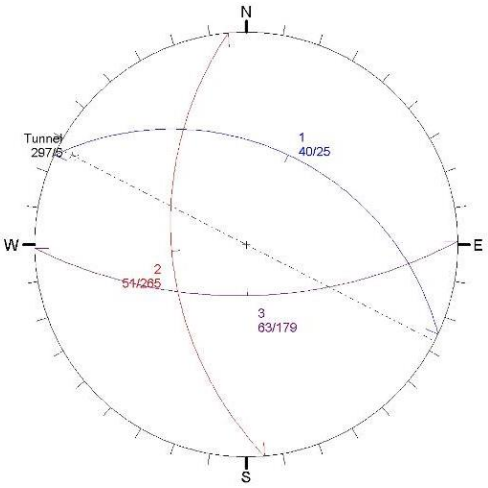
Datos de partida

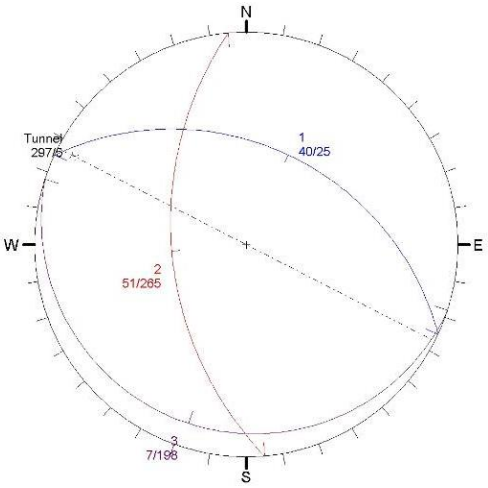
En este caso se consideran dos combinaciones de discontinuidades:

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	40/25
J2	51/265
J3B	63/179

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	40/25
J2	51/265
J4	7/198

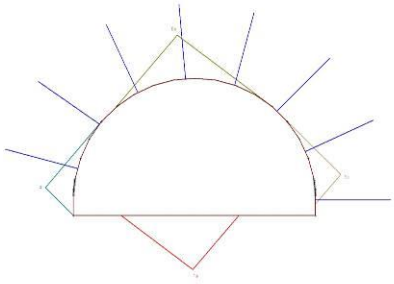
Rumbo del túnel: 297/5



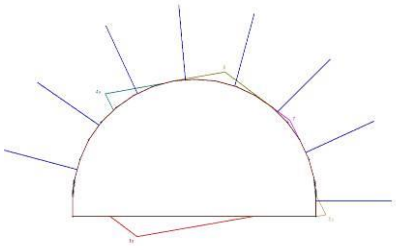


Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 10 APERRIBAI -GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I					
So/J2/J3B			So/J2/J4		
CUÑA	PESO (T)	FS	CUÑA	PESO (T)	FS
1	44.303	Estable	2	18.652	Estable
4	6.245	3.144	3	3.059	4.115
5	8.117	5.049	5	0.562	160.806
8	27.608	1.559	7	0.225	4.909
			8	2.933	9.589



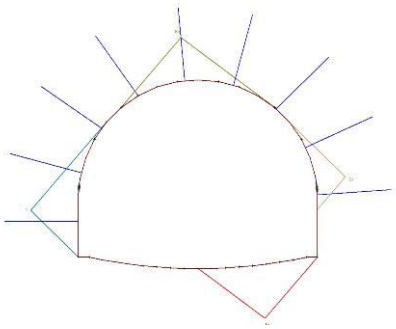
S_o/J2/J3B



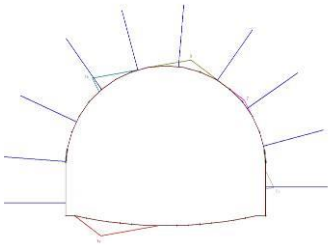
S_o/J2/J4

Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 10 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I					
So/J2/J3B			So/J2/J4		
CUÑA	PESO (T)	FS	CUÑA	PESO (T)	FS
1	42.681	Estable	1	11.179	Estable
4	28.401	1.676	4	3.063	4.613
5	10.000	4.320	5	0.576	138.338
8	27.608	1.521	7	0.225	263.184
			8	2.933	3.463



S_o/J2/J3B



S_o/J2/J4

9.3.1.7 TRAMO 11 (DOMINIO 11): PK 2+752 A PK 2+840

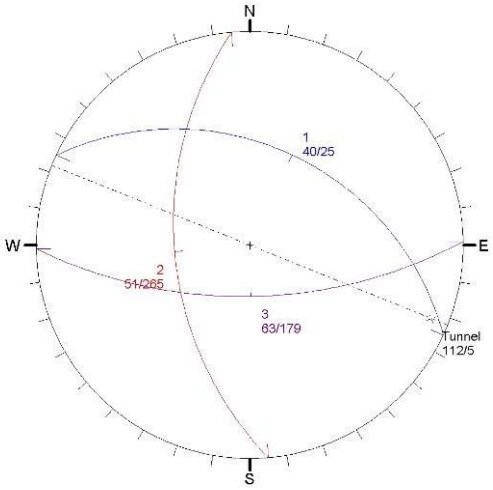
Datos de partida

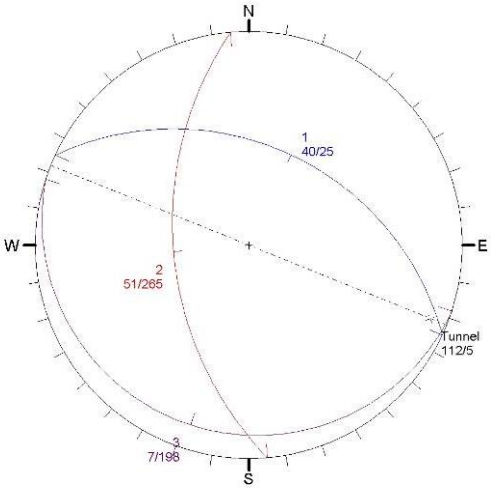
En este caso se consideran dos combinaciones de discontinuidades:

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	40/25
J2	51/265
J3B	63/179

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	40/25
J2	51/265
J4	7/198

Rumbo del túnel: 112/5

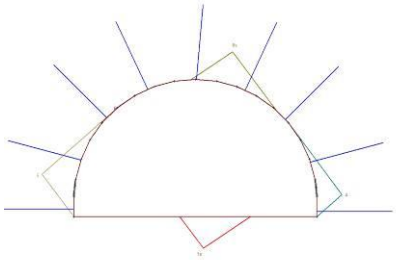




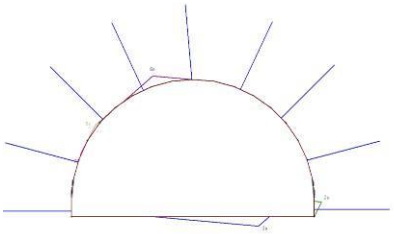
Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 11 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I					
So/J2/J3B			So/J2/J4		
CUÑA	PESO (T)	FS	CUÑA	PESO (T)	FS
1	11.839	Estable	2	0.281	86.280
4	5.347	5.287	3	3.614	41.711
5	17.789	2.899	5	0.134	389.308
6*	0.002	0.431	6	2.559	11.586
8	11.104	1.564	7	0.002	4.909

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.



S_o/J2/J3B



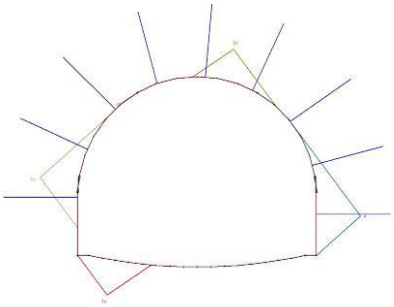
S_o/J2/J4

Largo plazo

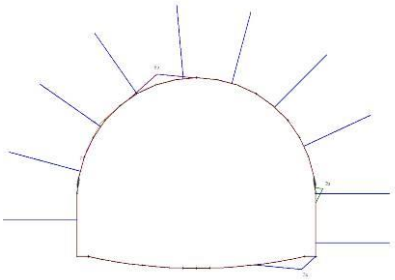
LARGO PLAZO. TRAMO 11 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I					
So/J2/J3B			So/J2/J4		
CUÑA	PESO (T)	FS	CUÑA	PESO (T)	FS
1	14.570	Estable	2	0.287	41.723
4	27.472	2.136	3	3.417	41.711

LARGO PLAZO. TRAMO 11 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I					
So/J2/J3B			So/J2/J4		
CUÑA	PESO (T)	FS	CUÑA	PESO (T)	FS
5	25.003	3.068	5	0.134	484.768
6*	0.002	0.431	6	2.559	7.389
8	11.104	3.237	7	0.002	4.909

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.



S_o/J2/J3B



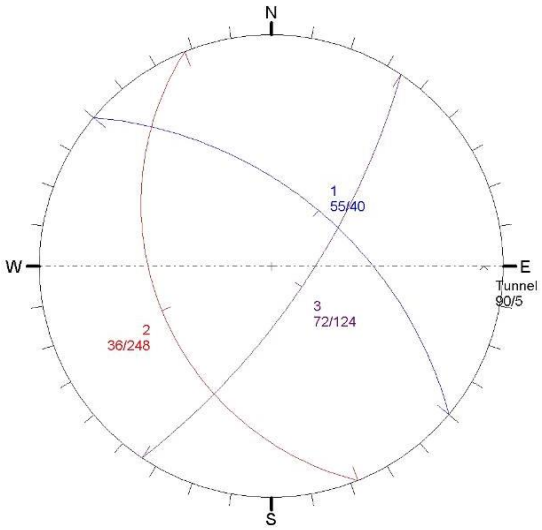
S_o/J2/J4

9.3.1.8 TRAMO 12 (DOMINIO 12): PK 2+840 A PK 2+949

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	55/40
J2	36/248
J3	72/124

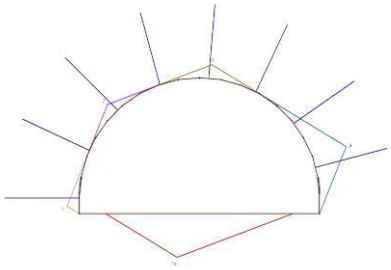
Rumbo del túnel: 090/5



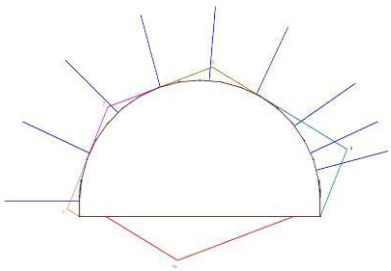
Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 12 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I			
So/J2/J3			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS (con 1 bulón adicional)
1	22.715	Estable	
4**	5.844	1.119	2.086
5	0.333	62.022	
7	0.530	12.483	
8	0.820	10.661	

**En la cuña nº4 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación de la gunita, el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al gran tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional de las mismas características para elevar el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.



S_o/J2/J3

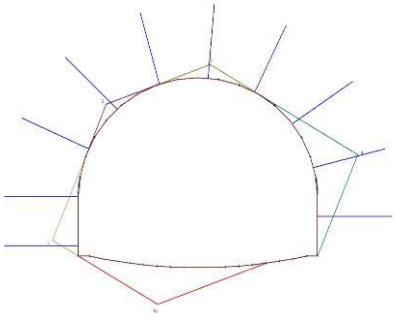


S_o/J2/J3 CON 1 BULÓN ADICIONAL EN LA CUÑA Nº4

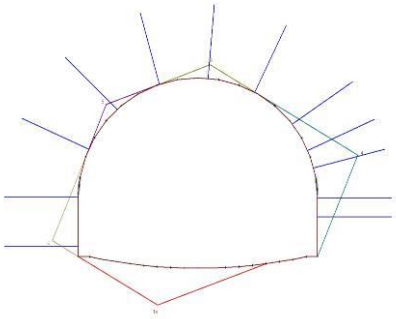
Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 12 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I			
So/J2/J3			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS (con 2 bulones adicionales)
1	15.933	Estable	
4**	13.756	0.765	1.538
5	2.916	8.480	
7	0.530	12.922	
8	0.820	10.468	

**En la cuña nº4 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación de la gunita, el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al gran tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional de las mismas características para subir directamente el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.



S_o/J2/J3



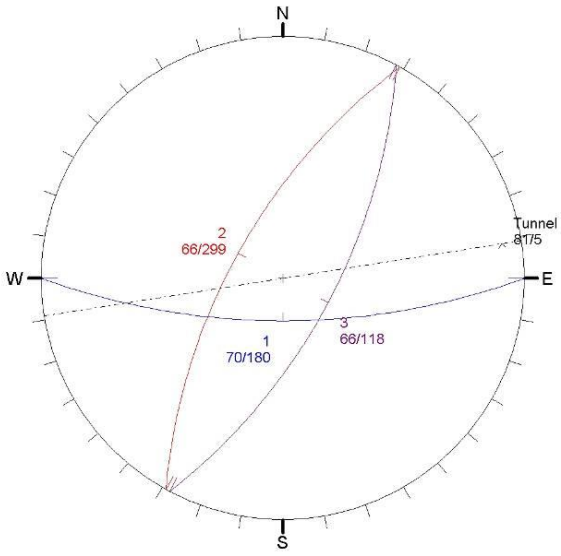
S_o/J2/J3 CON 2 BULONES ADICIONALES EN LA CUÑA Nº4

9.3.1.9 TRAMO 13 (DOMINIO 13): PK 2+949 A PK 3+035

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	70/180
J1	66/299
J3	66/118

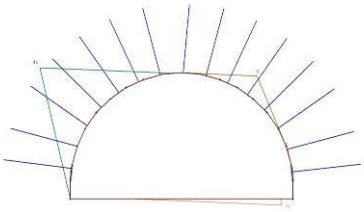
Rumbo del túnel: 081/5



Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 13 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I REFORZADO		
So/J1/J3		
CUÑA	PESO (T)	FS
4	30.599	3.133
5	0.226	66.684
6	0.001	3779.261
8	2.193	8.119

En este tramo puede tomarse como referencia el desmonte cercano existente en la carretera N-634, en el que se puede ver un sostenimiento mediante bulones y gunita. Teniendo esto en cuenta y a la vista de la gran cuña que según los datos estructurales puede formarse en todo este tramo, se ha optado por reforzar esta zona de manera sistemática, empleando el mismo tipo y longitud de bulón que para el resto de túnel en línea, pero con una separación entre bulones de 1x1 m (1 m fuera del plano y 1 m en el plano).

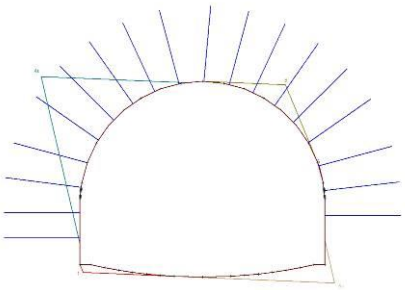


S_o/J1/J3

Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 13 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I REFORZADO		
So/J1/J3		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	0.152	Estable
4	36.770	1.925
5	1.355	66.684

LARGO PLAZO. TRAMO 13 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I REFORZADO		
So/J1/J3		
CUÑA	PESO (T)	FS
6	0.001	3785.380
8	2.193	8.101



S_o/J1/J3

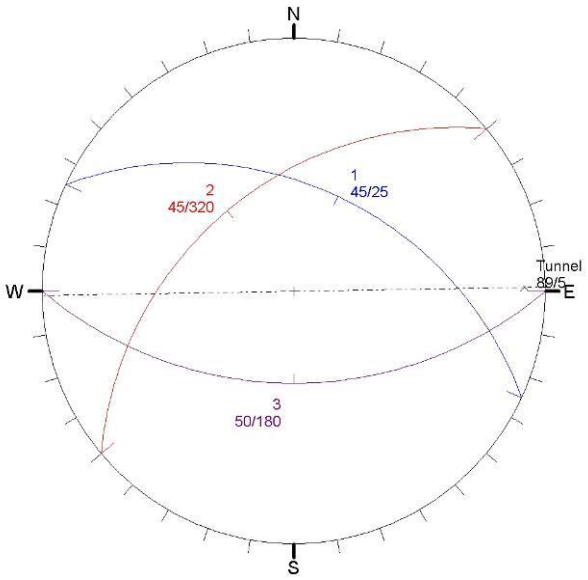
En este tramo puede tomarse como referencia el desmonte cercano existente en la carretera N-634, en el que se puede ver un sostenimiento mediante bulones y gunita. Teniendo esto en cuenta y a la vista de la gran cuña que según los datos estructurales puede formarse en todo este tramo, se ha optado por reforzar esta zona de manera sistemática, empleando el mismo tipo y longitud de bulón que para el resto de túnel en línea, pero con una separación entre bulones de 1x1 m (1 m fuera del plano y 1 m en el plano).

9.3.1.10 TRAMO 14 (DOMINIO 14): PK 3+035 A PK 3+200

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	45/25
J1	45/320
J3A	50/180

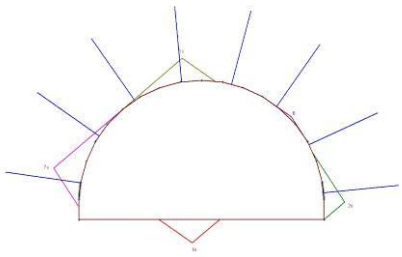
Rumbo del túnel: 089/5



Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 14 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J3A		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	6.038	Estable
2	4.647	6.165
6*	0.064	0.532
7	10.963	4.326
8	6.870	3.469

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.

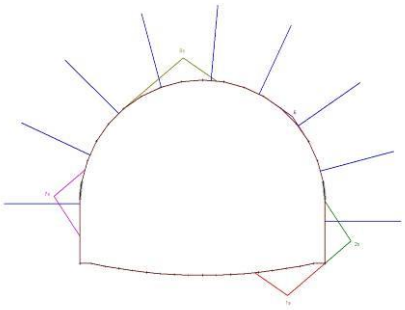


S_o/J1/J3A

Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 14 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J3A		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	8.899	Estable
2	7.737	7.230
6*	0.064	0.532
7	7.938	2.245
8	6.870	2.751

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.



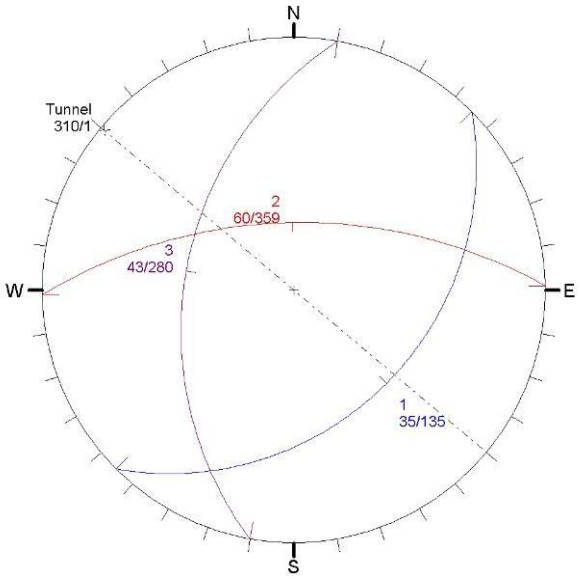
S_O/J1/J3A

9.3.1.11 TRAMO 15 (DOMINIO 15): PK 3+200 A PK 3+375

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	35/135
J1	60/359
J2	43/280

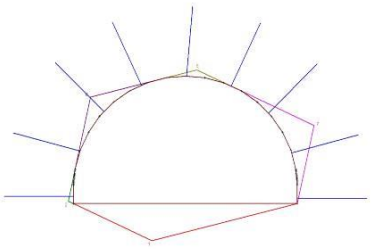
Rumbo del túnel: 310/1



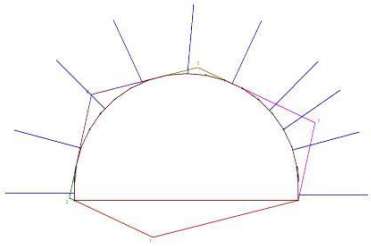
Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 15 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I			
SoJ1J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulón adicional
1	28.188	Estable	
2	0.042	1.779	
6	2.059	4.076	
7**	5.457	1.414	2.424
8	0.200	50.874	

**En la cuña nº7 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación del hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al gran tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional de las mismas características para subir directamente el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Así se trabajaría con mayores garantías de seguridad.



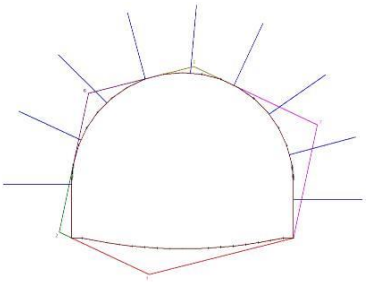
S_o/J1/J2



S_o/J1/J2

Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 15 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	12.167	ESTABLE
2	0.669	1.779
6	2.059	4.079
7	9.379	1.989
8	0.200	47.946



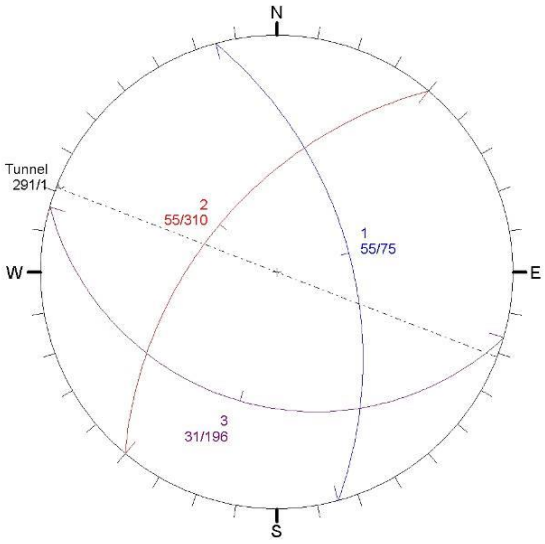
S_O/J1/J2

9.3.1.12 TRAMO 16 (DOMINIO 16): PK 3+375 A PK 3+460

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	55/75
J1	55/310
J2A	31/196

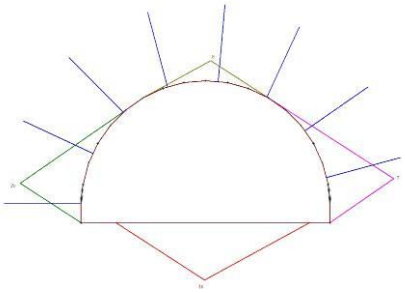
Rumbo del túnel: 291/1



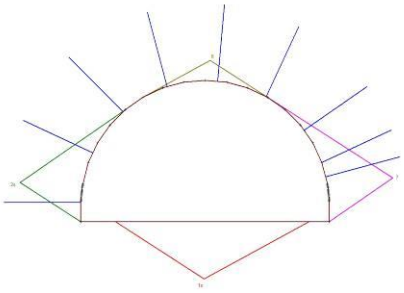
Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 16 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I			
SoJ1J2A			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulón adicional
1	53.769	Estable	
2	24.712	2,826	
7**	20.745	1.254	2.027
8	3.107	5.895	

**En la cuña nº7 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación del hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al gran tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional de las mismas características para subir directamente el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. De esa forma, se trabajaría con mayores garantías de seguridad.



S_O/J1/J2A



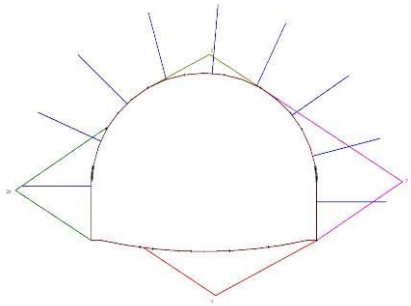
S_O/J1/J2A CON 1 BULÓN ADICIONAL EN LA CUÑA Nº7

Largo plazo

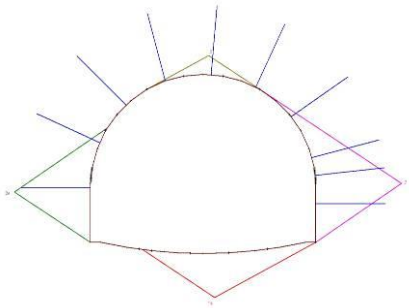
LARGO PLAZO. TRAMO 16 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I			
SoJ1J2A			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulón adicional
1	40.934	Estable	

LARGO PLAZO. TRAMO 16 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I			
SoJ1J2A			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulón adicional
2	46.324	2.621	
7**	61.613	1.324	1,678
8	3.285	2.435	

**En la cuña nº7 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que solamente con la aplicación del hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al gran tamaño de la misma se puede considerar la implantación de algún bulón adicional de las mismas características para subir directamente el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. De esta forma se trabajaría con mayores garantías de seguridad.



S_O/J1/J2A



S_O/J1/J2A CON 1 BULÓN ADICIONAL EN LA CUÑA Nº7

9.3.1.13 TRAMO 17 (DOMINIO 17): PK 3+460 A PK 3+580

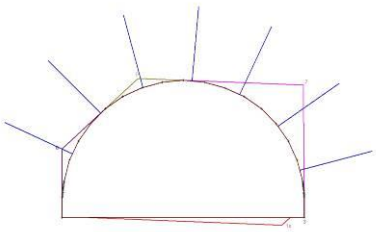
Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	25/120
J1	67/305
J2	80/225

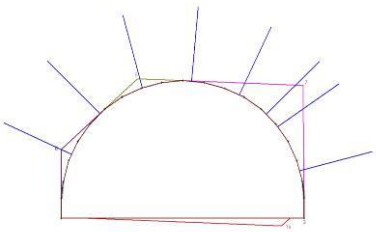
Rumbo del túnel: 290/1

CORTO PLAZO. TRAMO 17 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I			
SoJ1J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulón adicional
1	0.854	ESTABLE	
3	0.000	1.213	
6	0.646	3.811	
7**	12.665	1.303	2.345
8	0.477	18.540	

**En la cuña nº7 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación del hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al gran tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional de las mismas características para subir directamente el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. De esta forma, se trabajaría con mayores garantías de seguridad.



S_o/J1/J2



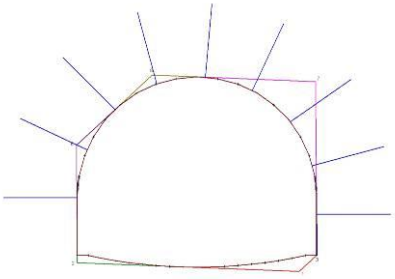
S_o/J1/J2 CON 1 BULÓN ADICIONAL EN LA CUÑA Nº7

Largo plazo

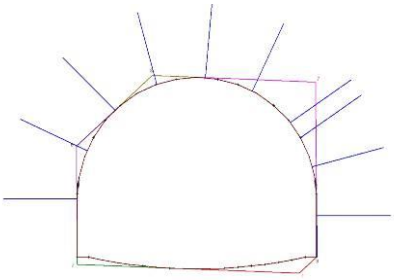
LARGO PLAZO. TRAMO 17 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I			
SoJ1J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulón adicional
1	1.526	ESTABLE	
2	0.354	19.257	
3*	0.002	1.213	
6	0.687	3.604	
7**	12.665	1.302	1.858
8	0.477	18.467	

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.

**Por otra parte, en la cuña nº7 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación de la gunita, el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al gran tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional de las mismas características para elevar el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. De esta forma, se trabajaría en condiciones de mayor seguridad.



S_O/J1/J2



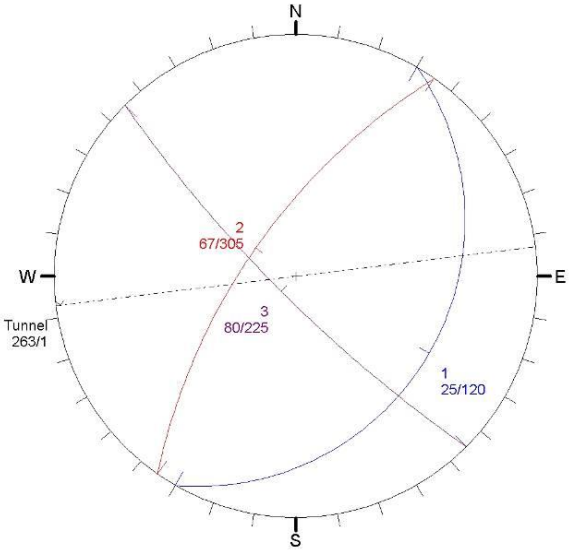
S_O/J1/J2 CON 1 BULÓN ADICIONAL EN LA CUÑA Nº7

9.3.1.14 TRAMO 18 (DOMINIO 17): PK 3+580 A PK 3+688

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	25/120
J1	67/305
J2	80/225

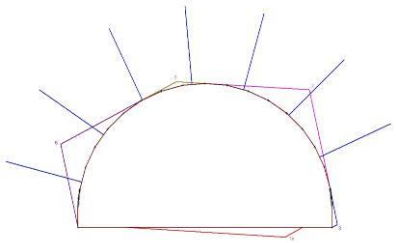
Rumbo del túnel: 263/1



Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 18 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	1.218	ESTABLE
3*	0.040	1.213
6	4.787	1.712
7	4.955	3.083
8	0.000	0.093

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.



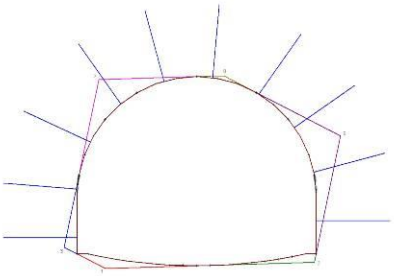
S_o/J1/J2

Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 18 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	1.794	Estable
2	0.230	19.257
3	0.632	36.447
6	8.352	2.136
7**	4.955	1.484
8*	0.093	0.000

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.

**Por otra parte, en la cuña nº7 el factor de seguridad queda ligeramente por debajo del valor de referencia 1,5 (FS: 1,48) con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación del hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría holgadamente de 1,5.



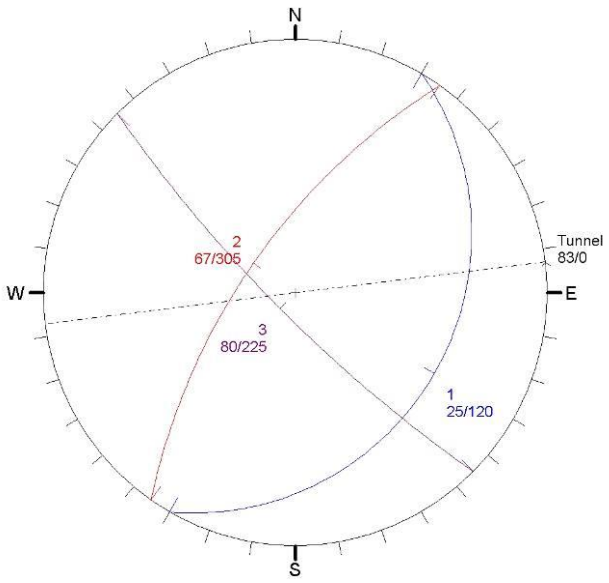
S_o/J1/J2

9.3.1.15 TRAMO 19 (DOMINIO 17): PK 3+688 A PK 3+796 (CAVERNA)

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	25/120
J1	67/305
J2	80/225

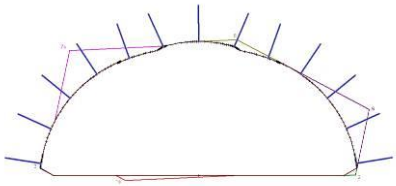
Rumbo del túnel: 083/0



Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 19 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	0.693	Estable
2	0.068	19.257
3*	0.002	1.213
6	10.389	2.216
7	19.357	2.119
8	1.178	11.385

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (3 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.



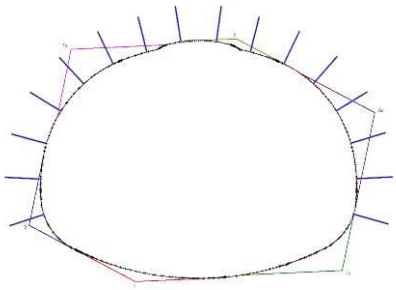
S_o/J1/J2

Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 19 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	2.279	ESTABLE
2	11.830	18.445
3	2.537	10.453

LARGO PLAZO. TRAMO 19 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
6	16.168	2.165
7	19.375	2.242
8*	1.178	0.000

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (3 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.



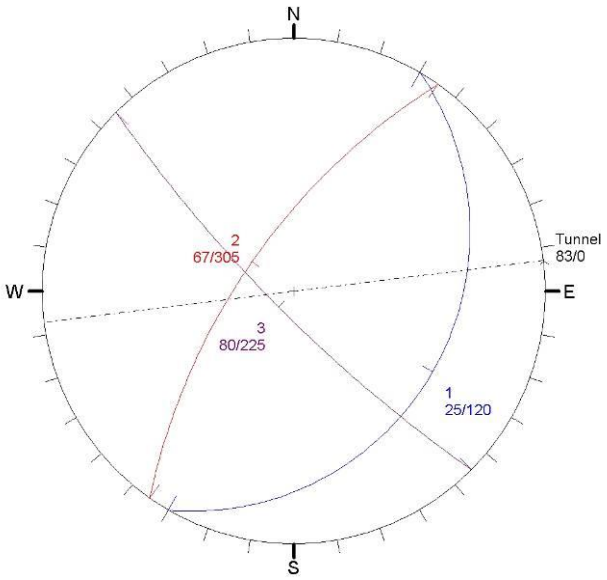
S_O/J1/J2

9.3.1.16 TRAMO 20 (DOMINIO 17): PK 3+796 A PK 3+920

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	25/120
J1	67/305
J2	80/225

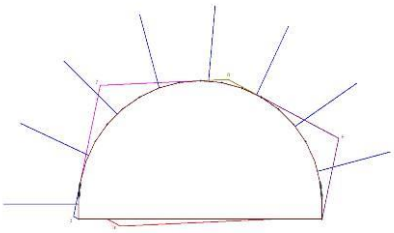
Rumbo del túnel: 083/0



Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 20 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	0.693	Estable
3*	0.039	1.213
6	4.975	2.561
7	5.385	2.955
8*	0.079	0.000

*Estas cuñas no quedan sujetas por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de las mismas. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.



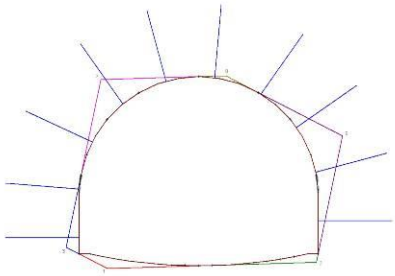
S_o/J1/J2

Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 20 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	1.191	Estable
2	0.534	19.257
3	0.615	35.750
6**	8.836	1.461
7	5.841	2.791
8*	0.067	0.000

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.

**Por otra parte, en la cuña nº6 el factor de seguridad queda ligeramente por debajo del valor de referencia de 1,5 (FS:1,46) con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación de la gunita, el factor de seguridad se situaría muy por encima de 1,5.



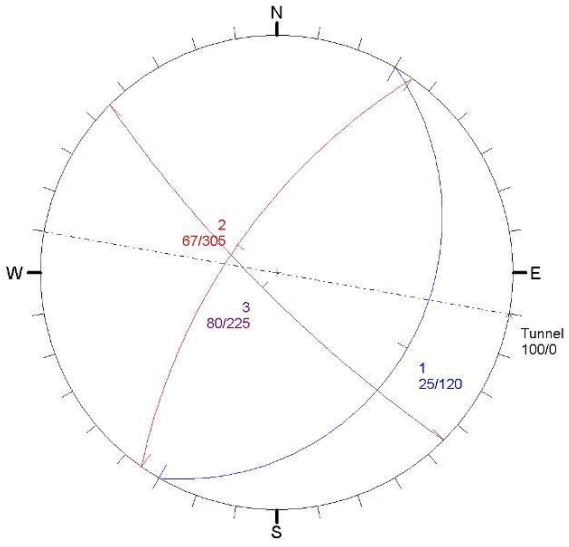
S_O/J1/J2

9.3.1.17 TRAMO 21 (DOMINIO 17): PK 3+920 A PK 4+020

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	25/120
J1	67/305
J2	80/225

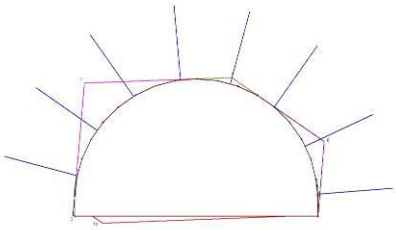
Rumbo del túnel: 100/0



Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 21 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	0.693	Estable
3*	0.003	1.213
6	1.807	1.985
7	8.743	1.892
8	0.166	54.021

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.

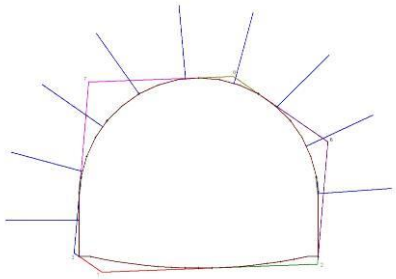


S_O/J1/J2

Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 21 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	1.358	Estable
2	0.388	19.257
3*	0.092	1.213
6**	2.619	1.442

LARGO PLAZO. TRAMO 21 APERRIBAI - GALDAKAO. SOSTENIMIENTO TIPO I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
7	8.743	1.898
8	0.166	57.302



S_o/J1/J2

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (5 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.

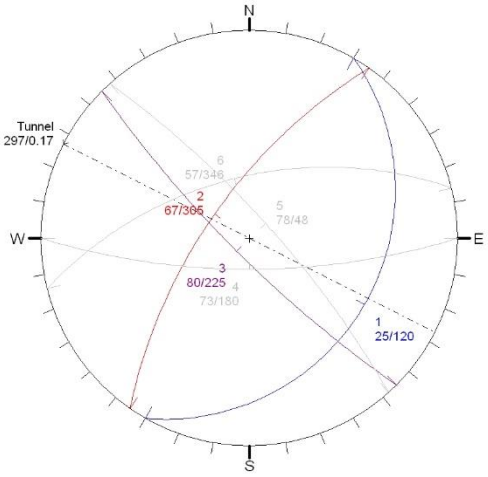
**Por otra parte, en la cuña nº6 el factor de seguridad es ligeramente inferior al valor de referencia de 1,5 (FS:1,44) con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que solamente con la aplicación de la gunita, el factor de seguridad se situaría muy por encima de 1,5.

9.3.1.18 TRAMO 22 (DOMINIO 17): PK 4+020 A PK 4+115

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	25/120
J1	67/305
J2	80/225

Rumbo/pendiente del túnel: 297/0,17



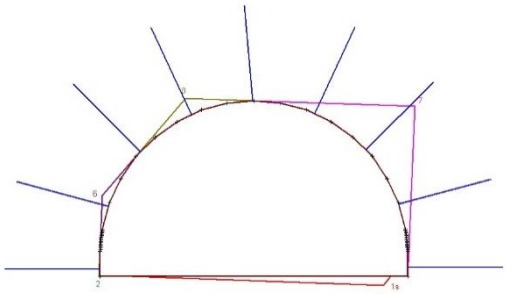
Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 22 APERRIBAI - GALDAKAO SOSTENIMIENTO TIPO ST-I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1	0,678	Estable
2	0,001	19,257
6*	0,271	0,226
7**	17,766	1,310
8	0,972	7,471
9 (frente)***	9,063	0,267

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (3 cm de hormigón proyectado HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.

**Por otra parte, en la cuña nº7 el factor de seguridad es ligeramente inferior al valor de referencia de 1,5 (FS: 1,31) con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación del hormigón proyectado previsto, el factor de seguridad se situaría holgadamente por encima de 1,5.

***Esta cuña quedaría descalzada en el frente de la excavación. Se ha comprobado que con la aplicación de una capa de gunita de 3 cm quedaría estabilizada (FS = 6), por lo que podría adoptarse esta medida cuando fuera a detenerse la excavación o se viera necesario ante el inminente desprendimiento de la cuña.



S_o/J1/J2

Largo plazo

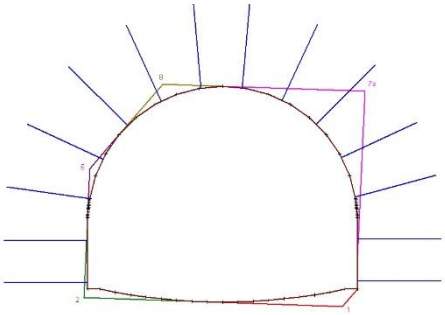
LARGO PLAZO. TRAMO 22 APERRIBAI - GALDAKAO SOSTENIMIENTO TIPO I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS (con 1 bulón adicional)
1	1.509	Estable	
2	0.487	676.096	
6*	0.271	0.226	
7**	18.285	1.144	1.767
8	0.972	5.539	
9 (frente)***	9.063	0.267	

*Esta cuña no queda sujeta por ningún bulón con la distribución sistemática considerada, debido al pequeño tamaño de la misma. Se ha comprobado que la aplicación de la capa de sellado (3 cm de hormigón HP-30), que no se ha tenido en cuenta en los cálculos, sería suficiente para elevar su factor de seguridad muy por encima de 1,5.

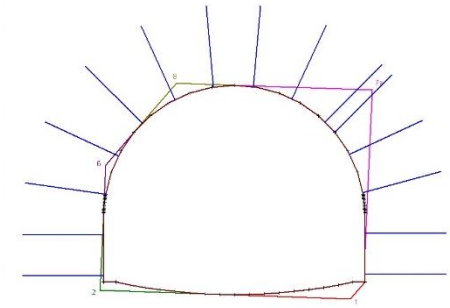
**Por otra parte, en la cuña nº7 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación de la gunita, el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al gran tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional de las mismas características que las del sostenimiento

sistemático para elevar el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.

***Finalmente, la cuña 9 que afloraría en el frente de la excavación quedaría estabilizada con una capa de sellado de 3 cm de gunita, por lo que sería esta medida la que podría adoptarse en caso de observarse indicios de desprendimiento de la misma.



S_o/J1/J2



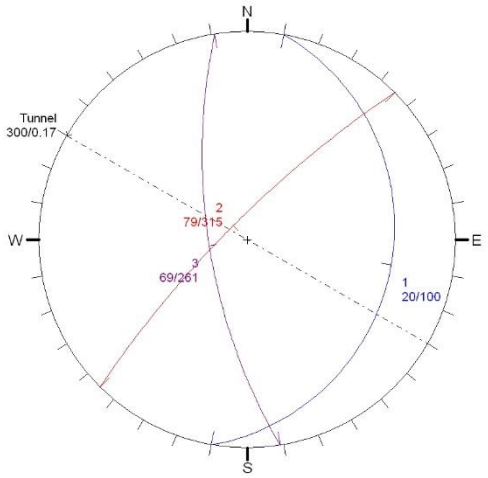
S_o/J1/J2 CON BULÓN ADICIONAL EN LA CUÑA Nº7

9.3.1.19 TRAMO 23 (DOMINIO 18): PK 4+115 A PK 4+340

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	20/100
J1	79/315
J2	69/261

Rumbo/pendiente del túnel: teniendo en cuenta la dirección del ataque en este tramo, se ha considerado 300/0,17

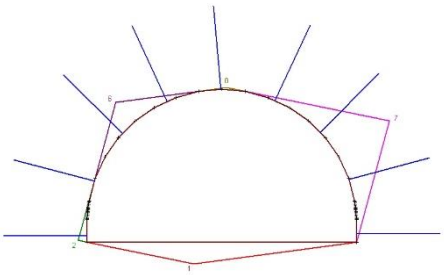


Corto plazo

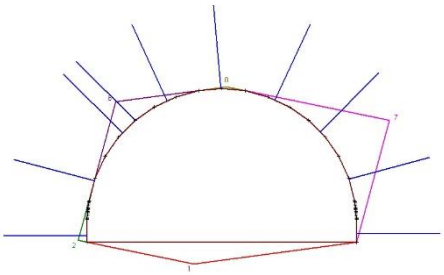
CORTO PLAZO. TRAMO 23 APERRIBAI - GALDAKAO SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con 1 bulón adicional
1	8,323	Estable	
2	0,058	975,349	
6*	2,079	0,103	2,033
7	12,520	1,635	
8**	0,010	0,000	
9 (frente)	11,902	2,983	

**En la cuña nº6 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación de la gunita (3 cm de espesor) el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional de las mismas características que las del sostenimiento sistemático para elevar el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.

**Por otra parte, la cuña nº8 no quedaría sujeta por ningún bulón del sostenimiento sistemático, debido a su pequeño tamaño. Se ha comprobado que con la aplicación de una capa de sellado de 3 cm de espesor de hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría holgadamente por encima de 1,5.



S_o/J1/J2



S_o/J1/J2 CON BULON ADICIONAL EN LA CUÑA Nº6

Largo plazo

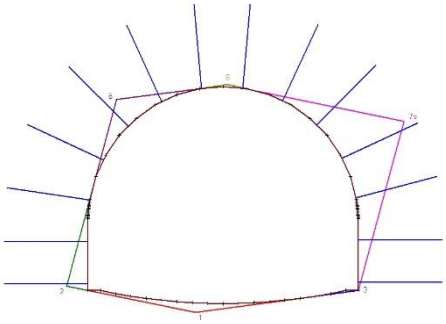
LARGO PLAZO. TRAMO 23 APERRIBAI - GALDAKAO SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS (con 1 bulón adicional)
1	0,831	Estable	
2	0,795	60,815	
3	0,012	5,828	
6*	2,079	0,103	2,033
7**	18,917	1,410	
8***	0,000	0,000	
9 (frente)	25,461	25,461	

*En la cuña nº6 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación de la gunita (3 cm de espesor) el factor de seguridad se

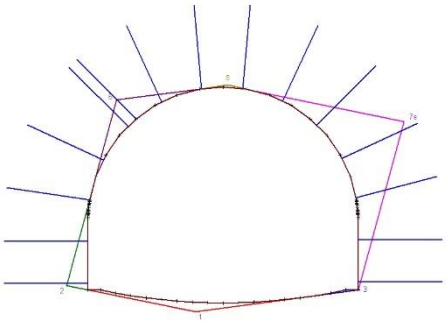
situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional de las mismas características que las del sostenimiento sistemático para elevar el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.

**En la cuña nº7 se ha obtenido un factor de seguridad ligeramente por debajo del valor de referencia (1,5). Se ha comprobado que con la aplicación de la capa de sellado de 3 cm de hormigón proyectado el factor de seguridad se elevará ya ampliamente por encima de dicho valor.

***Por otra parte, la cuña nº8 no quedaría sujeta por ningún bulón del sostenimiento sistemático, debido a su pequeño tamaño. Se ha comprobado que con la aplicación de una capa de sellado de 3 cm de espesor de hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría holgadamente por encima de 1,5.



S_O/J1/J2



S_O/J1/J2 CON BULÓN ADICIONAL EN LA CUÑA Nº6

9.3.2 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE BLOQUES

Los resultados del análisis de estabilidad de bloques muestran que el sostenimiento previsto tanto para las obras subterráneas del Grupo 3 (túnel de línea, ventilación, etc.) y para la Caverna de la estación (Grupo 4) es suficiente en general para estabilizar las posibles grandes cuñas que se formen, ya que los factores de seguridad que se obtienen son mayores del valor considerado como referencia, F = 1,5. Hay algunos casos puntuales en los que el factor de seguridad es inferior a este valor (pero siempre por encima de la unidad), en los cuales se ha previsto la ejecución de algún bulón adicional como refuerzo. Por otro lado, para las cuñas que por su pequeño tamaño podrían no quedar sujetas por el bulonado sistemático considerado, se ha comprobado que la colocación del hormigón proyectado previsto hace que todas estas cuñas se estabilicen.

Sólo cabe señalar el tramo comprendido entre los PKs 2+954 y 3+040 (Tramo 13), en el que se propone reforzar el sostenimiento sistemático de bulones inicialmente previsto en el ST-I y llevar a cabo una cuadrícula de bulones de idénticas características cada 1 x 1 m. Se trata de una zona en la que existen antecedentes de la mala calidad del macizo (talud en la N-634) y por otra parte pueden formarse cuñas de gran tamaño.

También se han estudiado las posibles cuñas que se pueden formar en el frente de avance del túnel, observándose que pueden presentar factores de seguridad inferiores a la unidad. Sin embargo, teniendo en cuenta el corto espacio de tiempo durante el que estará abierto cada frente y los condicionantes cinemáticos en estos casos, se considera que su movilización sería muy difícil y que no es preciso prever medidas sistemáticas específicas para su estabilización. En cualquier caso, se preverá como tratamiento especial el gunitado del frente.

10. PROCESO CONSTRUCTIVO

10.1 MODO DE EXCAVACIÓN

Los modos de excavación de túneles en roca son básicamente dos: el de perforación y voladura mediante la utilización de explosivos y el de excavación mecánica, bien mediante tuneladoras o topos bien mediante máquinas de ataque puntual (rozadoras o martillos de impacto).

Para elegir el sistema de excavación en un túnel concreto se manejan criterios de índole técnica y de índole económica. A continuación se recogen estos criterios y las conclusiones correspondientes al presente Proyecto.

10.1.1 EXCAVABILIDAD

Las propiedades de las rocas y macizos rocosos que más influyen en la excavabilidad son la resistencia mecánica y la abrasividad. También se recoge más adelante un comentario sobre la velocidad de las ondas sónicas.

10.1.1.1 RESISTENCIA MECÁNICA

Cuando la roca tiene una alta resistencia es obligado emplear la excavación mediante explosivos, mientras que si la resistencia es media o baja pueden emplearse indistintamente la excavación mecánica y la voladura. En este caso, se estima que la resistencia a compresión simple de la matriz rocosa de las diversas formaciones afectadas por la excavación en túnel se encuentra en un rango medio-alto.

10.1.1.2 ABRASIVIDAD

Existen diversos métodos para determinar la abrasividad de las rocas. Los más importantes son los siguientes:

- Abrasividad Cerchar

  La abrasividad Cerchar se mide en laboratorio. El ensayo consiste en hacer pasar una aguja de acero terminada en forma cónica, sometida a la acción de un peso de 7 kg, sobre la superficie de una muestra hasta recorrer 10 mm. El resultado es el índice de abrasividad Cerchar, y es el diámetro de la superficie circular generada por desgaste en la aguja de acero expresado en décimas de mm.

  En la siguiente tabla se recoge la clasificación Cerchar para la abrasividad de las rocas:

ÍNDICE CERCHAR	ABRASIVIDAD
> 4,5	Extremadamente abrasiva
4,25- 4,5	Altamente abrasiva
4,00 – 4,25	Abrasiva
3,50 – 4,00	Moderadamente abrasiva
2,50 – 3,50	Abrasividad media
1,20 – 2,50	Poco abrasiva
< 1,20	Muy poco abrasiva

En la tabla siguiente se recogen los valores máximos de abrasividad Cerchar obtenidos en cada una de las formaciones afectadas por el túnel en mina:

FORMACIÓN	ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR OBTENIDO	ABRASIVIDAD
CU-1, margas, margocalizas y calcarenitas	1,50	Poco abrasiva
CU-2, limolitas, margas y areniscas	0,30	Muy poco abrasiva
CS-4, lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas	0,90	Muy poco abrasiva
CS-5, zonas de predominancia de lutitas y alternancia de areniscas y lutitas	1,10	Muy poco abrasiva
CS-5, zonas de areniscas	2,3	Poco abrasiva

Como puede observarse, se trata de materiales poco abrasivos o muy poco abrasivos, lo que concuerda con la naturaleza y composición química de las rocas.

- Abrasividad Schimazek

El coeficiente de abrasividad de Schimazek Fschim (N/mm) viene dado por la expresión:

$$F_{schim} = \frac{Q^* \cdot d_{50} \cdot RT}{10}$$

Donde:

Q* es el contenido de cuarzo equivalente en minerales abrasivos (%)

d_{50} es el diámetro medio del grano de cuarzo (cm)

RT es la resistencia a tracción (N/mm^2)

Mediante el estudio con microscopio sobre láminas delgadas de la roca se puede determinar el tamaño medio de los granos de cuarzo y los minerales presentes en la roca.

En la determinación del diámetro medio del grano de cuarzo no se tiene en cuenta la existencia de los granos de cuarzo no visibles al microscopio, por lo que se debe aplicar una corrección mayorando por 1,40 el valor de d_{50} obtenido en laboratorio.

Como minerales de referencia de cara a la abrasión se toma la sílice libre. La cantidad de cuarzo equivalente es la suma de los porcentajes volumétricos de cuarzo, feldespato, filosilicatos y carbonatos afectados por un factor de ponderación de acuerdo a su diferente dureza.

A partir del índice Fschim se estima la rozabilidad de la roca, de acuerdo con la tabla que se recoge a continuación:

ÍNDICE Fschim (KN/m)	CALIFICACIÓN	m^3/h
0,2-0,3	Muy buena	45-65
0,3-0,4	Buena	30-45
0,4-0,5	Moderada	20-30
0,5-0,6	Regular	15-20
0,6-0,8	Mala	10-15
0,8-1,0	Muy mala	6-10

También se muestran a continuación las condiciones de excavación mecánica en función del contenido equivalente de cuarzo:

Q* (%)	CONDICIONES DE EXCAVACIÓN MECÁNICA
< 40	Viable económicamente
40 – 60	Posible, los costes crecen con el Q*
60 – 80	Posible. Costes altos, rendimientos reducidos
> 80	Inviable económicamente

En la tabla siguiente se recogen los valores máximos del índice F de Schimazek obtenidos en cada una de las formaciones afectadas por el túnel en mina y la rozabilidad en función de los mismos:

FORMACIÓN	ÍNDICE F DE SCHIMAZEK OBTENIDO	ROZABILIDAD
CU-1, margas, margocalizas y calcarenitas	0,050	Muy buena
CU-2, limolitas, margas y areniscas	0,066	Muy buena

FORMACIÓN	ÍNDICE F DE SCHIMAZEK OBTENIDO	ROZABILIDAD
CS-4, lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas	0,098	Muy buena
CS-5, zonas de predominancia de lutitas y alternancia de areniscas y lutitas	0,375	Buena
CS-5, zonas de areniscas	2,489	Muy mala

En la tabla siguiente se recogen los valores del contenido equivalente de cuarzo máximos obtenidos en cada una de las formaciones afectadas por el túnel en mina y las condiciones de excavación mecánica en función de los mismos:

FORMACIÓN	Q* (%)	CONDICIONES DE EXCAVACIÓN MECÁNICA
CU-1, margas, margocalizas y calcarenitas	26,04	Viable económicamente
CU-2, limolitas, margas y areniscas	20,97	Viable económicamente
CS-4, lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas	40,17	Posible, los costes crecen con el Q*
CS-5, zonas de predominancia de lutitas y alternancia de areniscas y lutitas	51,60	Posible, los costes crecen con el Q*
CS-5, zonas de areniscas	71,80	Posible. Costes altos, rendimientos reducidos

Como puede observarse, las formaciones CU-1 y CU-2 presentan rozabilidad muy buena y la excavación mecánica es viable económicamente en función del cuarzo equivalente. La formación CS-4 presenta rozabilidad muy buena pero el contenido de cuarzo equivalente en algunas muestras es relativamente alto, siendo posible la excavación mecánica pero con más costes. Finalmente, la formación CS-5 en las zonas de predominancia de lutitas o alternancia de lutitas y areniscas acusa la presencia de sílice pero la rozabilidad sigue siendo buena aunque los costes de la excavación serán mayores que en los casos anteriores en función del cuarzo equivalente, y en las zonas de predominancia de areniscas se observa un cambio importante en las condiciones, con rozabilidad muy mala y costes altos y rendimientos reducidos para la excavación mecánica.

La presencia predominante de areniscas se estima, a partir de los datos disponibles, entre los PKs 2+720 y 2+840, 2+910 y 2+940 y 3+320 y 3+640. En el resto de la formación CS-5 también podrán aparecer bandas de areniscas de potencia variable (que podría incluso llegar a ser métrica), intercaladas con las lutitas. Será en la zona de predominancia de areniscas donde la excavación mecánica será más dificultosa.

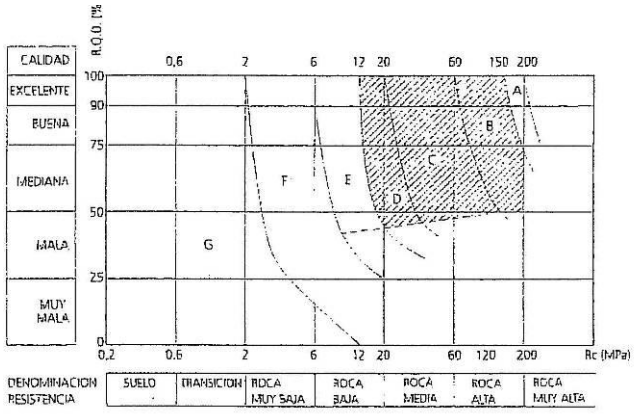
10.1.1.3 CRITERIOS DE EXCAVABILIDAD

Además de lo anterior, existen numerosos criterios para valorar la excavabilidad del terreno en los que se tienen en cuenta diferentes parámetros. En este caso se considerarán dos de ellos, teniendo en cuenta que se trata de criterios orientativos.

- Método de Romana

  Este método se basa en dos parámetros de los macizos rocosos: resistencia a compresión simple de la matriz rocosa y fracturación del macizo (mediante el RQD).

  La excavabilidad en función de la RCS y el RQD se representa en la figura siguiente:



Clasificación de los terrenos respecto a la excavabilidad mecánica (Romana, 1993)

Además, para cada zona se establece la posibilidad de empleo de los diferentes métodos mecánicos como se muestra en la tabla:

ZONA	TOPO		ROZADORA			MARTILLO	PALA
	>25t	<25t	>80t	50-80t	<50t		
A	Posible?						
B	Adecuado	Posible?	Posible?				
C	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado			
D	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Posible	Posible?	
E	Posible	Posible	Posible	Adecuado	Adecuado	Posible	Posible?
F				Posible	Adecuado	Adecuado	Posible
G					Posible	Posible?	Adecuado

En la siguiente tabla se recoge para cada formación afectada por el túnel en mina el rango de RCS de la roca matriz, el rango de calidad mayoritario observado y las condiciones de excavabilidad con medios mecánicos según este método:

ORMACIÓN	Rango RCS (MPa)	Rango calidad (RMR)	ZONA	EXCAVABILIDAD CON MEDIOS MECÁNICOS
CU-1, margas, margocalizas y calcarenitas	20 – 25	80 - 100	D - C	Rozadora >50 t
CU-2, limolitas, margas y areniscas	20 – 25	80 - 100	D - C	Rozadora >50 t
CS-4, lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas	25	80 - 100	D - C	Rozadora >50 t
CS-5, zonas de predominancia de lutitas y alternancia de areniscas y lutitas	20 – 25	80 - 100	D - C	Rozadora >50 t
CS-5, zonas de areniscas	70	80 - 100	C - B	¿Rozadora >80 t?

Como puede observarse, en todos los casos parece posible el empleo de rozadoras de más de 50 t exceptuando las zonas de predominancia de areniscas en la formación CS-5, en la que podría ser necesaria una rozadora de más de 80 t e incluso tener dificultades puntuales en zonas de muy buena calidad y gran dureza (se ha obtenido algún resultado de RCS de más de 90 MPa).

- Método de Gehring

Gehring (1997) estima la aplicabilidad de rozadoras y tuneladoras a partir de la resistencia a compresión simple y la abrasividad cerchar:

Terreno técnica y económicamente excavable con rozadora: $RCS \cdot CAI \leq 100$

Terreno técnica y económicamente excavable con tuneladora: $RCS \cdot CAI \leq 1000$

Donde:

RCS es la resistencia a compresión simple (MPa)

CAI es la abrasividad Cerchar representativa del material

En la siguiente tabla se recoge para cada formación afectada por el túnel en mina el rango de RCS de la roca matriz, la abrasividad Cerchar representativa y la conclusión de excavabilidad según este método de Gehring:

FORMACIÓN	Rango RCS (MPa)	Abrasividad Cerchar CAI	RCS·CAI	EXCAVABILIDAD
CU-1, margas, margocalizas y calcarenitas	20 – 25	1,50	37,5	Terreno técnica y económicamente excavable con rozadora
CU-2, limolitas, margas y areniscas	20 – 25	0,30	7,5	Terreno técnica y económicamente excavable con rozadora
CS-4, lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas	25	0,90	22,5	Terreno técnica y económicamente excavable con rozadora
CS-5, zonas de predominancia de lutitas y alternancia de areniscas y lutitas	20 – 25	1,10	27,5	Terreno técnica y económicamente excavable con rozadora
CS-5, zonas de areniscas	70	2,30	161	Terreno técnica y económicamente excavable con tuneladora

Según este criterio, todos los materiales serían excavables con rozadora, exceptuando los materiales de CS-5 con predominancia de areniscas en los que se ha obtenido un valor superior a 100 que les sitúa por tanto en excavables con tuneladora (al tratarse de bandas intercaladas con otras zonas más lutiíticas, habrá que tener en cuenta la mayor dificultad para rozar con estos materiales y no la imposibilidad de hacerlo).

10.1.1.4 VELOCIDAD DE LAS ONDAS SÓNICAS

Este parámetro, en concreto la velocidad de propagación de los impulsos ultrasónicos (ondas P), se ha obtenido en ensayos de laboratorio para las diferentes litologías. Es un criterio utilizado por numerosos fabricantes de maquinaria de excavación para determinar el modelo más adecuado en cada caso, como puede observarse en el cuadro siguiente propuesto por Wirtgen:

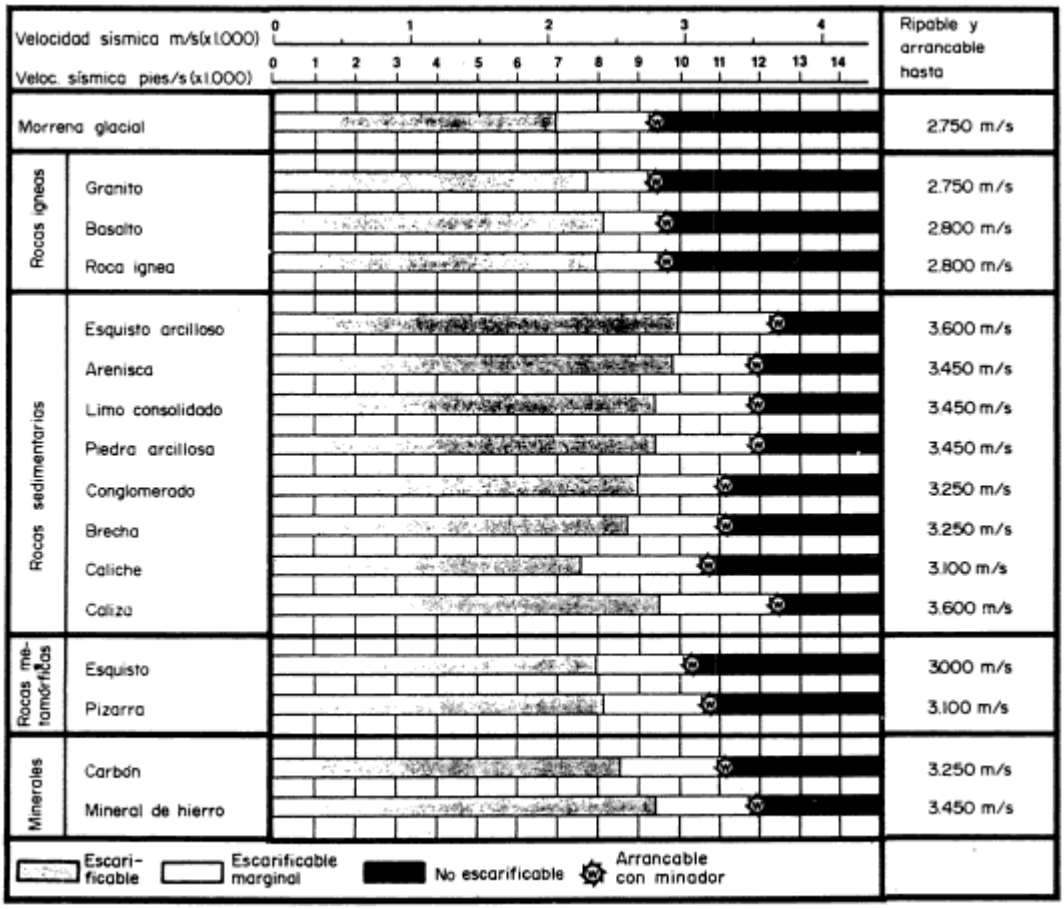


Figura 13.— Campos de aplicación económica de los minadores continuos horizontales (Wirtgen).

En el presente Proyecto, las velocidades de las ondas obtenidas (pueden asimilarse las ondas P a las ondas sísmicas a las que se hace referencia en el cuadro anterior) son de las siguientes:

FORMACIÓN	Velocidad de las ondas (m/seg)
CU-1, margas, margocalizas y calcarenitas	4177
CU-2, limolitas, margas y areniscas	3761
CS-4, lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas	3496 - 4001
CS-5, zonas de areniscas	4984

Teniendo en cuenta lo recogido en el cuadro anterior, se trata de materiales rozables al presentar velocidades entre 3000 y 4000 m/seg o superarlo ligeramente. En el caso particular de

las areniscas de CS-5, se podrían encontrar en el límite del rango de rozabilidad habitual al ser la velocidad del orden de 5000 m/seg.

10.1.2 FORMA Y DIMENSIONES DE LA SECCIÓN

Los topos o tuneladoras permiten únicamente perforar túneles de forma circular, por lo que en túneles ferroviarios como en este caso, que necesitan una base plana, se desaprovecha mucho espacio y el volumen de excavación es considerablemente superior al necesario.

Los restantes métodos (voladura y ataque mecánico puntual) no presentan limitaciones por la forma de la sección a excavar.

10.1.3 VIBRACIONES

Los explosivos generan unas vibraciones que hacen complicada la aplicación de este método en zonas urbanas o cerca de edificios habitados o de interés, mientras que los restantes métodos de excavación son mucho menos agresivos en este sentido.

En este caso el túnel proyectado transcurre por varias zonas urbanas y la cobertera prevista no es demasiado grande. También existen algunas infraestructuras principales. Por todo ello, y teniendo en cuenta la sensibilidad a las vibraciones ocasionadas por las voladuras, se considera poco recomendable emplear este método de excavación.

10.1.4 RENDIMIENTO/COSTE

La excavación con explosivos constituye el método idóneo para excavar macizos resistentes con buena calidad geomecánica, disminuyendo su rendimiento en materiales muy fracturados y/o alterados. Se trata de un método muy versátil y permite una gran movilidad y variedad de utilización. Presenta los inconvenientes de la perturbación del macizo rocoso en el contorno de la excavación y de las sobreexcavaciones, para lo que hay que definir unas tolerancias máximas y prever técnicas que las minimicen (precorte en el contorno, tipo de explosivo, etc.).

La excavación mediante rozadora es un medio rápido para la excavación en rocas poco competentes, con mínima sobreexcavación. Por otra parte, presenta condicionantes como la posibilidad de averías de la máquina, la limitación de las dimensiones de la maquinaria para poder desarrollar las distintas fases de excavación y sostenimiento en el mínimo número de operaciones, etc. Este último aspecto se ha mejorado en los últimos años con el desarrollo de máquinas potentes de pequeño tamaño.

Los topos tienen un elevado coste de inversión inicial, la cual pasa a ser rentable a partir de una determinada longitud de túnel.

10.1.5 CONCLUSIONES Y MÉTODO DE EXCAVACIÓN PROPUESTO

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se propone el ataque puntual con rozadora como método de excavación más adecuado en este caso.

La excavación mecánica con topo queda desestimada por la longitud y geometría de la sección del túnel.

Por otra parte, desde el punto de vista de resistencia y abrasividad, es factible acometer la excavación mediante rozadora con normalidad en la mayor parte del trazado. La posible variación en la dificultad de excavación y rendimiento de la rozadora en determinados tramos (con predominancia de areniscas, etc.) se tendrá en cuenta en el precio de la unidad mediante un índice que se determina en función de la resistencia a compresión, resistencia a tracción y abrasividad Cerchar que se obtengan en ensayos a lo largo de cada tramo en la obra, y que se aplicará al precio unitario inicial tal y como se recoge en el Documento nº3 PPTP.

Las afecciones a terceros por vibraciones que ocasionaría la voladura en mucho mayor medida que cualquier otro método, es el principal motivo para descartarlo.

10.2 MÉTODO DE EJECUCIÓN

El sistema propuesto para la ejecución de las obras subterráneas es el Nuevo Método Austríaco (NATM), que consiste básicamente en:

- Utilizar la propia roca como elemento resistente.
- Utilizar métodos de excavación que minimicen el daño inferido al macizo rocoso. En este caso se ha optado por la rozadora, en ningún caso se prevé la utilización de voladura
- Colocar sostenimientos inicialmente flexibles que protejan al macizo de los posibles daños (decohesión, meteorización, pérdida de dilatancia) y ejecutarlos a la velocidad adecuada en cada tipo de roca para evitar el comienzo de daños.
- Controlar mediante instrumentación la influencia del tiempo en el comportamiento de la masa rocosa.
- Construir el revestimiento definitivo, cuando sea necesario, lo suficientemente flexible con objeto de minimizar los momentos flectores.

10.2.1 FASES DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO

Para la ejecución de las obras subterráneas de mayores dimensiones (túnel de línea, cavernas de estación) se recurrirá a la excavación y sostenimiento por fases, lo cual es conveniente por varios motivos:

- Estabilidad del terreno: a menor sección de excavación, menores problemas de estabilidad. Cuando se excava una primera fase de dimensiones reducidas, los problemas que podría dar la roca serán menores y más fáciles de solucionar. Además, a la hora de excavar las siguientes fases ya se habrán detectado las zonas de mala calidad del macizo rocoso y se podrán disponer los medios adecuados para atravesarlas y estabilizarlas. Cuanto peor es la calidad de la roca, este aspecto es más determinante: en zonas de calidad muy mala no es posible excavar a sección completa.

- Alcance de la maquinaria: la maquinaria de uso habitual tiene un alcance limitado de 6 – 8 m salvo que se empleen modelos especiales. El excavar secciones de mayor altura dificulta las tareas de sostenimiento (gunitado, colocación de bulones, cerchas, etc.), así como de excavación según el método empleado.

- Rendimiento: mediante la excavación por fases pueden obtenerse mayores rendimientos, puesto que es posible que diferentes equipos trabajen simultáneamente en fases distintas, separados una cierta distancia. Puede conseguirse así un progreso más rápido que el que se conseguiría a sección completa.

En el caso de las **obras subterráneas del Grupo 1** la secuencia de excavación y sostenimiento será a sección completa.

En el caso de las **obras subterráneas del Grupo 2** la secuencia de excavación y sostenimiento será a sección completa.

En el caso del **túnel de línea y demás obras subterráneas del Grupo 3** la secuencia de excavación y sostenimiento será:

- Avance

- Destroza

En el caso de la **caverna de estación, Grupo 4,** la secuencia de excavación y sostenimiento será:

- Perforación de un túnel de avance a partir del túnel de vía doble, a lo largo de la caverna y en su coronación, en el cual se instala el sostenimiento definitivo.

- Ensanchamiento del túnel de avance alternativamente a izquierda y derecha hasta la anchura total de caverna e instalación del sostenimiento.
- Excavación de la zanja central de forma continua.
- Ensanchamiento del túnel en su zona baja, de manera alternativa a izquierda y derecha hasta la sección total del túnel dando continuidad al sostenimiento.
- Excavación de la contrabóveda de la caverna y finalización del sostenimiento

10.3 EXCAVACIÓN DE LOS CONDUCTOS VERTICALES (RAISE BORING)

En el tramo Aperribai – Galdakao se han previsto varias obras subterráneas que llevan aparejada la excavación de conductos verticales: pozo del ascensor en la estación de Galdakao, conductos verticales de ventilación EBA y de emergencia de estación.

Estos conductos se ejecutarán mediante la técnica de raise boring, que consiste en efectuar una perforación con un vástago de pequeño diámetro (taladro piloto) y ampliar su diámetro en retroceso. En la ejecución del taladro piloto es fundamental que la desviación sea lo menor posible (inferior al 1%) puesto que esta se trasladará a los conductos finalmente ejecutados. Para evacuar los detritus del fondo del taladro se utilizará aire o agua. Una vez ejecutado el taladro, se procederá a perfilar la superficie de emboquille de la cabeza del escariador para evitar desviaciones y flexiones del tren de varillaje y se retirarán todos los estabilizadores excepto uno, del extremo de la sarta antes de colocar la cabeza del escariador con objeto de aumentar el par disponible para hacer girar la cabeza de corte. A continuación se iniciará el escariado al diámetro final, evitando que las irregularidades de la superficie del emboquille puedan torcer la cabeza y flectar el varillaje. Las roscas de las varillas se irán engranando a medida que éstas se van retirando. Al finalizar esta operación, se procederá a sujetar la cabeza al techo mediante vigas y cables para retirar la máquina.

La cabeza del escariador puede presentar varias configuraciones (plana, escalonada, abovedada, doble abovedada) y la elección del tipo más adecuado deberá ser justificada por el Contratista ya que esto condiciona el buen rendimiento del equipo.

En cuanto a los cortadores, teniendo en cuenta que la resistencia a compresión de las rocas en las que se desarrollará la excavación, podrán utilizarse discos cortadores (que pueden trabajar en rocas de muy variada resistencia: 7 – 300 MPa) cambiando el ángulo del filo del disco.

La sarta de perforación se diseña en cada caso con objeto de transmitir el máximo par y empuje sin que se produzcan fallos debidos al momento de flexión aplicado a los componentes de la sarta (para ello debe tenerse en cuenta que si la relación entre el diámetro de la cabeza y el

tamaño de la sarta es grande, los momentos de flexión son mayores y la frecuencia de fallos aumenta). Se tomarán una serie de medidas como inspeccionar periódicamente las zonas críticas para observar las posibles grietas por fatiga, verificar que el punto de emboquille del escariador sea aproximadamente de la misma forma que éste, comprobar que los estabilizadores no están gastados y realizar una inspección y mantenimiento de la sarta de perforación cada 2500 h de trabajo.

Una vez efectuada la excavación, se colocará una capa de hormigón proyectado de 3 cm de espesor en las paredes de los tubos a modo de sostenimiento primario. En función de lo que se observe durante la obra, podrá recurrirse también a un bulonado ocasional para estabilizar posibles bloques que corran el riesgo de movilizarse. Finalmente, se llevará a cabo el revestimiento, que consiste en una capa de hormigón en masa HM-30 de 0,27 m de espesor.

Estos conductos finalizan en el recinto superior de ventilación o en el cuarto de máquinas en el caso del ascensor (una cámara soterrada cuya solera se encuentra a una profundidad de varios metros con respecto a la superficie), y se estima que se excavarán con una contención perimetral de tipo pantalla desde superficie, no habiéndose previsto problemas de estabilidad en el inicio de la excavación.

11. TRATAMIENTOS ESPECIALES

Los tratamientos especiales se usan de forma puntual, con objeto de atravesar zonas muy concretas de terreno. Se aplicarán, eventualmente, diversos tipos, según la parte del túnel que sea necesario estabilizar: clave, frente o solera.

A continuación se describen los tratamientos especiales que podrían ser de aplicación en este caso:

11.1 TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN DE LA CLAVE

- Enfilaje de bulones: Consiste en la disposición de bulones en la parte alta del frente, inclinados 10º – 15º hacia delante, para evitar sobreexcavaciones en clave. Con ello se cosen por delante del frente las cuñas que pudieran producirse en la zona de clave en avances posteriores, siendo útil en zonas de roca muy fracturada. Cuando la zona a atravesar es muy amplia, se colocan paraguas sucesivos con un solape de 2 m. Pueden emplearse bulones ϕ32.

  Podría ser de aplicación en las siguientes zonas: PK 1+773 a PK 1+793 y PK 1+994 a PK 2+014, PK 2+020 a 2+313, PK 2+353 a 2+540, PK 2+540 a 2+560, PK 3+170 a 3+190, PK 3+210 a 3+300, PK 3+470 a 3+684 y PK 3+973 a PK 4+340, y en las zonas de falla entre los PKs 3+540 y 3+560, PKs 3+365 y 3+685 y PKs 3+450 y 3+470. También en las galerías de emergencia de Olabarrieta y Abusu.

- Paraguas de micropilotes (pesado): Consiste en la colocación de micropilotes paralelos al túnel en la parte alta del frente. Los micropilotes serán de camisa de 114 mm de diámetro y espesor de 3 – 4 mm, inyectados con lechada en perforación de 150 mm de diámetro. Este paraguas actúa como una viga, por lo que será necesario apoyarlo en cerchas conforme se amplía el avance. Se aplica en zonas de roca muy fracturada o alterada, en la que se produce desprendimientos o decompresiones importantes en la bóveda al realizar la excavación. Si la zona a atravesar es amplia, se colocan paraguas sucesivos con un solape de 2 m mínimo.

  Podría ser de aplicación en las siguientes zonas: tramo entre los PK 2+313 y 2+353, tramo entre los PKs 2+830 y 2+850 y tramo entre los PKs 2+920 y 3+100. También en la zona de falla entre el PK 3+190 y el PK 3+210, y en la caverna de la estación.

- Gunita sobreacelerada: cuando se produzca una descompresión en el terreno que genere un desprendimiento progresivo de la bóveda, se podrá emplear gunita sobreaclereada para contener esta rotura. Este tipo de hormigón proyectado presenta

una dosificación de acelerante superior a la gunita normal, lo que le permite desarrollar altas resistencias iniciales. No es conveniente abusar del acelerante, ya que en altas dosificaciones puede impedir que se alcance la resistencia deseada a los 28 días. Es preferible aplicarla por vía seca, ya que la alta velocidad de proyección de esta técnica mejora la resistencia a largo plazo.

Podría ser de aplicación en las siguientes zonas: tramo entre los PK 2+313 y 2+353, entre los PKs 2+920 y 3+100 y entre los PKs 3+170 a 3+190 y PK 3+210 a 3+300.

11.2 TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN DEL FRENTE

- Machón central: Consiste en no excavar el frente en su totalidad, dejando en el centro del mismo un contrafuerte o machón que resista los posibles empujes del terreno del frente. Los hastíales y la clave deben quedar en su posición, con objeto de poder colocar el sostenimiento.

  Podría ser de aplicación en el tramo entre los PKs 2+313 y 2+353 y en el tramo entre los PKs 2+920 y 3+100.

- Sellado del Frente: consiste en realizar un gunitado del frente con un espesor de 5 cm. Con ello se consigue que el terreno no se altere ni se descomprima, y también que las posibles entradas de agua puedan lavar las juntas o arrastrar roca suelta. Otra ocasión en que podría ser de aplicación este tratamiento es en caso de que se paralice o ralentice la excavación en avance y se considere oportuno para incrementar la seguridad (formación de cuñas potencialmente inestables en el frente, ó en terreno de calidad baja).

  Podría ser de aplicación en las siguientes zonas: tramo entre los PKs 1+773 a 1+793, PKs 1+994 a 2+014, PKs 2+020 y 2+313, PKs 2+353 y 2+540, PKs 2+920 y 3+100, PKs 3+170 a 3+190, PKs 3+210 a 3+300, PKs 3+470 y 3+684, y en zonas de falla (PKs 2+313 a 2+353, PK 2+540 a 2+560, PK 2+830 a 2+850 y PK 3+190 a 3+210). También en las galerías de emergencia de Olabarrieta y Abusu.

11.3 TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN DE LA SOLERA

Estos tratamientos podrían ser de aplicación eventual en la caverna de la estación de Galdakao, fundamentalmente por evitar al máximo las deformaciones excesivas más que por esperarse zonas de calidad muy mala del macizo.

- Contrabóveda provisional: Consiste en excavar la solera en sección de avance o destroza con forma de arco y no plana, para facilitar la transmisión de las tensiones

horizontales al terreno. Se emplea en zonas de materiales muy alterados en los que las convergencias son difíciles de detener por otros medios. Será de hormigón armado.

- Pata de elefante: Este recurso se utiliza cuando el terreno de solera es flojo y no puede resistir las cargas verticales que le transmite el sostenimiento (fundamentalmente, las cerchas). Con la pata de elefante se aumenta la superficie de carga y además se puede excavar la siguiente fase del túnel sin descalzar el sostenimiento de la anterior.

11.4 TRATAMIENTOS FRENTE A INFILTRACIONES DE AGUA

Estos tratamientos podrían ser de aplicación los tramos en los que el túnel transcurre por las cercanías del río Nervión y aproximadamente a su cota o ligeramente por debajo, por lo que podría haber presencia de agua en el macizo relacionada con el régimen del río. Se trata de los tramos entre los PKs 2+920 y 3+100 y entre los PKs 3+170 y 3+300. También se ha considerado una posible aplicación de estas medidas entre los PKs 3+470 y 4+000.

- Drenaje y agotamiento de grandes caudales: permite eliminar las aguas a presión existentes dentro del macizo rocoso. El efecto más perjudicial del agua en el terreno es el de favorecer los deslizamientos de cuñas y bloques actuando en las juntas de la roca y disminuyendo la cohesión del relleno de éstas. También se logra gracias a los drenajes concentrar en unos pocos puntos la entrada de agua al túnel, con lo que se facilita enormemente el gunitado y en general todos los trabajos de excavación y sostenimiento. Se llevarán a cabo taladros o sondeos radiales para instalar drenes donde se haya detectado afluencia de agua importante.

- Inyecciones perimetrales: se realizan en el contorno del túnel, tanto en bóveda como en hastíales y solera, con la finalidad de aislar hidráulicamente al túnel de algún acuífero o zona cargada de agua que pueda localizarse. Las inyecciones serían repetitivas mediante la técnica de tubo manguito. Los parámetros de inyección deberán ajustarse en cada caso (presión límite, relación agua cemento, pasadas de inyección, espaciado, replanteo de los taladros, etc.).

12. CONTROL GEOTÉCNICO Y AUSCULTACIÓN

En las obras subterráneas es imposible alcanzar a priori un conocimiento preciso de las características geológicas y geotécnicas del terreno que se verá afectado por la excavación. Por este motivo, durante la redacción del proyecto es obligado estimar y extrapolar datos geológicos y geotécnicos, así como asumir simplificaciones, especialmente en los parámetros y esquemas de cálculo estructural del túnel.

La técnica moderna de diseño y ejecución de túneles requiere de un sistema de toma de datos geológicos y geotécnicos en obra que permita contrastarlos con los datos estimados durante la redacción del proyecto, detectar divergencias y recalcular estructuralmente el túnel en caso de que sea necesario, modificando y adecuando a las condiciones reales los sostenimientos a aplicar.

Este aspecto es fundamental en casos como el que nos ocupa, en el que los túneles se proyectan y ejecutan según el Nuevo Método Austriaco (NMA), ya que forma parte de su planteamiento el seguimiento geotécnico, el control de ejecución y la auscultación en continuo durante la ejecución, con objeto de validar y/ó ajustar las medidas de sostenimiento y secuencia de ejecución en función del grado de aproximación de las condiciones y comportamientos reales a lo estimado en el proyecto. El incumplimiento del exhaustivo seguimiento y control en obra desvirtúa el método y es por tanto imprescindible llevarlo a cabo.

12.1 CONTROL GEOTÉCNICO

Es necesario realizar un control geotécnico mediante inspección directa del terreno durante la excavación. Dicho control se llevará a cabo por personal especializado que actuará a pie de obra.

El control geotécnico de los frentes de excavación tiene como objetivos:

- Valorar las condiciones geotécnicas del terreno, recopilando y registrando los datos obtenidos.
- Relacionar estos datos con los procedentes de la auscultación y otros posibles ensayos realizados.
- Comprobar que el tipo de sostenimiento definido en el proyecto es el adecuado en función de la calidad geotécnica de la roca observada en el frente de excavación.

El especialista situado a pie de obra realizará una inspección del frente que le permitirá caracterizar el terreno que se excava y determinar la calidad del macizo. Se levantará el frente en cada pase de excavación.

Con el fin de facilitar la labor del especialista y tener un seguimiento correcto del control geotécnico, la caracterización del macizo rocoso se recogerá en unas fichas en las que se indicará la geología observada en el contorno de la excavación y en el frente, el tipo de roca que se observa, su densidad aproximada, grado de meteorización, presencia de agua, orientación, espaciamiento y estado de discontinuidades, resistencia a compresión simple y RQD. Sobre la base de estos datos se determinará el índice de calidad RMR de Bieniawski, no pudiéndose modificar el sistema de clasificación geomecánica ni estimar el índice RMR a partir de correlaciones matemáticas con otros índices. Igualmente se registrarán todos los datos procedentes de la auscultación que, a juicio del especialista, resulten relevantes.

12.2 AUSCULTACIÓN

Se conoce por auscultación al conjunto de labores necesarias para el control del comportamiento de una excavación subterránea, centrándose en la observación sistemática del comportamiento estructural de las secciones de sostenimiento y en la vigilancia de transiciones o accidentes geológicos particulares de la traza.

Los datos de instrumentación deben estar correlacionados con las observaciones geológicas de la excavación realizadas por personal especializado. Se llevará a cabo un seguimiento, evaluación e interpretación inmediata de todos los datos de auscultación. De esta forma es posible la interpretación correcta de la auscultación y se agilizan la toma de decisiones y acciones correctivas necesarias.

12.2.1 PARÁMETROS DE CONTROL

La función básica de la auscultación es medir los movimientos en el terreno, centrándose en el control a lo largo de los túneles de los siguientes parámetros:

- Desplazamientos en el contorno del túnel: En el presente proyecto, esta es la función básica de la auscultación. Consiste en la medición de la deformación relativa entre puntos interiores a la sección excavada (convergencias). Se controlará tanto el valor de la deformación como la velocidad de deformación, instalándose a lo largo del túnel una serie de estaciones de convergencia.

- Movimientos en el interior del macizo rocoso: Se medirán en aquellos puntos donde se desee llevar a cabo un control más exhaustivo de la excavación (secciones singulares, zonas de falla, etc.). Consiste en el control de la deformación en el trasdós

de la excavación como respuesta a la relajación tensional del terreno o descompresión. Se instalarán extensómetros de varillas e inclinómetros.

- Desplazamientos y deformaciones en superficie: Se medirán los movimientos, tanto horizontales como verticales del terreno y se controlarán las estructuras y edificios potencialmente afectados.

También se considera oportuno llevar a cabo una inspección de las edificaciones y estructuras de la zona previamente al inicio de las obras con objeto de conocer su estado (existencia de posibles patologías) y características, y contar con información de partida para valorar posibles incidencias durante la excavación del túnel.

12.2.2 TIPOS DE INSTRUMENTOS, CARACTERÍSTICAS Y COLOCACIÓN

Los equipos que se emplearán en la auscultación del túnel son los siguientes:

Medida de desplazamiento en el contorno del túnel

- CINTA DE CONVERGENCIA Y PERNOS

Es el equipo que se emplea para realizar medidas de convergencia. Estas medidas se basan en la determinación de la variación que experimenta la medida de la distancia existente entre dos puntos del túnel y representan por tanto el movimiento de forma cualitativa. Dicha determinación es suficiente ya que realmente lo que se busca es conocer si la deformación se estabiliza y el tiempo que tarda en hacerlo. También servirá de elemento de comparación de las distintas calidades geomecánicas de la roca.

La cinta de convergencia consiste en una cinta extensométrica de acero inoxidable con orificios equiespaciados de alta precisión con dos ganchos en cada uno de sus extremos, la cinta incorpora un dispositivo de tensado y un reloj comparador con una resolución de 0,05 mm. La precisión será como mínimo de ± 0,1 mm en una luz de 30 m.

La instalación del equipo consiste en la colocación de pares de pernos anclados mediante resina al terreno.

En cada sección de control en túnel de línea se instalarán un total de 5 pernos de medida. Durante la excavación de la sección de avance se instalarán dos pernos diametralmente opuestos respecto al eje del túnel, en los hastiales a 1,5 metros por encima de la base de la sección de avance y uno en la clave. Durante la excavación de la destroza se instalarán otros dos pernos en los hastiales diametralmente opuestos 1,5

metros por encima de la base de la sección de destroza. Esto también se aplicará en las salidas de emergencia de Olabarrieta y Abusu.

En la caverna de estación también se colocarán 5 pernos de medida con la misma filosofía que se ha descrito en el túnel de línea. Adicionalmente, se instalarán pernos provisionales en la galería de avance central (2 en los laterales y el de la clave, válido para sucesivas fases) y también en la destroza central (2 en los laterales).

Movimientos en el interior del macizo rocoso

- EXTENSÓMETRO DE VARILLAS

El objeto básico es conocer las deformaciones en el interior del macizo rocoso, debido a la relajación producida en el terreno por la excavación. Mediante el extensómetro se pueden conocer zonas comprimidas o traccionadas, zonas activas y planos de deslizamiento y zonas sin tensiones, además de tensiones, una vez conocidas las características de deformabilidad del macizo rocoso.

Los extensómetros son unos equipos que se instalan en taladros y consisten en un sistema de varillas y un reloj comparador que mide el movimiento relativo entre la cabeza del taladro y el extremo de la varilla que se ancla al terreno. En la boca del taladro se sitúa la cabeza lectora compacta y estanca, que incluye sensores potenciométricos de baja linealidad e inalterables en ambientes de alta humedad. Se trata de una medida de movimiento relativa.

El extensómetro que se empleará está formado por un taladro en el que se alojan 3 varillas de fibra de vidrio de reducido coeficiente de dilatación térmica y de distintas longitudes, las varillas están protegidas con una vaina de plástico excepto en su parte final, que será la que se ancle al terreno.

Los anclajes del extensómetro serán hidráulicos, unidos a la roca por medio de una lechada de cemento ligeramente expansiva y rica en agua. Cada anclaje hace posible la transmisión de movimientos a la cabeza del taladro mediante el varillaje.

El equipo debe ser capaz de detectar movimientos de hasta ±0.2 mm. Se realizarán las lecturas a distancia, desde una caja de registro accesible, no produciéndose pérdidas de precisión en la señal y de forma que no se interfiera en las labores propias del frente de trabajo.

Su instalación consiste en la perforación de un taladro de diámetro adecuado en el que se introduce el sistema de varillaje (102 mm aproximadamente). A continuación se

inyecta mortero en el taladro con lo que se consigue anclar cada varilla a profundidades distintas.

En la cabeza del taladro se coloca una pieza especial que permite leer la posición de cada varilla de forma automática mediante un potenciómetro, el cual puede estar conectado a un armario de control que centraliza las medidas.

Los extensómetros pueden ser de exterior o de interior, y es recomendable colocarlos coincidentes con las secciones de control de convergencias, para así contar con más datos y poder realizar un control más exhaustivo. Los extensómetros de interior se instalan desde la propia excavación y suelen disponerse tres: uno en clave y dos en bóveda-hastiales. Los de exterior se ejecutan en superficie, formando una alineación recta y si es posible también se instalan tres: uno sobre el eje del túnel en planta y dos junto a los hastiales o lo más cerca posible (la localización y ejecución de esta instrumentación está sujeta a la disponibilidad de espacio y posibilidad de medida posterior).

Movimientos en superficie

- HITOS DE NIVELACIÓN, DIANAS, REGLETAS DE NIVELACIÓN Y CLINÓMETROS DE PARED

El control de deformaciones en superficie se llevará a cabo mediante hitos de nivelación, así como dianas y clinómetros de pared para control de edificaciones y estructuras. En este caso, al transcurrir el túnel por zona urbana, es fundamental el conocimiento de estos parámetros.

Los hitos estarán empotrados en el terreno y se protegerán mediante tapa o arqueta herméticas.

En cuanto a los clinómetros, se colocarán anclados a la estructura a controlar y el sensor utilizado tendrá una resolución mayor de 0,001 grados.

Finalmente, las dianas y las regletas de nivelación se colocarán ancladas también a la estructura a controlar.

Tanto los hitos como las dianas estarán referenciados siempre a una base fija fuera de la zona de influencia de la excavación. La precisión de medida será de 1 mm.

12.2.3 PROPUESTA DE AUSCULTACIÓN. SECCIONES DE CONTROL Y ZONAS SINGULARES

En el Anejo 19, Incidencia en el entorno urbano, se recoge un inventario de los edificios existentes en las cercanías de la traza túnel de línea (en una franja de 2 diámetros a cada lado del túnel en planta y de dos diámetros sobre clave en alzado). Como puede observarse, este tramo transcurre en parte bajo el casco urbano de Galdakao, y por tanto existen edificios de viviendas de diferente entidad sobre la traza o en sus cercanías. También transcurre bajo la Autopista A-8 y junto a varios aparcamientos subterráneos de reciente construcción. La cobertera es bastante variable, por lo que en algunos casos esta se considera suficiente como para no disponer un control exhaustivo a priori de las estructuras o servicios que hay en superficie y sin embargo en otros sí es necesario pensar en una auscultación de los mismos.

En el plano 19. Auscultación del Documento nº2 Planos se recoge una planta del trazado en la que se recopilan y señalan todas las medidas y sistemas de auscultación propuestos, tanto a cielo abierto (que queda fuera del ámbito del presente Anejo) como de los tramos excavados en mina. Además, en el Plano 7.6 del Documento nº2 Planos se recogen los detalles de varios elementos de auscultación y las secciones de control de movimientos en el macizo propuestos.

Desplazamiento en el contorno del túnel

Las secciones de auscultación con convergencias se instalarán sistemáticamente cada 25 m de túnel, reduciéndose hasta los 10 m en aquellas zonas donde se prevean mayores dificultades (cercanas a fallas, entronques, etc.). y eventualmente en otros puntos que la Dirección de Obra considere de interés. A criterio de la Dirección de Obra la distancia de 25 m podrá variar, pero en ningún caso deberá superar los 40 m. Se instalará al menos una sección de medida en los 10 primeros metros de túnel, con el fin de controlar los movimientos en la zona de emboquille.

En concreto, en el tramo objeto del presente proyecto se ha previsto la instalación de secciones de medida de convergencias como se representa en el plano 19.1 del Documento nº2. Además de los pasos de falla estimados, cuya ubicación o extensión podría variar (lo cual debe ajustarse durante las obras), se ha previsto instalar secciones de control de convergencias cada 10 m en los entornos de las boquillas (tanto del túnel como de las galerías de emergencia), en los entronques del túnel de línea y las galerías de emergencia de Olabarrieta y Abusu, en zonas en las que el túnel transcurre por debajo de edificaciones con poca cobertera y en la caverna de la estación de Galdakao.

Movimientos en el interior del macizo rocoso

Los extensómetros se colocarán en puntos en los que se prevean las mayores deformaciones (zonas de calidad muy mala del macizo o de cobertera escasa, inferior a un diámetro de túnel, zonas de entronque del túnel con galerías de emergencia, etc.) y/o puedan afectar a terceros en

superficie (edificios, servicios, viales, etc.), y eventualmente allí donde la Dirección de Obra considere de interés.

La ventaja en el caso del túnel de línea de los extensómetros de exterior con respecto a los de interior es que los primeros pueden instalarse con antelación a que la excavación del túnel llegue a la zona y es posible así controlar la evolución de los movimientos en un período de tiempo más largo y ver la influencia del paso del frente por la zona. Los extensómetros de interior sólo pueden ejecutarse una vez excavada la sección, por lo que proporcionan menos información en estos puntos cuyo control es importante.

- Extensómetros de exterior. Propuesta de secciones

  En el entorno del PK 2+340 se ha estimado una zona de falla que queda parcialmente bajo un edificio sin sótanos y donde la cobertera de roca sana sobre clave del túnel estimada es pequeña (apenas llega a los dos diámetros): se ha propuesto una sección de extensómetros de exterior, cada uno a un lado del edificio y de longitud total 25 m (anclajes de las varillas en roca a 25, 20 y 15 m).

  Esta misma circunstancia se da también en las cercanías de la Boquilla de salida a cielo abierto en Bengoetxe, donde existe una vivienda unifamiliar junto a la que se instalará, entre otras cosas, una sección de tres extensómetros de exterior: uno sobre el eje del túnel, de 8 m de longitud y anclajes de las varillas en roca a 8, 6 y 4 m, y dos a ambos lados de los hastiales, de 20 m de longitud y anclajes de las varillas a 20, 15 y 10 m.

  En el PK 3+200 se ha estimado la presencia de una zona de contacto mecánico en el que el macizo rocoso será de mala calidad, coincidente con un aparcamiento subterráneo en las cercanías del hastial izquierdo y de edificios de viviendas a ambos lados. Se ha propuesto la colocación de una sección de tres extensómetros de exterior: uno sobre el eje del túnel, de 15 m de longitud y anclajes de las varillas en roca a 15, 11 y 7 m, y dos a ambos lados de los hastiales, de 28 m de longitud y anclajes de las varillas a 28, 20 y 10 m. Lo mismo ocurre entre el PK 3+600 y la estación de Galdakao, donde se ha previsto la ejecución de varias obras de ventilación transversales al túnel y la cobertera de roca sana es del orden de 2 diámetros o incluso algo inferior. Se han propuesto dos secciones de extensómetros de exterior: en ambas se colocará un extensómetro sobre el eje de 15 m (anclajes de varillas a 15, 12,5 y 10 m) y uno a cada lado de los hastiales de 28 m (anclajes de varillas a 28, 20 y 10 m).

  La caverna de la estación de Galdakao se encuentra en gran parte bajo un bloque de viviendas de 8 plantas más 2 – 3 plantas de sótano. La cobertera de roca sana es del

orden de 10 m en algunos puntos, por lo que se considera necesario auscultar y controlar exhaustivamente el comportamiento de la excavación, del terreno circundante y de la estructura existente. Se ha previsto la instalación de extensómetros de exterior en los lugares en los que sea posible (el sótano se extiende en planta y no es factible ejecutar dichos extensómetros en una amplia zona alrededor del bloque): en una primera sección se instalará un extensómetro sobre el eje del túnel de 13 m de longitud (anclajes a 13, 11,5 y 10 m) y uno a cada lado de los hastiales de 30 m de longitud (anclajes a 30, 22 y 12 m). En la segunda sección, ya pasado el testero de la caverna, se instalará un extensómetro sobre el eje del túnel de 20 m de longitud (anclajes de varillas a 20, 14 y 8 m) y uno a cada lado de los hastiales de 31 m de longitud (anclajes a 31, 20 y 10 m).

Se instalarán tres extensómetros de exterior junto a una salida de ventilación de emergencia en el PK 3+875, localizada en la calle Zamakola, entre edificios muy cercanos. El situado sobre el eje del túnel tendrá una longitud de 18 m y anclajes de las varillas en roca a 18, 14 y 10 m; los dos laterales serán de 32 m con anclajes a 32, 22 y 12 m.

En el PK 3+940 se instalará una sección de dos extensómetros de exterior para auscultar el comportamiento del macizo junto al aparcamiento subterráneo existente sobre la traza del túnel. Uno de ellos se instalará sobre el eje del túnel, con 20 m de longitud (anclajes de varillas a 20, 15 y 10 m) y el otro en el lado del hastial derecho, de 32 m de longitud (anclajes de varillas a 32, 22 y 12 m).

A partir de aquí y hasta el final del tramo, la cobertera va aumentando desde los 30 m hasta superar los 45 m. No es de esperar que se produzcan problemas de subsidencia, no obstante, dada la sensibilidad del entorno se considera oportuno disponer elementos de control donde hay edificios sobre o muy cercanos a la traza: una sección iría en el PK 4+045, con un extensómetro sobre el eje de 18 m de longitud (anclajes de varillas a 18 m, 12 m y 6 m) y un extensómetro a cada lado de la traza de 33 m de longitud (anclajes de varillas a 33 m, 23 m y 13 m). Otra sección se sitúa en el PK 4+080 (junto al Ayuntamiento) y constará de un extensómetro sobre el eje de 18 m de longitud (anclajes de varillas a 18 m, 12 m y 6 m) y un extensómetro a cada lado de la traza de 33 m de longitud (anclajes de varillas a 33 m, 23 m y 13 m).

- Extensómetros de interior. Propuesta de secciones

En el interior de la caverna de la estación de Galdakao se instalarán secciones de control de convergencias cada 10 m y también extensómetros de interior en una de cada 2 secciones.

Se instalarán también extensómetros de interior en el túnel de línea, concretamente en las secciones de control de convergencias cada 10 m previstas en los entronques con las galerías de emergencia de Olabarrieta y Abusu y en los entronques con las obras singulares (ventilaciones de emergencia de estación y EBA). Además se instalarán en aquellos tramos de calidad muy mala del macizo rocoso (fallas, etc.) donde se realicen controles cada 10 m. Este mismo criterio se aplicará a las galerías de emergencia de Abusu y Olabarrieta.

Los extensómetros de interior propuestos se instalarán a una distancia al frente entre 0,5 – 1 diámetros y en todo caso dentro de las 24 horas siguientes a la finalización de la sección de sostenimiento de dicha sección. En cada sección se instalarán 3 extensómetros con longitud total de 6 m y anclajes en roca a 2, 4 y 6 m.

Movimientos en superficie

Se ha establecido una propuesta de elementos de medición que se recoge en el plano 23. Auscultación y Control del Documento nº2 Planos. La localización de los dispositivos de medida tiene en cuenta el entramado urbano, las edificaciones existentes y las zonas o tramos especialmente sensibles. Se plantean alineaciones transversales al túnel en planta, consistentes en hitos de nivelación en superficie combinados con dianas, regletas de nivelación y clinómetros de pared en algunos casos, en las fachadas de los edificios. Además, siempre se colocarán hitos junto a los extensómetros de exterior anteriormente propuestos, con objeto de dotarles de una referencia en cabeza al que asociar los posibles movimientos que registren.

A continuación se señalan los puntos singulares considerados a lo largo del trazado:

El túnel transcurre bajo la autopista A-8 con una cobertera del orden de 30 m en roca sana, por lo que no es de esperar que se produzcan problemas de subsidencia que puedan afectar a esta infraestructura. No obstante, a poca distancia de este cruce con la A-8 se ha estimado la existencia de una zona de falla, por lo que se ha previsto una sección control de subsidencias en superficie mediante hitos junto a la base del terraplén. Dicha zona de falla queda también parcialmente bajo un edificio sin sótanos, para cuyo control se ha propuesto también la colocación de dianas y regletas de nivelación en su fachada.

Esta misma filosofía se repite también en las cercanías de la Boquilla de salida a cielo abierto en Bengoetxe, donde se controla una vivienda unifamiliar con diana y regleta de nivelación en su fachada (junto a una sección de extensómetros de exterior). A pocos metros se propone disponer una sección de control de subsidencias en el vial que transcurre junto a la propia boquilla del túnel.

En el PK 3+200 se ha estimado la presencia de una zona de contacto mecánico en el que el macizo rocoso será de mala calidad, coincidente con un aparcamiento subterráneo en las cercanías del hastial izquierdo y de edificios de viviendas a ambos lados. Se ha propuesto la colocación de varias dianas y dos regletas de nivelación en las fachadas de los edificios, para completar la auscultación mediante extensómetros de exterior anteriormente propuesta (cada extensómetro lleva un hito de nivelación en cabeza, por lo que también se conforma una sección de control de subsidencias en superficie). Lo mismo ocurre entre el PK 3+600 y la estación de Galdakao, donde se ha previsto la ejecución de varias obras de ventilación transversales al túnel y la cobertera de roca sana es del orden de 2 diámetros o incluso algo inferior.

Como se ha expuesto anteriormente, la caverna de la estación de Galdakao es una zona a la que debe prestarse especial atención por los condicionantes que presenta (bajo un bloque de viviendas, reducida cobertera de roca sana).Se ha previsto la instalación de dianas y regletas de nivelación en los edificios circundantes y prismas de mayor precisión en la fachada del edificio bajo el que se excavará la caverna, así como de bases para medida con clinómetros de los desplazamientos angulares. También se contempla la ejecución de tres secciones de control de subsidencias (que coinciden donde es posible con las secciones de extensómetros de exterior ya indicadas).

Entre la estación de Galdakao y el PK 3+960 se ha previsto la colocación de dianas y regletas de nivelación en las fachadas de varios edificios existentes sobre la traza (aunque la cobertera de roca sana es superior a 2 diámetros, se ha previsto una obra de ventilación), así como de varias secciones de control de subsidencias en el entorno de un aparcamiento subterráneo de reciente ejecución.

A partir de ahí y hasta el final del tramo, se ha previsto la colocación de dianas en las fachadas de los siguientes edificios: cuatro dianasy una regleta de nivelación en el edificio de la calle Juan Bautista Uriarte que se encuentra sobre la traza en el PK 4+050 aproximadamente, dos dianas en la esquina sur del Ayuntamiento, cuatro dianas y una regleta de nivelación en un edificio de viviendas a la altura del PK 4+120 y también diana mas regleta de nivelación en los edificios localizados a la altura del PK 4+190 y del PK 4+280.

En los PKs 4+305 y 4+325 se localizan los entronques de la Salida de emergencia de Abusu con el túnel de línea. En esta zona singular y sobre la traza, se encuentra un edificio en el que se ha previsto la instalación de tres dianas y una regleta de nivelación en su fachada. Muy cercano a la traza del tramo peatonal de la salida de emergencia, se instrumentará también con dos dianas y una regleta de nivelación el edificio existente. Y finalmente, sobre la traza de la galería y en las inmediaciones del entronque ventilación-peatonal, hay un edificio de viviendas que se instrumentará con cinco dianas.

Movimientos en el terreno (trasdós de pantallas)

Para conocer el comportamiento del terreno en la boquilla de Abusu, se ha previsto la ejecución de tres inclinómetros, en cada una de las alineaciones de la pantalla prevista para contener la excavación que se ha proyectado en suelos. Las longitudes de estos inclinómetros serían de 10 m.

12.2.4 LECTURAS A REALIZAR Y FRECUENCIA

- Medidas de convergencia

  La medida de convergencias a realizar, tanto en el avance como en la destroza es la distancia entre los dos puntos de los hastiales y de cada uno de estos con la clave.

  El criterio de signos que se utilizará será el siguiente:

  - Convergencia positiva: cierre de la sección
  - Convergencia negativa: apertura de la sección

  Las medidas se empezarán a realizar a una distancia al frente entre 0,5 – 1 diámetro de la excavación, y en todo caso dentro de las 24 horas siguientes a la finalización de la instalación del sostenimiento de la sección.

  Los resultados se representarán en una serie de curvas convergencia - tiempo, convergencia - distancia al frente, velocidad de convergencia - tiempo y velocidad de convergencia - distancia al frente.

  La sección de medida debe colocarse lo más rápidamente posible tras la excavación, ya que si no se perderían gran parte de las deformaciones producidas: por lo general desde que se excava hasta que se puede medir la deformación se ha perdido un 50% del movimiento total.

  Las medidas se recogerán en un registro de lecturas, que además deberá contener los siguientes datos:

  - Identificación del tajo
  - Número de la sección instrumentada
  - PK
  - Cobertera de la sección
  - Tipo de terreno excavado

- Fecha de paso
- Distancia al frente al realizar la primera lectura
- Croquis de la sección con indicación de las lecturas a realizar
- Calidad del macizo atravesado (RMR)
- Sección tipo instalada
- Fecha de la completa y correcta ejecución del sostenimiento

Diariamente, el Contratista deberá suministrar a la Asistencia Técnica las medidas realizadas durante la jornada de trabajo anterior, en formato excel y con un archivo para cada sección de auscultación.

Las medidas del Contratista deberán ser realizadas en presencia de un vigilante de la Asistencia Técnica.

La unidad de Asistencia Técnica realizará mediciones de contraste en aquellas secciones de convergencia que considere necesario, para lo cual dispondrá de su propio equipo y realizará una medición inicial de todas las secciones de control.

Para las medidas de convergencia, la periodicidad de la toma de medidas deberá adaptarse a la evolución del comportamiento del terreno durante la ejecución. Como norma general se aplicarán los siguientes criterios:

Excavación de la sección de avance:

- En frentes activos, si la distancia del frente a la sección instrumentada es inferior a 30 m, se realizarán lecturas diarias.
- En frentes activos, si la distancia del frente a la sección instrumentada está entre 30 y 50 m, se realizará una lectura cada cuatro días naturales.
- Si la distancia del frente a la sección es mayor de 50 m, la frecuencia de lecturas se desarrollará de acuerdo con la siguiente tabla:

Frecuencia	Velocidad de deformación (V)
Diariamente	$V \geq 0{,}5$ mm/día
Una cada 4 días	$0{,}2$ mm/día $\leq V \leq 0{,}5$ mm/día
Una cada 14 días	$0{,}1$ mm/día $\leq V \leq 0{,}2$ mm/día
Una cada mes	$0{,}05$ mm/día $\leq V \leq 0{,}1$ mm/día

Frecuencia	Velocidad de deformación (V)
Una cada 2 meses	0,005 mm/día ≤ V ≤ 0,05 mm/día
Una cada 3 meses	Hasta la ejecución del revestimiento

Excavación de la sección de destroza:

Se volverá a realizar de nuevo una lectura diaria cuando a la excavación de la destroza le falten dos diámetros para alcanzar la correspondiente sección de convergencia. Una vez que la excavación sobrepase en dos diámetros dicha sección se aplicarán los mismos criterios de frecuencia que los utilizados para la sección de avance.

- Extensómetros de varillas

En los extensómetros de exterior, como ya se ha expuesto anteriormente, es posible su instalación y el inicio de la toma de medidas con antelación a que comience a notarse en esos puntos la influencia del frente de excavación. Así, puede conocerse la evolución de las deformaciones en el macizo en su estado original, durante el acercamiento del frente de excavación y con el progreso del mismo una vez superado ese punto y sostenida la sección.

Extensómetros de interior: Al igual que ocurre con las cintas de convergencias, es necesario realizar la medida en el menor plazo de tiempo posible tras la excavación, ya que gran parte del movimiento se pierde antes de que pueda ser registrado.

Para las medidas de movimientos en el interior del macizo, el criterio de signos que se utilizará será el siguiente:

- Deformación positiva: acortamiento
- Deformación negativa: extensión

Los resultados se representarán en una serie de curvas, como deformación - tiempo y deformación - distancia al frente.

Las medidas se recogerán en un registro de lecturas, que además deberá contener los siguientes datos:

- Identificación del tajo
- Número de la sección instrumentada
- PK

- Cobertera de la sección
- Tipo de terreno excavado
- Fecha de paso
- Distancia al frente al realizar la primera lectura
- Croquis de la sección con indicación de las lecturas a realizar
- Calidad del macizo atravesado
- Sección tipo instalada
- Fecha de la completa y correcta ejecución del sostenimiento

El Contratista realizará de modo habitual las mediciones de las distintas secciones, para lo cual dispondrá de los aparatos adecuados. Diariamente el Contratista suministrará a la Asistencia Técnica las medidas realizadas durante la jornada de trabajo anterior, en formato excel y con un archivo para cada sección de auscultación.

Las mediciones por parte del Contratista deberán ser realizadas en presencia de un vigilante de la Asistencia Técnica.

La frecuencia de lecturas será la misma que se ha señalado para las medidas de convergencia. Se empleará para ello un equipo de automático de control centralizado.

Con las lecturas obtenidas mediante el extensómetro se realizarán dos tipos de gráficos: uno en el que se indica en el eje de abscisas el tiempo al origen en días y en el eje de ordenadas la deformación sufrida por cada anclaje en mm/m, y otro en el que se indica en abscisas la distancia al frente y en ordenadas la deformación sufrida por cada anclaje en mm/m.

Con los datos de los extensómetros, situados en clave y hastiales se dibujará un mapa de isolíneas más o menos concéntricas al eje de la galería en la que se establezca la distribución de las deformaciones en el entorno de la excavación.

- <u>Hitos, dianas, clinómetros de pared</u>

Para el control de movimientos en superficie y el control de edificios o estructuras, se llevará a cabo una medida inicial antes de que la excavación del túnel afecte a cada punto, y posteriormente se acompasarán con la toma de medidas de las secciones de interior y exterior coincidentes o más cercanas.

Se recogerán en gráficas las medidas obtenidas, representando los valores con el tiempo y también con la distancia del frente a cada punto de control.

APÉNDICE 7.1. TRAZADO EN PLANTA. OBRAS SUBTERRÁNEAS

OHARRAK :

NOTAS :

INICIO DE TRAMO 1+540

X= 510700

Y= 4787300

TUNEL DE LINEA INICIO TRAMO-BENGOETXE

GALERIA DE EMERGENCIA OLABARRIETA

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 2

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 1

X= 511000

Y= 4786800

TERMINO DE GALDAKAO

HOJA 1 HOJA 2 HOJA 3 HOJA 4 HOJA 5 HOJA 6

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO - PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR

eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR

MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/1000 EN DIN A1

0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI - GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI - GALDAKAO

PLANU - IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PLANTA

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.1
ORRIA / HOJA
1 SIGUE 2

\\srvdocler\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L517. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-01h01PLAN.dwg

OHARRAK :
NOTAS :

TUNEL DE LINEA INICIO TRAMO-BENGOETXE

GALERIA DE EMERGENCIA OLABARRIETA

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 1 — LINEA DE SOLAPO CON HOJA 2

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 2 — LINEA DE SOLAPO CON HOJA 3

BOQUILLA P.K. 2+573

X= 5'1600
Y= 4786900

X= 5'1000
Y= 4786800

HOJA 1 HOJA 2 HOJA 3 HOJA 4 HOJA 5 HOJA 6

ERMITA DE GALDAKAO

Troka Auzoa

Bengoetxe Auzoa

Barrio Fika Landa

Santa Marina Eliza

Coca-Cola

Femsa

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA:
ESCALA ORIGINAL
1/1000
EN DIN A1

0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PLANTA

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.1
ORRIA / HOJA
2 SIGUE 3

\\srvdocler\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-01h01PLAN.dwg

OHARRAK :
NOTAS :

TUNEL DE LINEA INICIO TRAMO-BENGOETXE

ESTACION DE BENGOETXE

OBRA SINGULAR VENTILACION DE EMERGENCIA 2 DE BENGOETETXE

TUNEL DE LINEA BENGOETXE-ESTACION GALDAKAO

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 2

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 3

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 4

BOQUILLA P.K. 2+573

BOQUILLA P.K. 2+759

X= 511600
Y= 4786900

X= 512000
Y= 4786400

HOJA 1 HOJA 2 HOJA 3 HOJA 4 HOJA 5 HOJA 6

\\servdocler\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-01h01PLAN.dwg

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP	OBRA
A	PROYECTO - PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

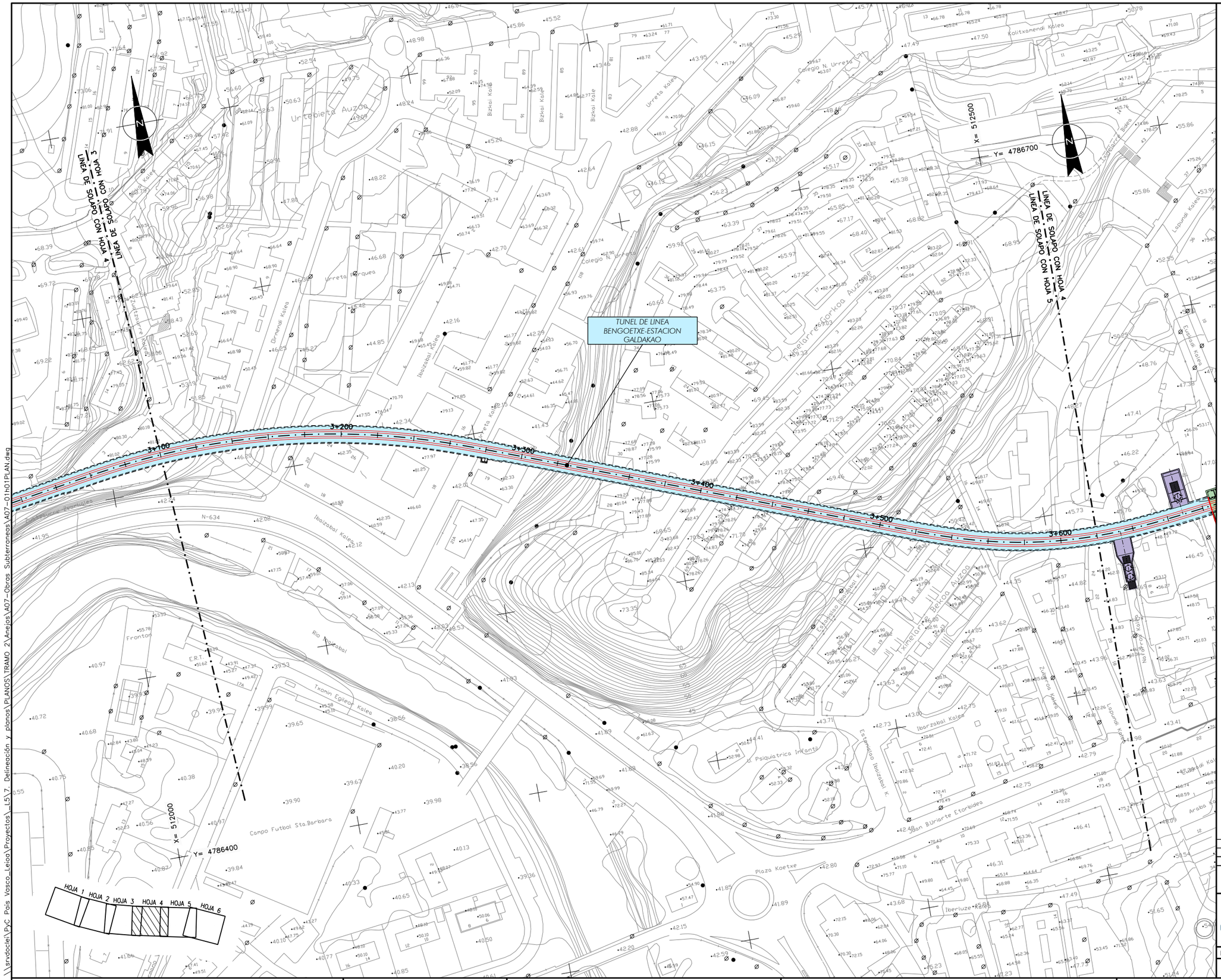
ESKALA ORIGINALA:
ESCALA ORIGINAL
1/1000
EN DIN A1

0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI - GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI - GALDAKAO

PLANU - IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PLANTA

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.1
ORRIA / HOJA
3 SIGUE 4



OHARRAK :
NOTAS :

REV.		FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR

eptisa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR

MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA:
ESCALA ORIGINAL
1/1000
EN DIN A1

0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PLANTA

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.1
ORRIA / HOJA
4 SIGUE 5

\\srvdocle\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-01h01PLAN.dwg

OHARRAK :
NOTAS :

OBRA SINGULAR CAÑON ACCESO PLAZA ROJA

TUNEL DE LINEA ESTACION GALDAKAO-FIN TRAMO

OBRA SINGULAR VENTILACION DE EMERGENCIA ZAMAKOA

OBRA SINGULAR ASCENSOR DE GALDAKAO

OBRA SINGULAR VENTILACION EBA DE GALDAKAO

ESTACION DE GALDAKAO

OBRA SINGULAR VENTILACION DE EMERGENCIA NAFARROA

OBRA SINGULAR CAÑON ACCESO J.B. URIARTE

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 4

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 5

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 6

P.K. 3+793.7

P.K. 3+684.3

X= 512500

Y= 4786700

X= 513000

Y= 4786300

HOJA 1 HOJA 2 HOJA 3 HOJA 4 HOJA 5 HOJA 6

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptsa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA:
ESCALA ORIGINAL
1/1000
EN DIN A1

0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PLANTA

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.1
ORRIA / HOJA
5 SIGUE 6

\\srvdocle\PyC Pois Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-01h01PLAN.dwg

SALIDA DE EMERGENCIA DE ABUSU

TUNEL DE LINEA ESTACION GALDAKAO-FIN TRAMO

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 5

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 6

FIN DE TRAMO 4+340

0+000

0+100

0+200

0+300

4+100

4+200

4+300

X= 513000

Y= 4786300

HOJA 1 HOJA 2 HOJA 3 HOJA 4 HOJA 5 HOJA 6

TERMINO DE GALDAKAO

OHARRAK :

NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP	OBRA
A	PROYECTO - PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR

eptisa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR

MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA:
ESCALA ORIGINAL
1/1000
EN DIN A1

0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI - GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI - GALDAKAO

PLANU - IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PLANTA

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.1
ORRIA / HOJA
6 SIGUE FIN

\\srvdocte\PyC País Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-01h01PLAN.dwg

APÉNDICE 7.2. PLANTA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- TMS/REMI Geofísica campañas anteriores.
- TMS-1 Tomografía sísmica Proyecto Constructivo.
- TME-1 Tomografía eléctrica Proyecto Constructivo.

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- RC Rellenos, obras lineales, viales principales, calles principales en medio urbano/ Sobre suelo cuaternario natural.
- RV Rellenos, ocupaciones medio urbano/ Sobre suelo cuaternario natural.
- RA Acumulaciones de rellenos de origen variado/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Al Depósito de Aluvial.
- Cv Depósito de Coluvial.
- Tz Depósito de Terraza.

ROCA, COMPLEJO URGONIANO (Albiense)

- CU-1 Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino/ Afloramiento en superficie.
- CU-2 Limolitas, margas y areniscas/ Afloramiento en superficie.

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- CS-4 Lutitas calcáreas negras. Pasadas de areniscas/ Afloramiento en superficie.
- CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas/ Afloramiento en superficie.

ROCA

- D-7 Dique de cuarzo/ Afloramiento en superficie.

HIDROLOGÍA

- Manantial/ Surgencia. Punto de interés hidrogeológico
- Alineaciones de roca observada en río
- Curso de agua intermitente.

ESTRUCTURA

- Dirección y cantidad buzamiento de S_0
- Dirección y cantidad buzamiento de S_1
- Dirección y cantidad buzamiento subhorizontal
- Juntas o diaclasas
- Dirección y cantidad buzamiento de S_0 invertido
- Interpretado o en sondeo
- Pliegue anticlinal
- Pliegue sinclinal
- Falla supuesta
- Fractura/ Zona de cizalla menor
- Contacto discordante

INESTABILIDADES

- Escarpe
- Deslizamiento
- Reptaciones
- Vuelco
- Planar
- Cuña
- Observadas en taludes rocosos excavados

PUNTOS DE OBSERVACIÓN

- PO-1 Punto de observación de la roca/ Estación geomecánica

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/1000 EN DIN A1

0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
CARTOGRAFIA GEOLOGICA–GEOTECNICA

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.2
ORRIA / HOJA
1 SIGUE 2

HOJA 1 HOJA 2 HOJA 3 HOJA 4 HOJA 5 HOJA 6

\\srvdoc1e\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A0

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- TMS/REMI Geofísica campañas anteriores.
- TMS-1 Tomografía sísmica Proyecto Constructivo.
- TME-1 Tomografía eléctrica Proyecto Constructivo.

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rc Rellenos, obras lineales, viales principales, calles principales en medio urbano/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Rv Rellenos, ocupaciones medio urbano/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Rs Acumulaciones de rellenos de origen variado/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Al Depósito de Aluvial.
- Cv Depósito de Coluvial.
- Tz Depósito de Terraza.

ROCA, COMPLEJO URGONIANO (Albiense)

- CU-1 Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino/ Afloramiento en superficie.
- CU-2 Limolitas, margas y areniscas/ Afloramiento en superficie.

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- CS-4 Lutitas calcáreas negras. Pasadas de areniscas/ Afloramiento en superficie.
- CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas/ Afloramiento en superficie.

ROCA

- D-7 Dique de cuarzo/ Afloramiento en superficie.

HIDROLOGÍA

- Manantial/ Surgencia. Punto de interés hidrogeológico
- Alineaciones de roca observada en rio
- Curso de agua intermitente.

ESTRUCTURA

- Dirección y cantidad buzamiento de S_0
- Dirección y cantidad buzamiento de S_1
- Dirección y cantidad buzamiento subhorizontal
- Juntas o diaclasas
- Dirección y cantidad buzamiento de S_0 invertido
- Interpretado o en sondeo
- Pliegue anticlinal
- Pliegue sinclinal
- Falla supuesta
- Fractura/ Zona de cizalla menor
- Contacto discordante

INESTABILIDADES

- Escarpe
- Deslizamiento
- Reptaciones
- Observadas en taludes rocosos excavados: Vuelco, Planar, Cuña

PUNTOS DE OBSERVACIÓN

- PO-1 Punto de observación de la roca/ Estación geomecánica

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

HOJA 1 HOJA 2 HOJA 3 HOJA 4 HOJA 5 HOJA 6

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/1000 EN DIN A1

0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
CARTOGRAFIA GEOLOGICA–GEOTECNICA

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.2
ORRIA / HOJA
2 SIGUE 3

\\srvdocle\PyC Pois Vasco_Leioa\Proyectos_LS\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-02h01CART.dwg

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- TMS/REMI Geofísica campañas anteriores.
- TMS-1 Tomografía sísmica Proyecto Constructivo.
- TME-1 Tomografía eléctrica Proyecto Constructivo.

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rc Rellenos, obras lineales, viales principales, calles principales en medio urbano/ Sobre suelo cuaternario natural.
- RV Rellenos, ocupaciones medio urbano/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Rs Acumulaciones de rellenos de origen variado/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Al Depósito de Aluvial.
- Cv Depósito de Coluvial.
- Tz Depósito de Terraza.

ROCA, COMPLEJO URGONIANO (Albiense)

- CU-1 Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino/ Afloramiento en superficie.
- CU-2 Limolitas, margas y areniscas/ Afloramiento en superficie.

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- CS-4 Lutitas calcáreas negras. Pasadas de areniscas/ Afloramiento en superficie.
- CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas/ Afloramiento en superficie.

ROCA

- D-7 Dique de cuarzo/ Afloramiento en superficie.

HIDROLOGÍA

- Manantial/ Surgencia. Punto de interés hidrogeológico
- Alineaciones de roca observada en rio
- Curso de agua intermitente.

ESTRUCTURA

- Dirección y cantidad buzamiento de S_0
- Dirección y cantidad buzamiento de S_1
- Dirección y cantidad buzamiento subhorizontal
- Juntas o diaclasas
- Dirección y cantidad buzamiento de S_0 invertido
- Interpretado o en sondeo
- Pliegue anticlinal
- Pliegue sinclinal
- Falla supuesta
- Fractura/ Zona de cizalla menor
- Contacto discordante

INESTABILIDADES

- Escarpe
- Deslizamiento
- Reptaciones
- Vuelco
- Planar
- Cuña

Observadas en taludes rocosos excavados

PUNTOS DE OBSERVACIÓN

- PO-1 Punto de observación de la roca/ Estación geomecánica

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO - PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR

MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

HOJA 1 HOJA 2 HOJA 3 HOJA 4 HOJA 5 HOJA 6

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/1000 EN DIN A1

0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI - GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI - GALDAKAO

PLANU - IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
CARTOGRAFIA GEOLOGICA-GEOTECNICA

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.2
ORRIA / HOJA
3 SIGUE 4

\\srvdocle\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L517. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-02h01CART.dwg

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- TMS/REMI Geofísica campañas anteriores.
- TMS-1 Tomografía sísmica Proyecto Constructivo.
- TME-1 Tomografía eléctrica Proyecto Constructivo.

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rc Rellenos, obras lineales, viales principales, calles principales en medio urbano/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Rv Rellenos, ocupaciones medio urbano/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Ra Acumulaciones de rellenos de origen variado/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Al Depósito de Aluvial.
- Cv Depósito de Coluvial.
- Tz Depósito de Terraza.

ROCA, COMPLEJO URGONIANO (Albiense)

- CU-1 Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino/ Afloramiento en superficie.
- CU-2 Limolitas, margas y areniscas/ Afloramiento en superficie.

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- CS-4 Lutitas calcáreas negras. Pasadas de areniscas/ Afloramiento en superficie.
- CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas/ Afloramiento en superficie.

ROCA

- D-7 Dique de cuarzo/ Afloramiento en superficie.

HIDROLOGÍA

- Manantial/ Surgencia. Punto de interés hidrogeológico
- Alineaciones de roca observada en rio
- Curso de agua intermitente.

ESTRUCTURA

- Dirección y cantidad buzamiento de S_0
- Dirección y cantidad buzamiento de S_1
- Dirección y cantidad buzamiento subhorizontal
- Juntas o diaclasas
- Dirección y cantidad buzamiento de S_0 invertido
- Interpretado o en sondeo
- Pliegue anticlinal
- Pliegue sinclinal
- Falla supuesta
- Fractura/ Zona de cizalla menor
- Contacto discordante

INESTABILIDADES

- Escarpe
- Deslizamiento
- Reptaciones
- Vuelco
- Planar
- Cuña

Observadas en taludes rocosos excavados

PUNTOS DE OBSERVACIÓN

- PO-1 Punto de observación de la roca/ Estación geomecánica

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR	REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/1000 EN DIN A1

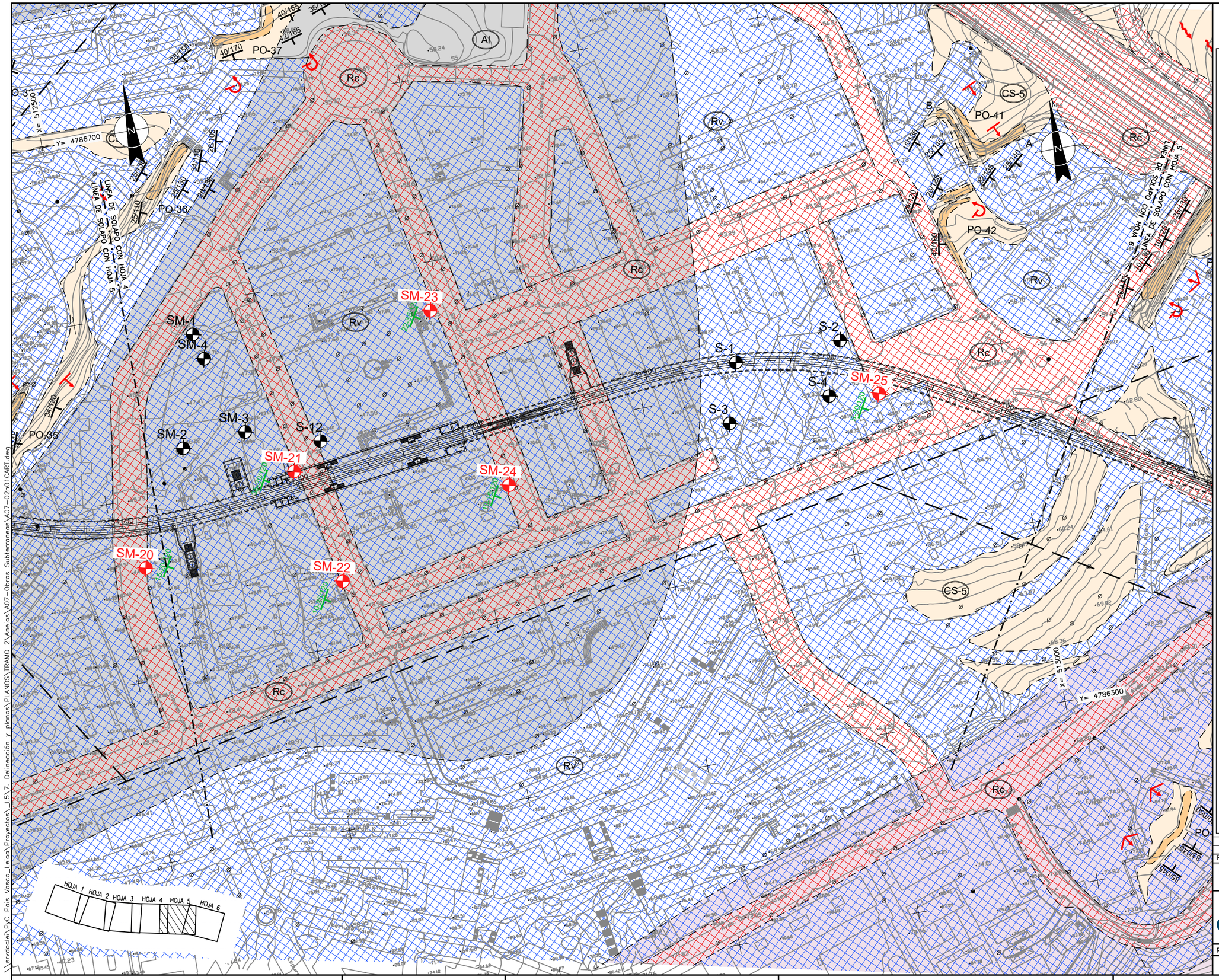
0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SITUACION DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.2
ORRIA / HOJA
4 SIGUE 5

\\srvdocle\PyC País Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-02h01CART.dwg



OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- TMS/REMI Geofísica campañas anteriores.
- TMS-1 Tomografía sísmica Proyecto Constructivo.
- TME-1 Tomografía eléctrica Proyecto Constructivo.

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rc — Rellenos, obras lineales, viales principales, calles principales en medio urbano/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Rv — Rellenos, ocupaciones medio urbano/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Rs — Acumulaciones de rellenos de origen variado/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Al — Depósito de Aluvial.
- Cv — Depósito de Coluvial.
- Tz — Depósito de Terraza.

ROCA, COMPLEJO URGONIANO (Albiense)

- CU-1 — Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino/ Afloramiento en superficie.
- CU-2 — Limolitas, margas y areniscas/ Afloramiento en superficie.

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- CS-4 — Lutitas calcáreas negras. Pasadas de areniscas/ Afloramiento en superficie.
- CS-5 — Alternancia de areniscas silíceas y lutitas/ Afloramiento en superficie.

ROCA

- D-7 — Dique de cuarzo/ Afloramiento en superficie.

HIDROLOGÍA

- Manantial/ Surgencia. Punto de interés hidrogeológico
- Alineaciones de roca observada en rio
- Curso de agua intermitente.

ESTRUCTURA

- Dirección y cantidad buzamiento de S_0
- Dirección y cantidad buzamiento de S_1
- Dirección y cantidad buzamiento subhorizontal
- Juntas o diaclasas
- Dirección y cantidad buzamiento de S_0 invertido
- Interpretado o en sondeo
- Pliegue anticlinal
- Pliegue sinclinal
- Falla supuesta
- Fractura/ Zona de cizalla menor
- Contacto discordante

INESTABILIDADES

- Escarpe
- Deslizamiento
- Reptaciones
- Observadas en taludes rocosos excavados: Vuelco, Planar, Cuña

PUNTOS DE OBSERVACIÓN

- PO-1 — Punto de observación de la roca/ Estación geomecánica

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptsa FUCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL
1/1000
EN DIN A1

0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
CARTOGRAFIA GEOLOGICA-GEOTECNICA

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.2
ORRIA / HOJA
5 SIGUE 6

\\srvdocliel\PyC País Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- TMS/REMI — Geofísica campañas anteriores.
- TMS-1 — Tomografía sísmica Proyecto Constructivo.
- TME-1 — Tomografía eléctrica Proyecto Constructivo.

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rc — Rellenos, obras lineales, viales principales, calles principales en medio urbano/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Rv — Rellenos, ocupaciones medio urbano/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Ra — Acumulaciones de rellenos de origen variado/ Sobre suelo cuaternario natural.
- Al — Depósito de Aluvial.
- Cv — Depósito de Coluvial.
- Tz — Depósito de Terraza.

ROCA, COMPLEJO URGONIANO (Albiense)

- CU-1 — Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino/ Afloramiento en superficie.
- CU-2 — Limolitas, margas y areniscas/ Afloramiento en superficie.

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- CS-4 — Lutitas calcáreas negras. Pasadas de areniscas/ Afloramiento en superficie.
- CS-5 — Alternancia de areniscas silíceas y lutitas/ Afloramiento en superficie.

ROCA

- D-7 — Dique de cuarzo/ Afloramiento en superficie.

HIDROLOGÍA

- Manantial/ Surgencia. Punto de interés hidrogeológico
- Alineaciones de roca observada en rio
- Curso de agua intermitente.

ESTRUCTURA

- Dirección y cantidad buzamiento de S_0
- Dirección y cantidad buzamiento de S_1
- Dirección y cantidad buzamiento subhorizontal
- Juntas o diaclasas
- Dirección y cantidad buzamiento de S_0 invertido
- Interpretado o en sondeo
- Pliegue anticlinal
- Pliegue sinclinal
- Falla supuesta
- Fractura/ Zona de cizalla menor
- Contacto discordante

INESTABILIDADES

- Escarpe
- Deslizamiento
- Reptaciones
- Vuelco
- Planar
- Cuña

Observadas en taludes rocosos excavados

PUNTOS DE OBSERVACIÓN

- PO-1 — Punto de observación de la roca/ Estación geomecánica

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptsa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/1000 EN DIN A1

0 10 30 50

ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

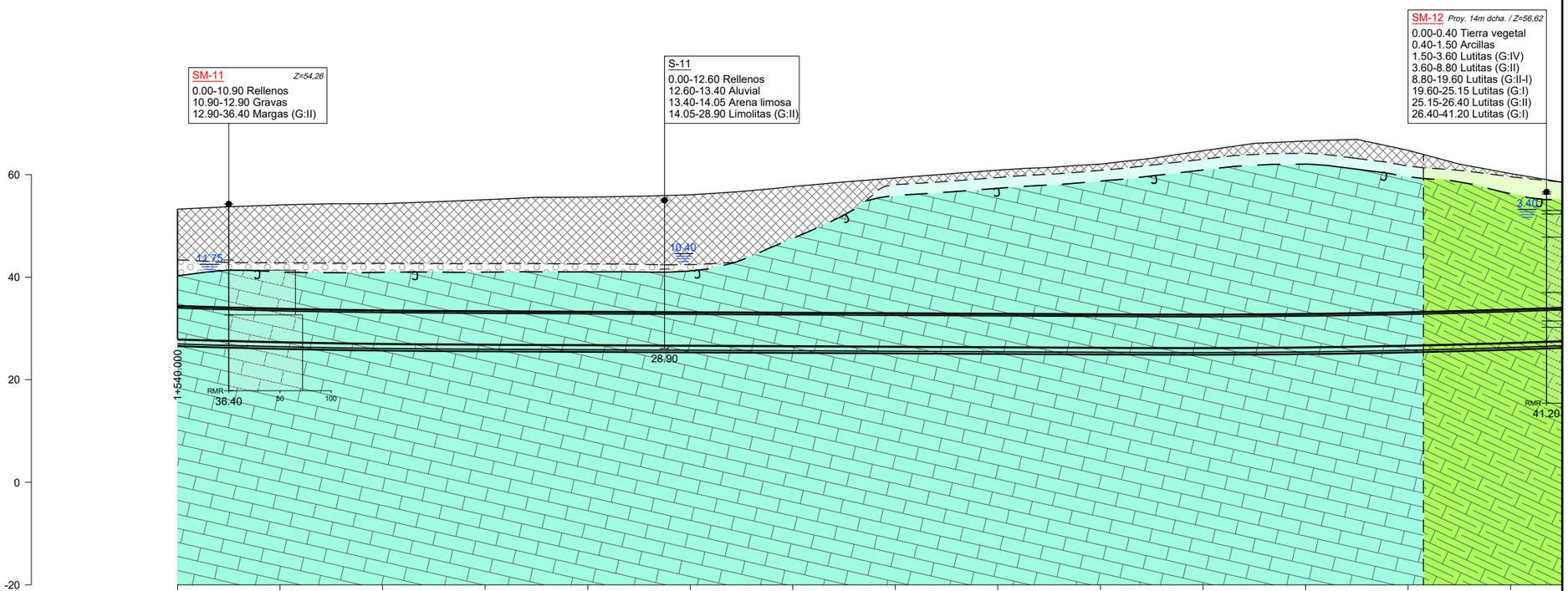
PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
CARTOGRAFIA GEOLOGICA-GEOTECNICA

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.2
ORRIA / HOJA
6 SIGUE FIN

\\srvdocdel\PyC País Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7 Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-02h01CART.dwg

APÉNDICE 7.3. PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO LONGITUDINAL



P.K.		
COTAS	RASANTE	TERRENO

TRAMO		Tunel en mina Aperribai-Bengoetxe		
FORMACION		CU-1: Margas, margocalizas y calcarenitas		→
DOMINIO ESTRUCTURAL		Dominio-7: S_o 25/060, J_1 79/303, J_2 65/200, J_3 85/115, J_{2A} 84/020		→
TUNEL EN MINA	MACIZO PERMEABILIDAD (cm/s)	K= $7.86x10^{-5}$ cm/seg.		K= $3.11x10^{-5}$ cm/seg.
	MACIZO CALIDAD (RMR)	37% 55<RMR<70; 63% RMR>70	100% RMR<20	→
	SOSTENIMIENTO TIPO	ST-Boquilla / 37% ST-2; 63% ST-I	100% ST-V	→
	EXCAVACION	Rozadora	Rozadora. Posible uso de excavadora	→
	OBSERVACIONES			
	LONGITUD (m)	12 m / 221 m	20 m	→
	TRATAMIENTOS ESPECIALES		Enfilaje de bulones. Sellado del frente.	→

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

SR- / SN- / S- Sondeo mecánico campañas anteriores.

DPSH- / P- Penetrómetros campañas anteriores.

SM-1 Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.

Contacto entre suelos y materiales meteorizados

Supuesto contacto roca sana G:II–I

Falla/contacto mecánico. Contacto entre formaciones

Nivel freático

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rellenos
- Aluvial; arcillas / gravas.
- Coluvial

ROCA, COMPLEJO URGANIANO (Albiense)

- Margas, margocalizos y calcarenitas. RG:V–III / RG:III–II — CU-1
- Limolitas, margas y areniscas. RG:V–III / RG:III–II — CU-2

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas. RG:V–III / RG:III–II — CS-4
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio lutitas — CS-5
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio areniscas

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/500 EN DIN A1

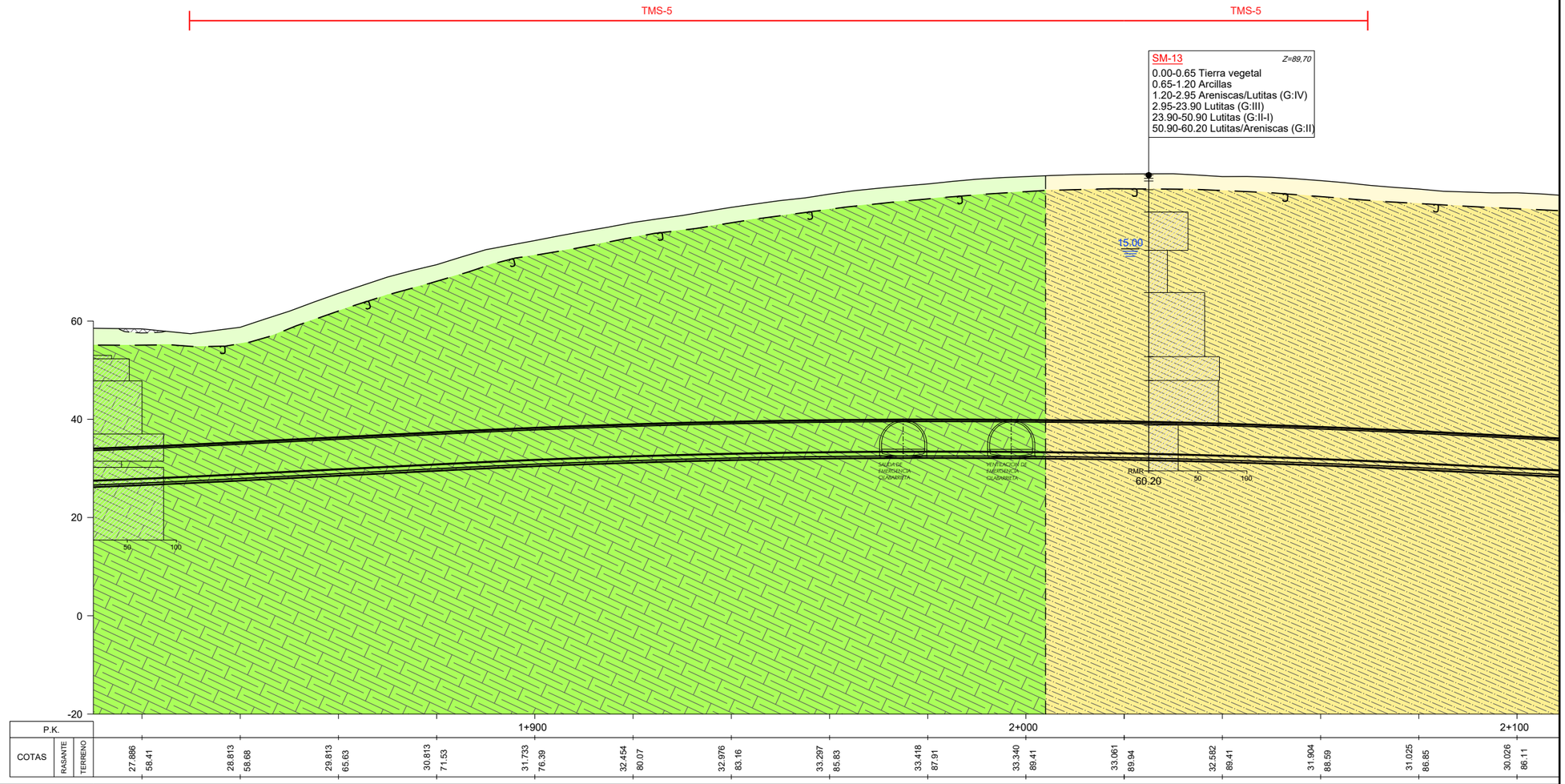
0 5 15 25
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRNEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
1 SIGUE 2

\\srvdocle\PyC Pois Vasco_Leioa\Proyectos_LS\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01h01LONG.dwg



TRAMO	Tunel en mina Aperribai-Bengoetxe				
FORMACION	CU-2: Lutitas, limolitas (margas y areniscas)			CS-4: Lutitas calcáreas negras (pasadas de arenisca)	
DOMINIO ESTRUCTURAL	Dominio-8: S_o 25/100, S_1 60/100, J_1 65/300, J_2 65/210, J_3 85/180			Dominio-9: S_o 25/180, S_1 73/072, J_1 73/301, J_2 50/206, J_3 67/163, J_{1A} 79/345	
TUNEL EN MINA – MACIZO – PERMEABILIDAD (cm/s)				K= 6.77×10^{-6}/ 2.06×10^{-4} cm/seg.	
TUNEL EN MINA – MACIZO – CALIDAD (RMR)	1.9% 20<RMR<45; 15.3% 45<RMR<55; 28.7% 55<RMR<70; 54.1% RMR>70		100% RMR<20	16.3% 10<RMR<20; 32.4% 20<RMR<45; 24.8% 55<RMR<70; 26.5% RMR>70	
TUNEL EN MINA – SOSTENIMIENTO TIPO	1.9% ST-IV; 15.3% ST-III; 28.7% ST-II; 54.1% ST-I	100% ST-IV	100% ST-V	16.3% ST-V; 32.4% ST-IV; 24.8% ST-II; 26.5% ST-I	
TUNEL EN MINA – EXCAVACION	Rozadora		Rozadora. Posible uso de excavadora	Rozadora	
TUNEL EN MINA – OBSERVACIONES		Entronque galerias de ventilacion y emergencia Olabarrieta			
TUNEL EN MINA – LONGITUD (m)	167.59 m	33.41 m	20 m	140.31 m	
TUNEL EN MINA – TRATAMIENTOS ESPECIALES	(1) Bulones adicionales ocasionales para estabilidad de cuñas		Enfilaje de bulones. Sellado del frente.	(1)	Bulones adicionales ocasionales para estabilidad de cuñas. Enfilaje de bulones. Gunitado del frente.

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- SR- / SN- / S- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- DPSH- / P- Penetrómetros campañas anteriores.
- SM-1 Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- Contacto entre suelos y materiales meteorizados
- Supuesto contacto roca sana G:II–I
- Falla/contacto mecánico. Contacto entre formaciones
- Nivel freático

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rellenos
- Aluvial; arcillas / gravas.
- Coluvial

ROCA, COMPLEJO URGANIANO (Albiense)

- Margas, margocalizos y calcarenitas. RG:V–III / RG:III–II — CU-1
- Limolitas, margas y areniscas. RG:V–III / RG:III–II — CU-2

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas. RG:V–III / RG:III–II — CS-4
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio lutitas — CS-5
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio areniscas

REV.		FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	
	CLASE DE MODIFICACION				

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/500 EN DIN A1

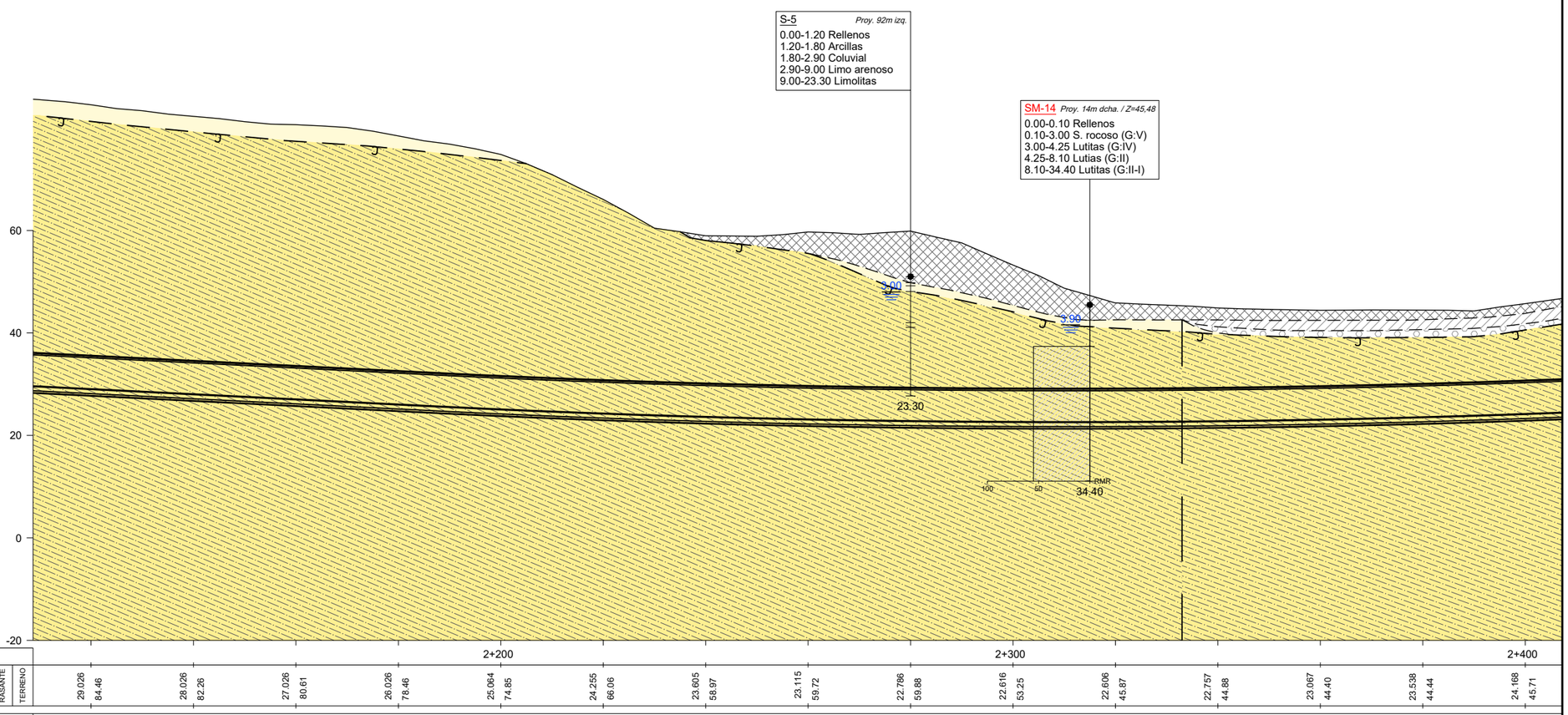
0 5 15 25
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRNEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
2 SIGUE 3

\\srvdocle\PyC Pois Vasco_Leioa\Proyectos_LS\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01h01LONG.dwg



TRAMO	Tunel en mina Aperribai-Bengoetxe					
FORMACION	CS-4: Lutitas calcáreas negras (pasadas de arenisca)					
DOMINIO ESTRUCTURAL	Dominio-9: S_0 25/180, S_1 73/072, J_1 73/301, J_2 50/206, J_3 67/163, J_{1A} 79/345					
TUNEL EN MINA – MACIZO – PERMEABILIDAD (cm/s)				K= $3.35x10^{-4}$ cm/seg.	K= $1.40x10^{-4}$ cm/seg.	
TUNEL EN MINA – MACIZO – CALIDAD (RMR)	16.3% 10<RMR<20; 32.4% 20<RMR<45; 24.8% 55<RMR<70; 26.5% RMR>70	10.9% 10<RMR<20; 21.6% 20<RMR<45; 49.8% 55<RMR<70; 17.7% RMR>70		100% 55<RMR<70	100% RMR<20	10.9% 10<RMR<20; 21.6% 20<RMR<45; 49.8% 55<RMR<70; 17.7% RMR>70
TUNEL EN MINA – SOSTENIMIENTO TIPO	16.3% ST-V; 32.4% ST-IV; 24.8% ST-II; 26.5% ST-I	10.9% ST-V; 21.6% VT-IV; 49.8% ST-II; 17.7% ST-I		100% ST-II	100% ST-V	10.9% ST-V; 21.6% ST-IV; 49.8% ST-II; 17.7% ST-I
TUNEL EN MINA – EXCAVACION	Rozadora					
TUNEL EN MINA – OBSERVACIONES						
TUNEL EN MINA – LONGITUD (m)	140.31 m	131.86 m		26.83 m	40 m	187 m
TUNEL EN MINA – TRATAMIENTOS ESPECIALES	Bulones adicionales ocasionales para estabilidad de cuñas. Enfilaje de bulones. Gunitado del frente.	Enfilaje de bulones. Gunitado del frente.		Enfilaje de bulones. Gunitado del frente.	Paraguas de micros. Gunitado del frente. Machón central en av. Gunita sobreacelerada.	Bulones adicionales ocasionales para estabilidad de cuñas. Enfilaje de bulones. Gunitado del frente.

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

SR- / SN- / S- Sondeo mecánico campañas anteriores.

DPSH- / P- Penetrómetros campañas anteriores.

SM-1 Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.

Contacto entre suelos y materiales meteorizados

Supuesto contacto roca sana G:II–I

Falla/contacto mecánico. Contacto entre formaciones

Nivel freático

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rellenos
- Aluvial; arcillas / gravas.
- Coluvial

ROCA, COMPLEJO URGANIANO (Albiense)

- Margas, margocalizos y calcarenitas. RG:V–III / RG:III–II (CU-1)
- Limolitas, margas y areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CU-2)

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CS-4)
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio lutitas (CS-5)
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio areniscas

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/500 EN DIN A1

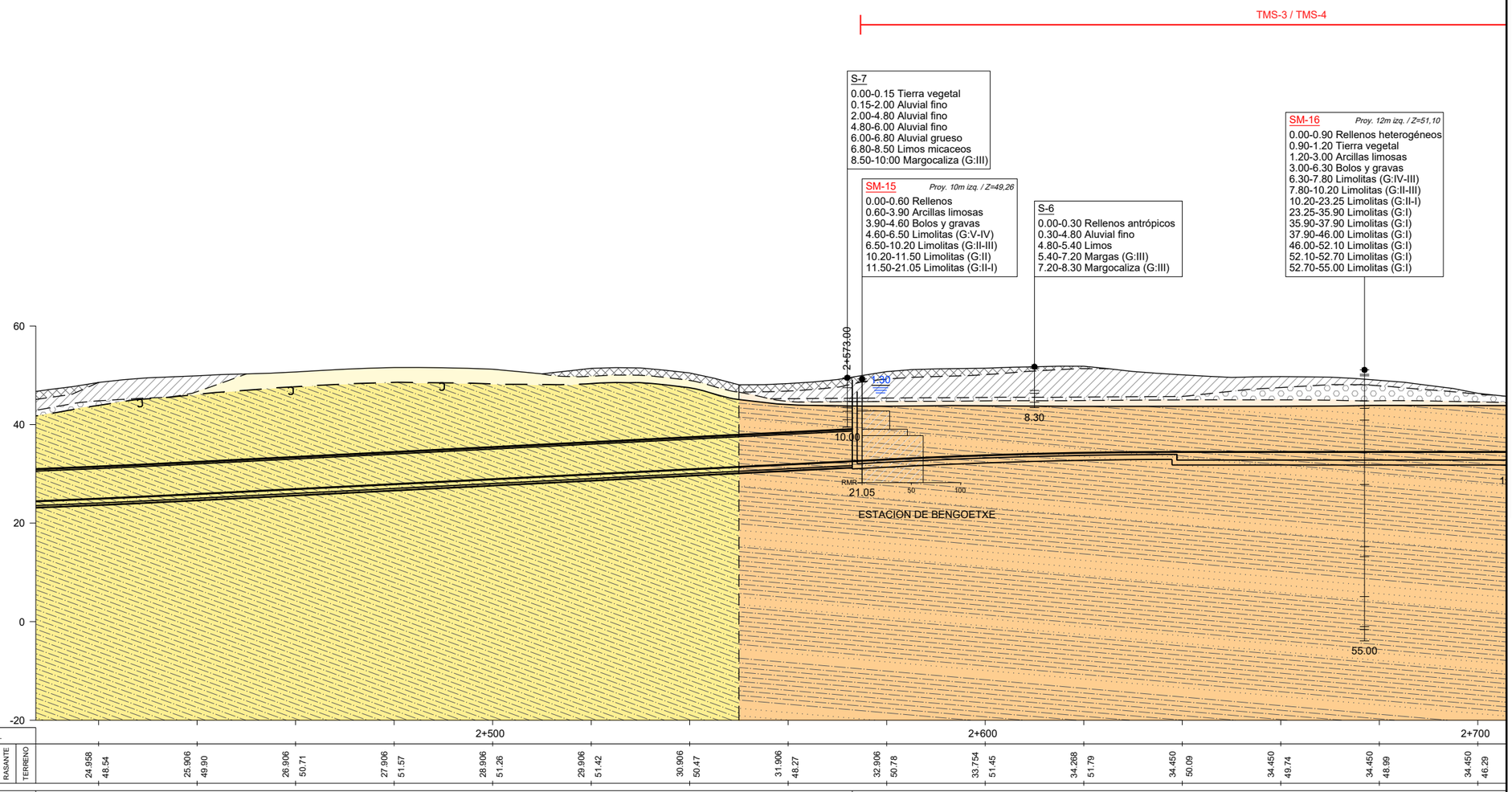
0 5 15 25
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRNEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
3 SIGUE 4

\\srvdocs\PyC País Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01h01LONG.dwg



TRAMO	Tunel en mina Aperribai-Bengoetxe			Tramo de ejecución a cielo abierto
FORMACION	CS-4: Lutitas calcáreas negras (pasadas de arenisca)		CS-5: Areniscas silíceas y lutitas	CS-5: Areniscas silíceas y lutitas
DOMINIO ESTRUCTURAL	Dominio-10: S_0 25/090, J_1 75/330, J_2 70/230, J_3 35/160, J_{1A} 59/020		→	Dominio-11: S_0 40/025, S_1 70/040, J_1 84/309, J_2 51/265, J_3 71/147, J_{3A} 81/115, J_{3B} 63/179, J_4 07/198
TUNEL EN MINA – MACIZO – PERMEABILIDAD (cm/s)				
TUNEL EN MINA – MACIZO – CALIDAD (RMR)	10.9% 10<RMR<20; 21.6% 20<RMR<45; 49.8% 55<RMR<70; 17.7% RMR>70	100% RMR<20		← 25.5% 20<RMR<45; 8.9% 45<RMR<55; 65.6% 55<RMR<70
TUNEL EN MINA – SOSTENIMIENTO TIPO	10.9% ST-V; 21.6% ST-IV; 49.8% ST-II; 17.7% ST-I	100% ST-V	ST-Boquilla	
TUNEL EN MINA – EXCAVACION	Rozadora	Rozadora. Posible uso de excavadora	Rozadora	
TUNEL EN MINA – OBSERVACIONES				
TUNEL EN MINA – LONGITUD (m)	187 m	21 m	12 m	
TUNEL EN MINA – TRATAMIENTOS ESPECIALES	Bulones adicionales ocasionales para estabilidad de cuñas. Enfilaje de bulones. Gunitado del frente.	Enfilaje de bulones. Gunitado del frente.		

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

SR- / SN- / S- Sondeo mecánico campañas anteriores.

DPSH- / P- Penetrómetros campañas anteriores.

SM-1 Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.

Contacto entre suelos y materiales meteorizados

Supuesto contacto roca sana G:II–I

Falla/contacto mecánico. Contacto entre formaciones

Nivel freático

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

Rellenos

Aluvial; arcillas / gravas.

Coluvial

ROCA, COMPLEJO URGANIANO (Albiense)

Margas, margocalizos y calcarenitas. RG:V–III / RG:III–II (CU-1)

Limolitas, margas y areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CU-2)

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CS-4)

Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio lutitas (CS-5)

Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio areniscas

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/500 EN DIN A1

0 5 15 25

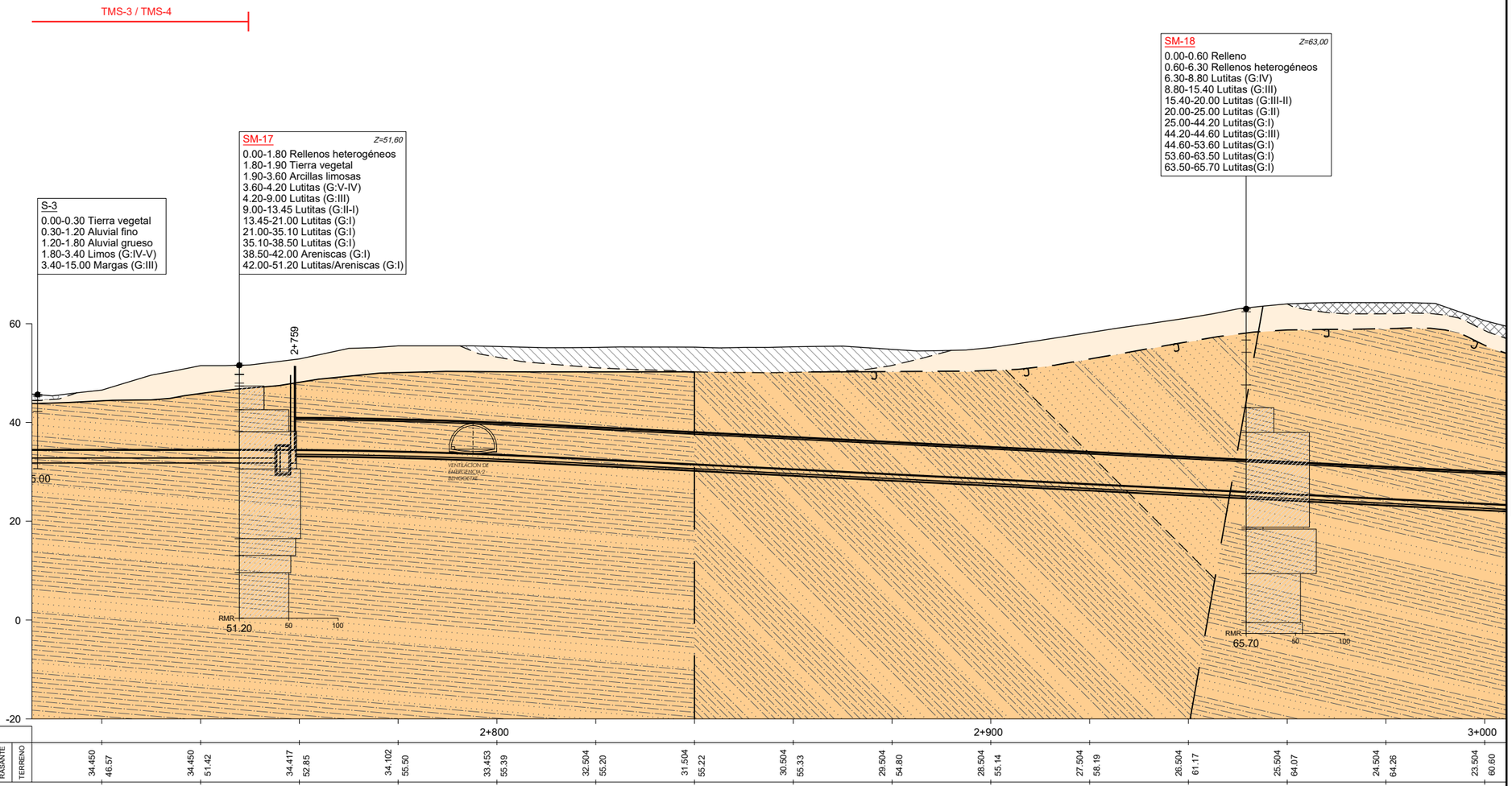
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRNEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
4 SIGUE 5

\\srvdocs\PyC País Vasco_Leioa\Proyectos_L517. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01h01LONG.dwg



TRAMO	Tramo de ejecución a cielo abierto		Tunel en mina Bengoetxe-Galdakao centro						
FORMACION							CS-5: Areniscas silíceas y lutitas	CS-5: Areniscas	CS-5: Areniscas silíceas y lutitas
DOMINIO ESTRUCTURAL	Dominio-11: S_o 40/025, S_1 70/040, J_1 84/309, J_2 51/265, J_3 71/147, J_{3A} 81/115, J_{3B} 63/179, J_4 07/198						Dominio-12: S_o 55/140, J_1 84/299, J_2 36/248, J_3 72/114, Falla 80/220		Dominio-13: S_o 70/180, J_1 66/299, J_2 70/241, J_3 66/123, J_{1A} 12/196, Falla 70-80/200
TUNEL EN MINA – MACIZO – PERMEABILIDAD (cm/s)	K= $1.68x10^{-4}$ cm/seg.								K= $2.63x10^{-4}$ cm/seg.
TUNEL EN MINA – MACIZO – CALIDAD (RMR)	10.2% 20<RMR<45; 36.5% 45<RMR<55; 53.3% 55<RMR<70				100% RMR<20	3.4% 10<RMR<20; 2.8% 20<RMR<45; 32.1% 45<RMR<55; 59.4% 55<RMR<70; 2.3% RMR>70		100% RMR<20	0.9% 10<RMR<20; 10.9% 20<RMR<45; 21.7% 45<RMR<55; 46.8% 55<RMR<70; 19.7% RMR>70
TUNEL EN MINA – SOSTENIMIENTO TIPO	ST-Boquilla	(*)	100% ST-IV	10.2% ST-IV (*) 36.5% ST-III 53.3% ST-II	100% ST-V	3.4% ST-V; 2.8% ST-IV; 32.1% ST-III; 59.4% ST-II; 2.3% ST-I		100% ST-V	0.9% ST-V; 10.9% ST-IV; 21.7% ST-III; 46.8% ST-II; 19.7% ST-I
TUNEL EN MINA – EXCAVACION	Rozadora. Posible empleo ocasional de m mecánicos (excavadora)					Rozadora. Posible empleo ocasional de m mecánicos (excavadora)			Rozadora
TUNEL EN MINA – OBSERVACIONES			Entronque ventilación de emergencia						ST-I: bulones Mn-16 adicionales L= 3m ocasionales ST-II: bulones Mn-18 L= 4m ocasionales
TUNEL EN MINA – LONGITUD (m)	12 m	9.8 m	28.8 m	20.4 m	20 m	89.27 m		20 m	65.71 m
TUNEL EN MINA – TRATAMIENTOS ESPECIALES					Paraguas de micros. Gunitado del frente.	Bulones adicionales ocasionales para estabilidad de cuñas	Inyecciones perimetrales. Drenaje en pie hastial. Paraguas de micros. Gunitado del frente. Gunita sobreacelerada. Machón central en av.		Bulonado cada 1x1 m en ST-I y ST-II. Inyecciones perimetrales. Drenaje en pie hastial. Paraguas de micros. Gunitado del frente. Gunita sobreacelerada. Machón central en av.

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- SR- / SN- / S- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- DPSH- / P- Penetrómetros campañas anteriores.
- SM-1 Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- Contacto entre suelos y materiales meteorizados
- Supuesto contacto roca sana G:II–I
- Falla/contacto mecánico. Contacto entre formaciones
- Nivel freático

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rellenos
- Aluvial; arcillas / gravas.
- Coluvial

ROCA, COMPLEJO URGANIANO (Albiense)

- Margas, margocalizos y calcarenitas. RG:V–III / RG:III–II (CU-1)
- Limolitas, margas y areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CU-2)

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CS-4)
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio lutitas (CS-5)
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio areniscas

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

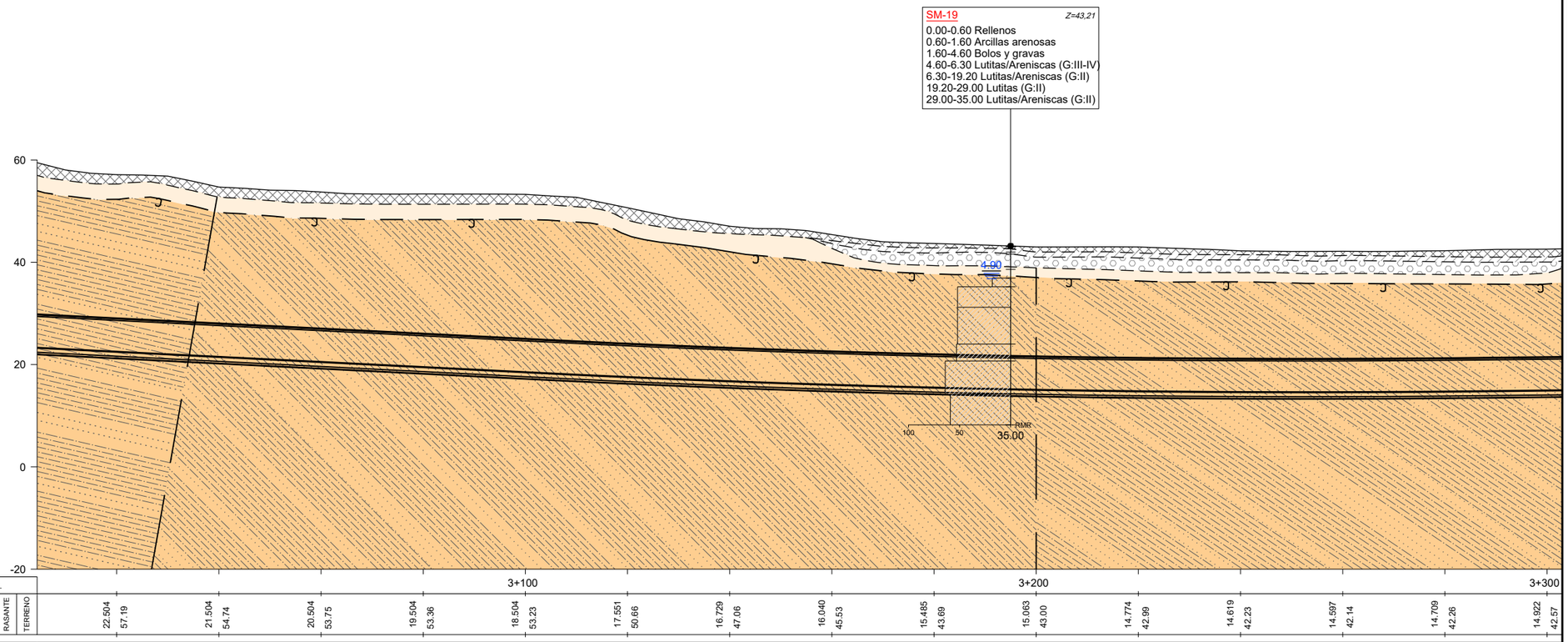
ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/500
EN DIN A1
0 5 15 25
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

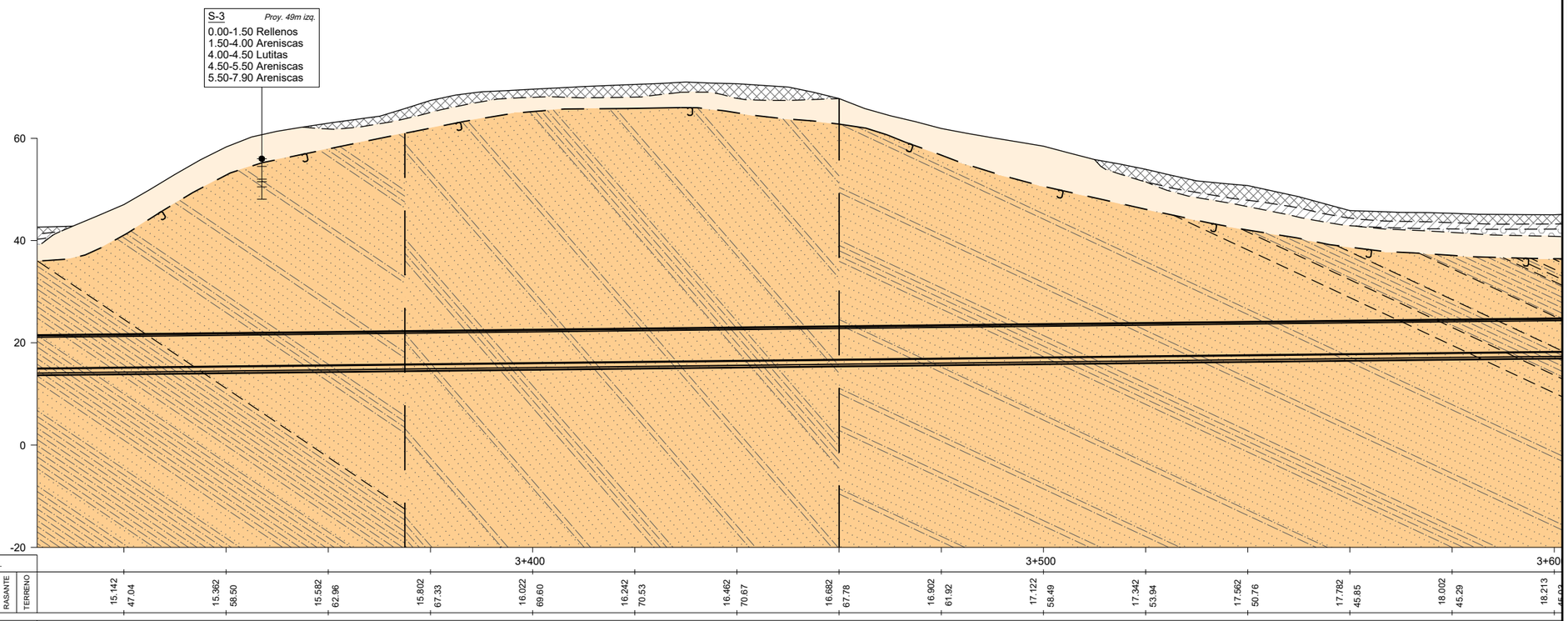
PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRNEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
5 SIGUE 6

\\srvdocle\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_LS\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01h01LONG.dwg


SM-19
Z=43,21
0.00-0.60 Rellenos
0.60-1.60 Arcillas arenosas
1.60-4.60 Bolos y gravas
4.60-6.30 Lutitas/Areniscas (G:III-IV)
6.30-19.20 Lutitas/Areniscas (G:II)
19.20-29.00 Lutitas (G:II)
29.00-35.00 Lutitas/Areniscas (G:II)
4.90
RMR
100
50
35.00
60
40
20
0
-20

| P.K. | | | 3+100 | | |



TRAMO	Tunel en mina Bengoetxe-Galdakao centro						
FORMACION	CS-5: Areniscas silíceas y lutitas	CS-5: Areniscas					CS-5: Areniscas silíceas y lutitas
DOMINIO ESTRUCTURAL	Dominio-15: S_o 35/135, J_1 60/359, J_2 43/280, J_3 83/080, J_{2A} 75/303, J_{1A} 76/036		Dominio-16: S_o 55/075, J_1 80/340, J_2 55/310, J_3 78/160, J_{2A} 31/196		Dominio-17: S_o 25/120, J_1 67/305, J_2 80/225, J_3 78/180, J_{1A} 78/048, J_{2A} 57/346		
TUNEL EN MINA – PERMEABILIDAD (cm/s)							
TUNEL EN MINA – MACIZO – CALIDAD (RMR)	5.9% 10<RMR<20; 50.5% 45<RMR<55; 43.6% 55<RMR<70	100% RMR<20	5.9% 10<RMR<20; 50.5% 45<RMR<55; 43.6% 55<RMR<70	100% RMR<20	(*) 2.9% 10<RMR<20; 3.4% 20<RMR<45; 28.4% 45<RMR<55; 62.6% 55<RMR<70; 2.7% RMR>70	→	
TUNEL EN MINA – SOSTENIMIENTO TIPO	5.9% ST-V; 50.5% ST-III; 43.6% ST-II	100% ST-V	5.9% ST-V; 50.5% ST-III; 43.6% ST-II	100% ST-V	(*) 2.9% ST-V; 3.4% ST-IV; 28.4% ST-III; 62.6% ST-II; 2.7% ST-I	11.7% ST-V; 3.2% ST-IV; 33.4% ST-III; 51.7% ST-II	
TUNEL EN MINA – EXCAVACION	← Posible dificultad mayor al rozar (areniscas)	Rozadora. Posible uso de excavadora	Posible dificultad mayor al rozar (areniscas)	Rozadora. Posible uso de excavadora	Rozadora. Posible dificultad mayor al rozar (areniscas)		
TUNEL EN MINA – OBSERVACIONES							
TUNEL EN MINA – LONGITUD (m)	155 m	20 m	65 m	20 m	113.27 m	35.33 m	
TUNEL EN MINA – TRATAMIENTOS ESPECIALES	Bulones adicionales ocasionales para estabilidad de cuñas	Enfilaje de bulones	Bulones adicionales ocasionales para estabilidad de cuñas	Enfilaje de bulones	Bulones adicionales ocasionales para estabilidad de cuñas. Enfilaje de bulones. Gunitado del frente. Drenaje en pie hastial.	→	

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

SR- / SN- / S- Sondeo mecánico campañas anteriores.

DPSH- / P- Penetrómetros campañas anteriores.

SM-1 Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.

Contacto entre suelos y materiales meteorizados

Supuesto contacto roca sana G:II–I

Falla/contacto mecánico. Contacto entre formaciones

Nivel freático

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

Rellenos

Aluvial; arcillas / gravas.

Coluvial

ROCA, COMPLEJO URGANIANO (Albiense)

Margas, margocalizos y calcarenitas. RG:V–III / RG:III–II — CU-1

Limolitas, margas y areniscas. RG:V–III / RG:III–II — CU-2

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas. RG:V–III / RG:III–II — CS-4

Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio lutitas — CS-5

Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio areniscas

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/500 EN DIN A1

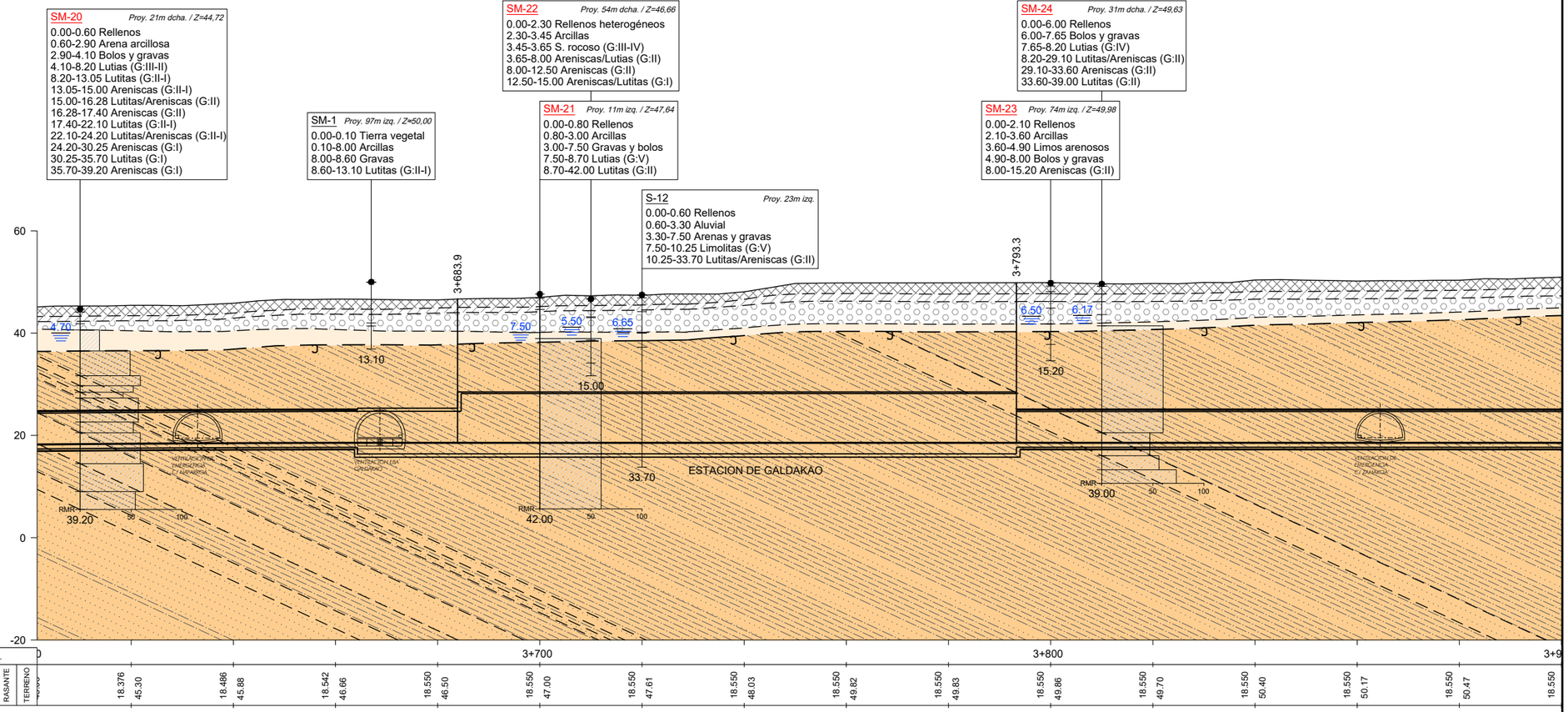
0 5 15 25
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRNEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
7 SIGUE 8

\\srvdoc1\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01h01LONG.dwg



TRAMO	Tunel en mina Bengoetxe-Galdakao centro			Caverna estación Galdakao			Tunel en mina Galdakao-Fin de tramo			
FORMACION	CS-5: Areniscas silíceas y lutitas									
DOMINIO ESTRUCTURAL	Dominio-17: S_o 25/120, J_1 67/305, J_2 80/225, J_3 78/180, J_{1A} 78/048, J_{2A} 57/346									
TUNEL EN MINA – MACIZO – PERMEABILIDAD (cm/s)	K= $2.35x10^{-5}$ cm/seg.			K= $4.94x10^{-5}$ cm/seg.			K= $3.73x10^{-5}$ cm/seg.			
TUNEL EN MINA – MACIZO – CALIDAD (RMR)	11.7% 10<RMR<20; 3.2% 20<RMR<45; 33.4% 45<RMR<55; 51.7% 55<RMR<70		(*)	100% 55<RMR<70		(*) 2.9% 10<RMR<20; 3.4% 20<RMR<45; 28.4% 45<RMR<55; 62.6% 55<RMR<70; 2.7% RMR>70	14.6% 45<RMR<55; 76.8% 55<RMR<70; 8,6% RMR>70		→	
TUNEL EN MINA – SOSTENIMIENTO TIPO	11.7% ST-V; 3.2% ST-IV; 33.4% ST-III; 51.7% ST-II	100% ST-IV		100% ST E-3			100% ST-IV	14.6% ST-III; 76.8% ST-II; 8,6% ST-I	100% ST-IV	→
TUNEL EN MINA – EXCAVACION	Rozadora. Posible dificultad mayor al rozar (areniscas)									
TUNEL EN MINA – OBSERVACIONES		Entronque galerias de ventilacion de emergencia y EBA		Paso bajo edificio, entronques con cañones de acceso, y ascensor			Sección túnel + cañón		Entronque galeria de ventilacion de emergencia	
TUNEL EN MINA – LONGITUD (m)	35.33 m	66.40 m		108 m			21.2 m	35.88 m	28.8 m	124.68 m
TUNEL EN MINA – TRATAMIENTOS ESPECIALES	Enfilaje de bulones. Gunitado del frente. Drenaje en pie hastial.			Paraguas de micros. Patas de elefante. Inyecciones perimetrales.			Drenaje en pie hastial. Enfilaje de bulones.			

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- SR- / SN- / S- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- DPSH- / P- Penetrómetros campañas anteriores.
- SM-1 Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- Contacto entre suelos y materiales meteorizados
- Supuesto contacto roca sana G:II–I
- Falla/contacto mecánico. Contacto entre formaciones
- Nivel freático

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rellenos
- Aluvial; arcillas / gravas.
- Coluvial

ROCA, COMPLEJO URGANIANO (Albiense)

- Margas, margocalizos y calcarenitas. RG:V–III / RG:III–II (CU-1)
- Limolitas, margas y areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CU-2)

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CS-4)
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio lutitas (CS-5)
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio areniscas

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

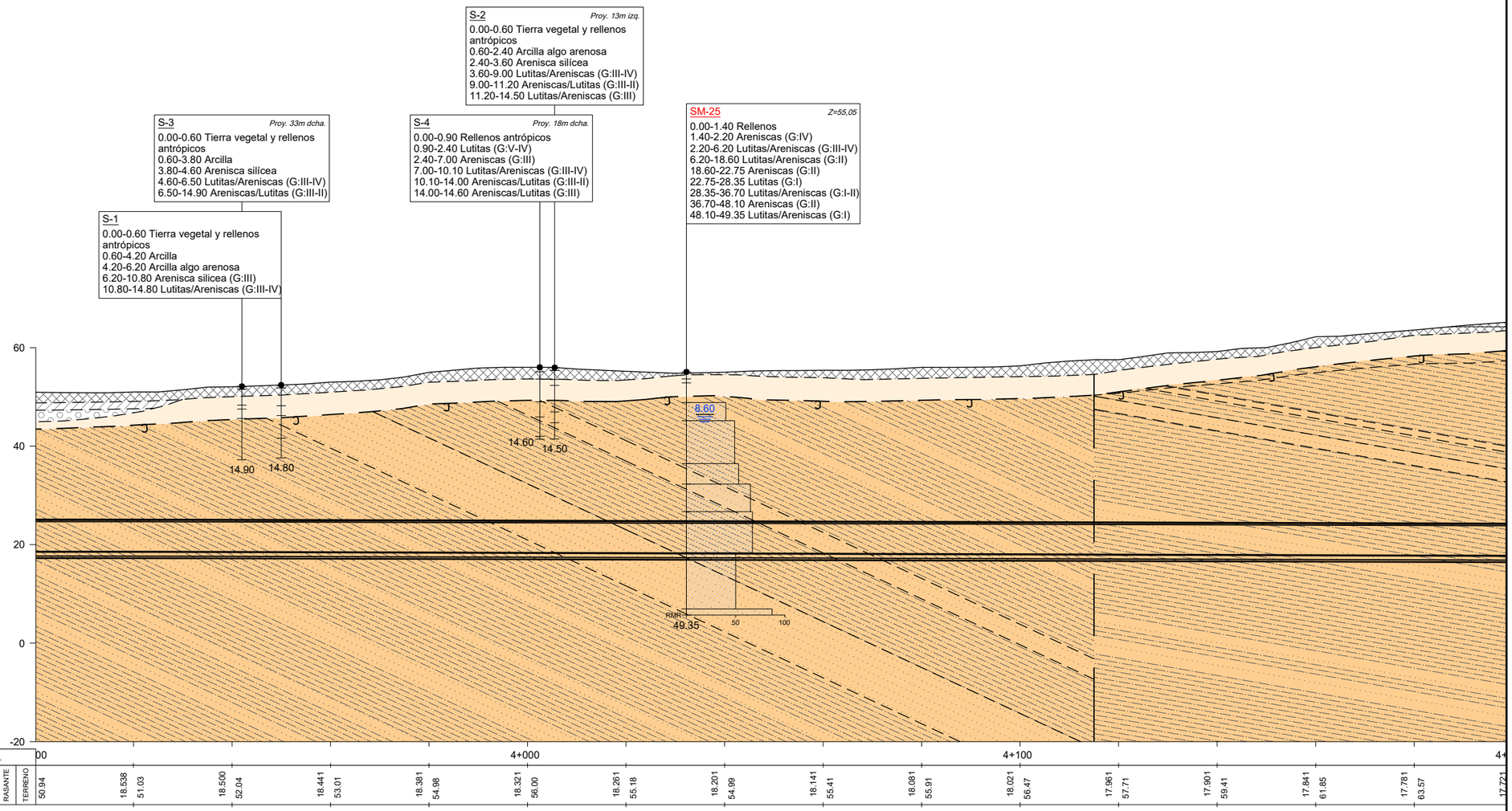
ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/500 EN DIN A1
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA 0 5 15 25

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRNEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
8 SIGUE 9

\\srvdocle\PyC País Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01h01LONG.dwg



TRAMO	Tunel en mina Galdakao-Fin de tramo				
FORMACION	CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas				
DOMINIO ESTRUCTURAL	Dominio-17: S_o 25/120, J_1 67/305, J_2 80/225, J_3 78/180, J_{1A} 78/048, J_{2A} 57/346			Dominio-18: S_o 20/100, J_1 79/315, J_2 69/261	
TUNEL EN MINA – MACIZO – PERMEABILIDAD (cm/s)					
TUNEL EN MINA – MACIZO – CALIDAD (RMR)	(*) 2.9% 10<RMR<20; 3.4% 20<RMR<45; 28.4% 45<RMR<55; 62.6% 55<RMR<70; 2.7% RMR>70	8.6% 20<RMR<45; 56.2% 45<RMR<55; 32,3% 55<RMR<70; 2.9% RMR>70	100% 10<RMR<20	34% 20<RMR<45; 22% 45<RMR<55; 30.9% 55<RMR<70; 13.1% RMR>70	
TUNEL EN MINA – SOSTENIMIENTO TIPO	(*) 2.9% ST-V; 3.4% ST-IV; 28.4% ST-III; 62.6% ST-II; 2.7% ST-I	8.6% ST-IV; 56.2% ST-III; 32,3% ST-II; 2.9% ST-I	100% ST-V	34% ST-IV; 22% ST-III; 30.9% ST-II; 13.1% ST-I	
TUNEL EN MINA – EXCAVACION	Rozadora con caracter general. Posible dificultad mayor al rozar en zonas de areniscas.				
TUNEL EN MINA – OBSERVACIONES					
TUNEL EN MINA – LONGITUD (m)	124.68 m	101.44 m	20 m	163.27 m	
TUNEL EN MINA – TRATAMIENTOS ESPECIALES	Drenaje en pie hastial. Enfilaje de bulones.				

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- SR- / SN- / S- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- DPSH- / P- Penetrómetros campañas anteriores.
- SM-1 Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- Contacto entre suelos y materiales meteorizados
- Supuesto contacto roca sana G:II–I
- Falla/contacto mecánico. Contacto entre formaciones
- nf Nivel freático

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rellenos
- Aluvial; arcillas / gravas.
- Coluvial

ROCA, COMPLEJO URGANIANO (Albiense)

- Margas, margocalizos y calcarenitas. RG:V–III / RG:III–II (CU-1)
- Limolitas, margas y areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CU-2)

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CS-4)
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio lutitas (CS-5)
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio areniscas

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

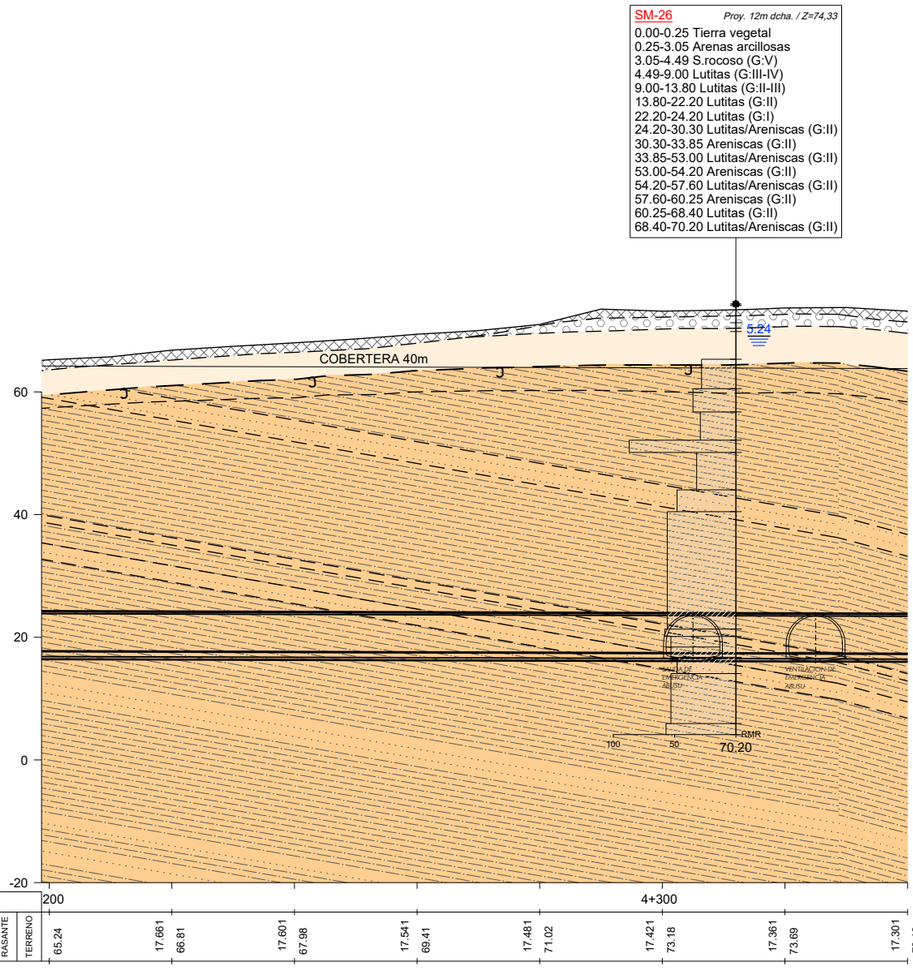
ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/500 EN DIN A1
0 5 15 25
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRNEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
9 SIGUE 10

\\srvdocle\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01h01LONG.dwg



TRAMO	Tunel en mina Galdakao-Fin de tramo			
FORMACION	CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas			
DOMINIO ESTRUCTURAL	Dominio-18: S_0 20/100, J_1 79/315, J_2 69/261			
TUNEL EN MINA – MACIZO – PERMEABILIDAD (cm/s)				
TUNEL EN MINA – MACIZO – CALIDAD (RMR)	34% 20<RMR<45; 22% 45<RMR<55; 30.9% 55<RMR<70; 13.1% RMR>70	31.5% 20<RMR<45; 29% 45<RMR<55; 36.2% 55<RMR<70; 3.3% RMR>70		
SOSTENIMIENTO TIPO	34% ST-IV; 22% ST-III; 30.9% ST-II; 13.1% ST-I	31.5% ST-IV; 29% ST-III; 36.2% ST-II; 3.3% ST-I	100% ST-IV	
EXCAVACION	Rozadora con caracter general. Posible dificultad mayor al rozar en zonas de areniscas.			
OBSERVACIONES			Entronque salida y ventilación emergencia de Abusu	
LONGITUD (m)	163.27 m		51.73 m	
TRATAMIENTOS ESPECIALES	Drenaje en pie hastial. Enfilaje de bulones.			

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- SR- / SN- / S- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- DPSH- / P- Penetrómetros campañas anteriores.
- SM-1 Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- Contacto entre suelos y materiales meteorizados
- Supuesto contacto roca sana G:II–I
- Falla/contacto mecánico. Contacto entre formaciones
- Nivel freático

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rellenos
- Aluvial; arcillas / gravas.
- Coluvial

ROCA, COMPLEJO URGANIANO (Albiense)

- Margas, margocalizos y calcarenitas. RG:V–III / RG:III–II (CU-1)
- Limolitas, margas y areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CU-2)

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CS-4)
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio lutitas (CS-5)
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio areniscas

REV.					
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP	OBRA

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR | REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

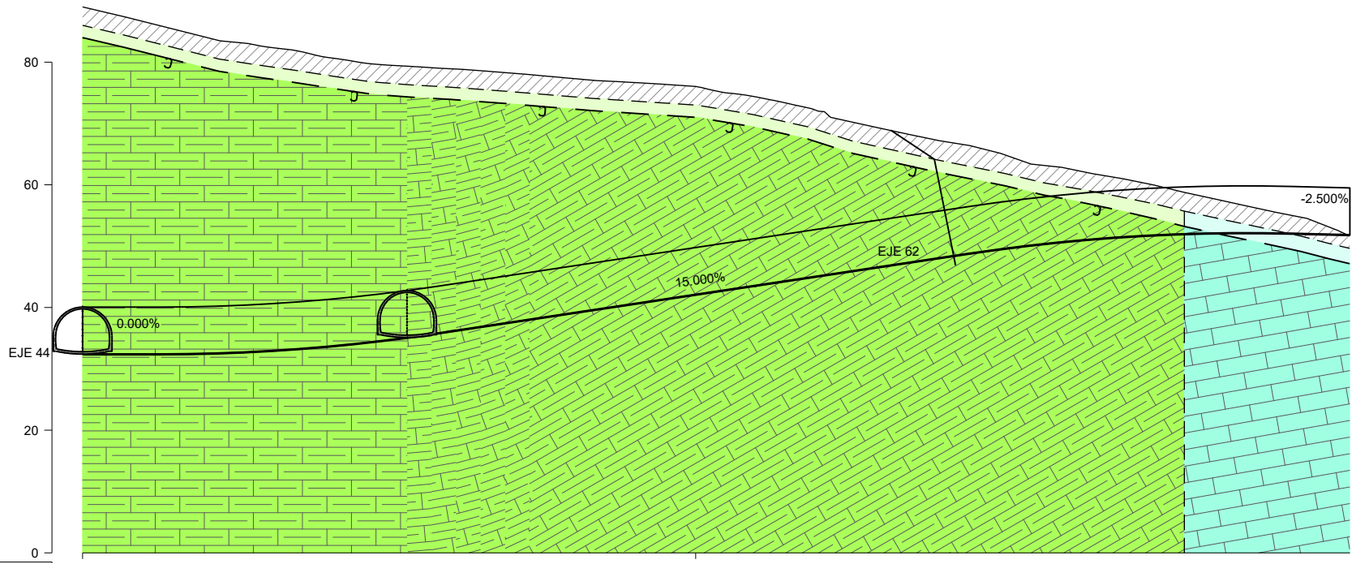
ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/500 EN DIN A1
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA 0 5 15 25

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRNEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
10 SIGUE FIN

\\servdocle\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01h01LONG.dwg



P.K.		0+000				0+100					
COTAS	RASANTE	32.364 80.00	32.456 84.00	33.609 80.76	36.075 78.92	39.075 77.33	42.075 76.03	45.075 72.00	48.075 67.00	50.667 62.84	51.969 58.80	51.963 54.61	51.796 51.80
	TERRENO												

TRAMO		Galería de salida y ventilación de emergencia de Olabarrieta		
FORMACION		CU-2: Lutitas, limolitas (margas y areniscas)		
DOMINIO ESTRUCTURAL		Dominio-8: S_0 25/100, S_1 60/100, J_1 65/300, J_2 65/210, J_3 85/180		
TUNEL EN MINA	MACIZO PERMEABILIDAD (cm/s)			
	MACIZO CALIDAD (RMR)	1.9% 20<RMR<45; 15.3% 45<RMR<55; 28.7% 55<RMR<70; 54.1% RMR>70		
	SOSTENIMIENTO TIPO	ST-IV	1.9% ST-IV; 15.3% ST-III; 28.7% ST-II; 54.1% ST-I	ST-Boquilla
	EXCAVACION	Rozadora		
	OBSERVACIONES	Entronque túnel de línea y galería peatonal		Boquilla
	LONGITUD (m)	68.2 m	60.38 m	12 m
	TRATAMIENTOS ESPECIALES	Enfilaje de bulones sellado del frente	Bulones ocasionales para estabilidad de cuñas	

LEYENDA

SR- / SN- / S- Sondeo mecánico campañas anteriores.

SM-1 Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.

Contacto entre suelos y materiales meteorizados

Supuesto contacto roca sana G:II–I

Falla/contacto mecánico. Contacto entre formaciones

nf Nivel freático

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rellenos
- Aluvial; arcillas / gravas.
- Coluvial

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio lutitas y areniscas. (CS-5)
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio areniscas

ROCA, COMPLEJO URGANIANO (Albiense)

- Margas, margocalizas y calcarenitas. RG:V–III / RG:III–II (CU-1)
- Limolitas, margas y areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CU-2)

OHARRAK :
NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA:
ESCALA ORIGINAL
1/500
EN DIN A1

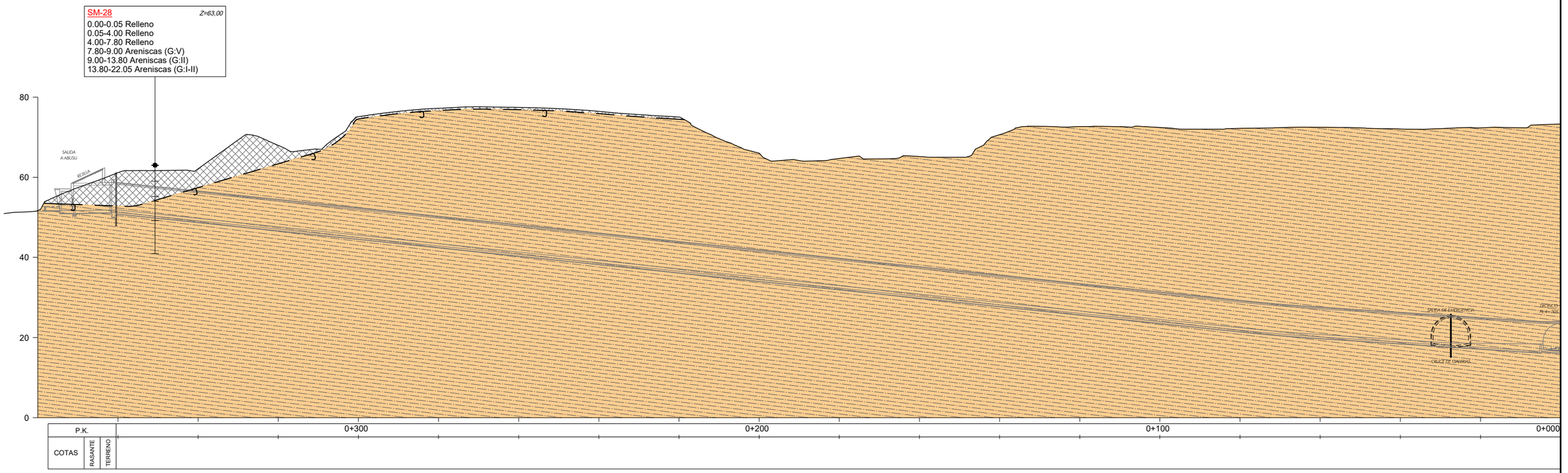
0 5 15 25
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PERFIL LONGITUDINAL GALERIA DE EMERGENCIA OLABARRIETA

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.2
ORRIA / HOJA
1 SIGUE 2

\\srvdocle\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-02GALE.dwg



TRAMO	Galería de salida y ventilación de emergencia de Abusu					
FORMACION	CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas					
DOMINIO ESTRUCTURAL	Dominio-18: S_o 20/100, J_1 79/315, J_2 69/261					
TUNEL EN MINA – MACIZO – PERMEABILIDAD (cm/s)						
TUNEL EN MINA – MACIZO – CALIDAD (RMR)	34% 20<RMR<45; 22% 45<RMR<55; 30.9% 55<RMR<70; 13.1% RMR>70					
SOSTENIMIENTO TIPO	100% ST-Boquilla	34% ST-IV; 22% ST-III; 30.9% ST-II; 13.1% ST-I				100% ST-IV
EXCAVACION	Rozadora con caracter general. Posible dificultad mayor al rozar en zonas de areniscas.					
OBSERVACIONES	Paraguas micros pesados	←	Paraguas micros			Entronque con salida peatonal y túnel de linea
LONGITUD (m)	12 m	14 m	6 m	286.65 m		41.80 m
TRATAMIENTOS ESPECIALES	Drenaje en pie hastial. Enfilaje de bulones.					

LEYENDA

SR- / SN- / S- Sondeo mecánico campañas anteriores.

SM-1 Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.

Contacto entre suelos y materiales meteorizados

Supuesto contacto roca sana G:II–I

Falla/contacto mecánico. Contacto entre formaciones

nf Nivel freático

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

- Rellenos
- Aluvial; arcillas / gravas.
- Coluvial

ROCA, COMPLEJO SUPRAURGONIANO (Albiense)

- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio lutitas y areniscas. (CS-5)
- Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio areniscas

ROCA, COMPLEJO URGANIANO (Albiense)

- Margas, margocalizas y calcarenitas. RG:V–III / RG:III–II (CU-1)
- Limolitas, margas y areniscas. RG:V–III / RG:III–II (CU-2)

OHARRAK : NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK REVISIONES

AHOLKULARIA CONSULTOR: eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR: MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO, Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/500 EN DIN A1

0 5 15 25

ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PERFIL LONGITUDINAL GALERIA DE EMERGENCIA ABUSU

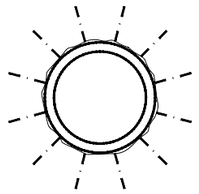
PLANU–ZNB / N. PLANO: Anejo 7.3.2

ORRIA / HOJA: 2 SIGUE FIN

\\srvdocle\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-02GALE.dwg

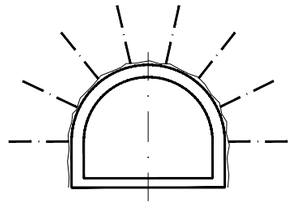
APÉNDICE 7.4. PLANOS DE SOSTENIMIENTOS TIPO

GRUPO 1: DIMENSION EQUIVALENTE MENOR DE 4 METROS



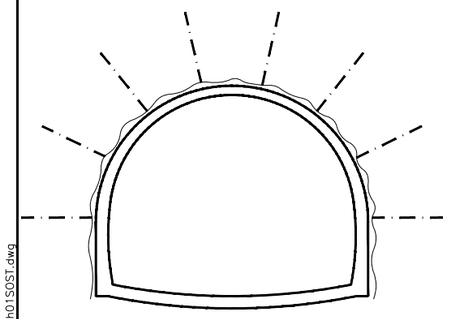
– POZOS VERTICALES DE VENTILACION DE EMERGENCIA, ESTACIÓN,ASCENSOR Y VENTILACIÓN EBA

GRUPO 2: EXCAVACIONES CON DIMENSION EQUIVALENTE COMPRENDIDA ENTRE 4 Y 7 METROS

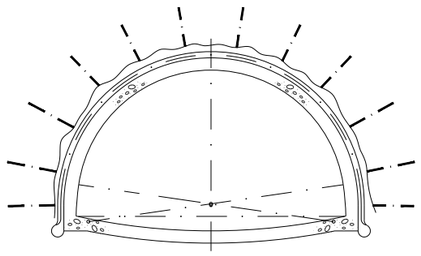


– CAÑONES DE ACCESO A ESTACION
– VENTILACIÓN DE EMERGENCIA (ESTACIÓN) EN TRAMO DE ARRANQUE DE LOS POZOS VERTICALES
– ACCESO PEATONAL CAVERNA–ASCENSOR

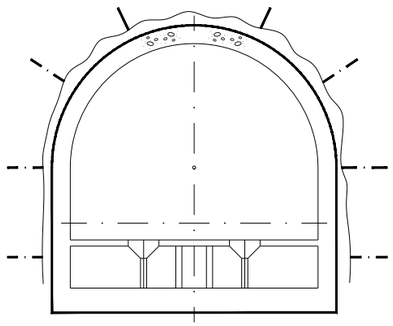
GRUPO 3: EXCAVACIONES CON DIMENSION EQUIVALENTE COMPRENDIDA ENTRE 7 Y 10 METROS



– TUNEL DE LINEA
– VENTILACION DE EMERGENCIA Y SALIDA DE EMERGENCIA TUNEL DE LINEA

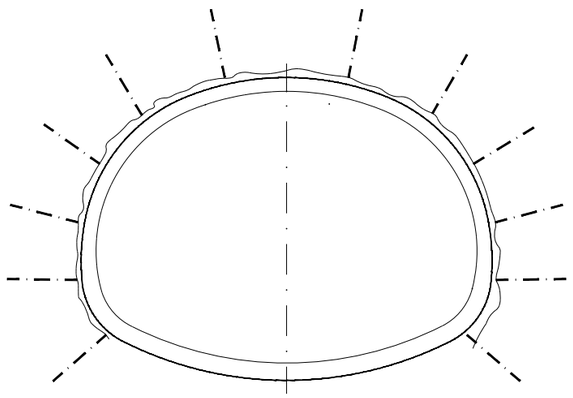


– VENTILACION DE EMERGENCIA (ESTACIÓN), ENTRONQUE CON TÚNEL DE LÍNEA
– VENTILACIÓN EBA, CONDUCTOS HORIZONTALES



TUNEL DE LÍNEA + EBA

GRUPO 4: EXCAVACIONES CON DIMENSION SUPERIOR A 10 METROS.



CAVERNA DE ESTACION

	Terreno Tipo I RMR>70	Terreno Tipo II 70>RMR>55	Terreno Tipo III 55>RMR>45	Terreno Tipo IV 45>RMR>20	Terreno Tipo V 20>RMR>10
GRUPO 1	Obras ejecutadas mediante la técnica de Raise Boring: hormigón proyectado e= 3cm				
		Hormigón proyectado e=6cm armado con fibra, HPF–30 Bulones swellex Mn16 L=3,0m Sxd=2x2m² Avance: 2,5 a 3 m Sección completa	Hormigón proyectado e=8cm HMP–30 armado #4x150x150 Bulones resina ø25 L=3,0m Sxd=1,5x1,5m² Avance: 2 a 2,5 m Sección completa	Hormigón proyectado e=11cm HMP–30 armado 2#4x150x150 Cerchas TH–21 c/1,0m Bulones resina ø25 L=3,0m Sxd=1x1m² Avance 1,5 m En avance + destroza	Hormigón proyectado e=15cm HMP–30, armado 2#4x150x150 Cerchas HEB–140 c/1,0m o Chapa Bernold Bulones resina ø25 L=3,0m Sxd=1x1m² Avance 1 m En avance + destroza
GRUPO 2	Hormigón proyectado e=5cm HMP–30 Bulones swellex Mn16 L=3,0m Sxd=2x2m² Avance: 4 m Sección completa	Hormigón proyectado e=8cm armado con fibra, HPF–30 Bulones swellex Mn16 L=3,0m Sxd=2x2m² Avance: 2,5 a 3 m Sección completa	Hormigón proyectado e=10cm HMP–30 armado #6x150x150 Bulones resina ø25 L=3,0m Sxd=1,5x1,5m² Avance: 2 a 2,5 m Sección completa	Hormigón proyectado e=13cm HMP–30 armado 2#6x150x150 Cerchas TH–21 c/1,0m Bulones resina ø25 L=3,0m Sxd=1x1m² Avance 1,5 m En avance + destroza	Hormigón proyectado e=20cm HMP–30 armado 2#6x150x150 Cerchas HEB–140 c/1,0m o Chapa Bernold Bulones resina ø25 L=3,0m Sxd=1x1m² Avance 1 m En avance + destroza
GRUPO 3	Hormigón proyectado e=5cm armado con fibra, HPF–30 Bulones swellex Mn16 L=3,0m Sxd=2x2m² Avance: 4,0 m En avance + destroza	Hormigón proyectado e=10cm armado con fibra, HPF–30 Bulones swellex Mn24 L=4,0m Sxd=2x2m² Avance: 2,5 m En avance + destroza	Hormigón proyectado e=12cm HMP–30 armado #6x150x150 Bulones resina ø25 L=4,0m Sxd=1,5x1,5m² Avance: 2,0 m En avance + destroza	Hormigón proyectado e=18cm HMP–30 armado 2#6x150x150 Cerchas TH–21 c/1,0m Bulones resina ø25 L=4,0m Sxd=1x1m² Avance: 1,5 m En avance + destroza	Hormigón proyectado e=30cm HMP–30, armado 2#6x150x150 Cerchas HEB–180 c/1,0m Bulones resina ø25 L=4,0m Sxd=1x1m² Avance: 1,0 m En avance + destroza
GRUPO 4		Hormigón proyectado e=17cm HMP–30 armado 2#6x150x150 Cerchas TH–29 c/2,0m Bulones resina ø25 L=6,0m Sxd=2x2m² Avance: 2,5 m En galería de avance + laterales + destroza por fases	Hormigón proyectado e=20cm HMP–30 armado 2#6x150x150 Cerchas TH–29 c/1,5m Bulones resina ø25 L=6,0m Sxd=1,5x1,5m² Avance: 2,0 m En galería de avance + laterales + destroza por fases	Hormigón proyectado e=25cm HMP–30 armado 2#6x150x150 Cerchas TH–29 c/1,0m Bulones resina ø25 L=6,0m Sxd=1x1m² Avance: 1,5 m En galería de avance + laterales + destroza por fases	

OHARRAK :

NOTAS :

–EL SOSTENIMIENTO TIPO DEFINITIVO A APLICAR SE DETERMINARÁ EN OBRA DE ACUERDO A LAS CARACTERISTICAS Y CALIDAD DEL MACIZO EN CADA PUNTO, O A OTROS CONDICIONANTES QUE ESTABLEZCA LA DIRECCION DE OBRA (EN ZONAS SINGULARES DE ENTRONQUE, POCA COBERTERA...)

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR | REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA:
ESCALA ORIGINAL
1/50
EN DIN A1

0 0.5 1.5 2.5
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

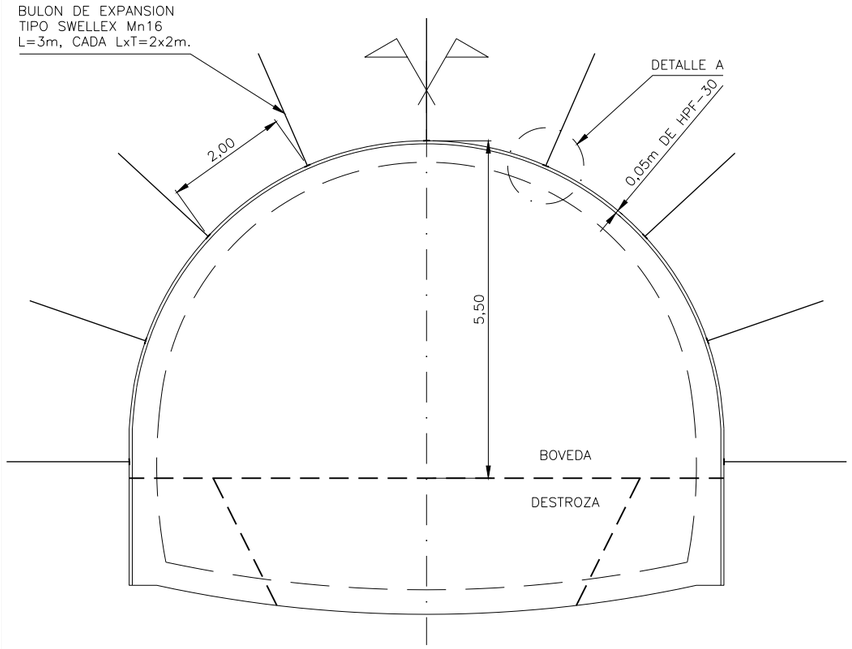
PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO
RESUMEN TODAS LAS OBRAS SUBTERRANEAS

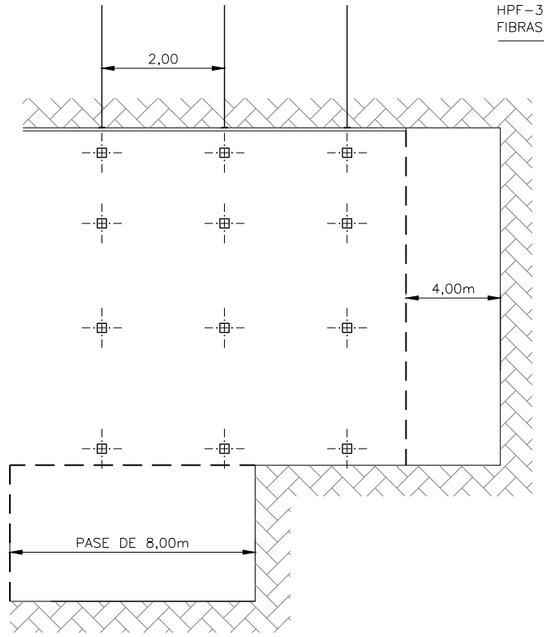
PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.1
ORRIA / HOJA
1 SIGUE FIN

\\srvdocle\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07–Obras Subterraneas\A07–04–01h01SOST.dwg

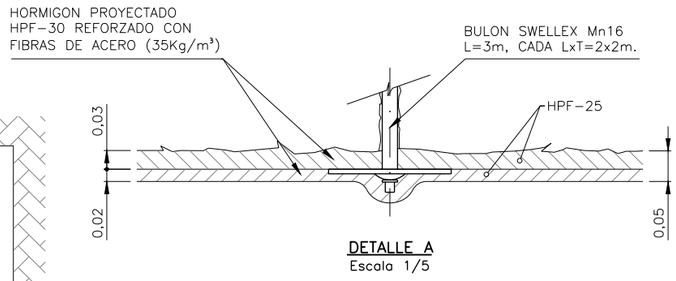
SOSTENIMIENTO TIPO I. TUNEL DE LINEA



SECCION
S/E

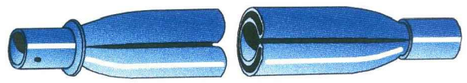


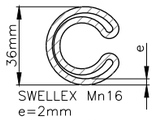
PERFIL LONGITUDINAL
S/E



DETALLE A
Escala 1/5

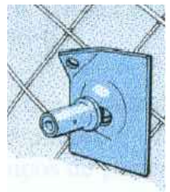
BULON DE EXPANSION TIPO SWELLEX





SWELLEX Mn16
e=2mm
SWELLEX Mn24
e=3mm

SECCION BULON

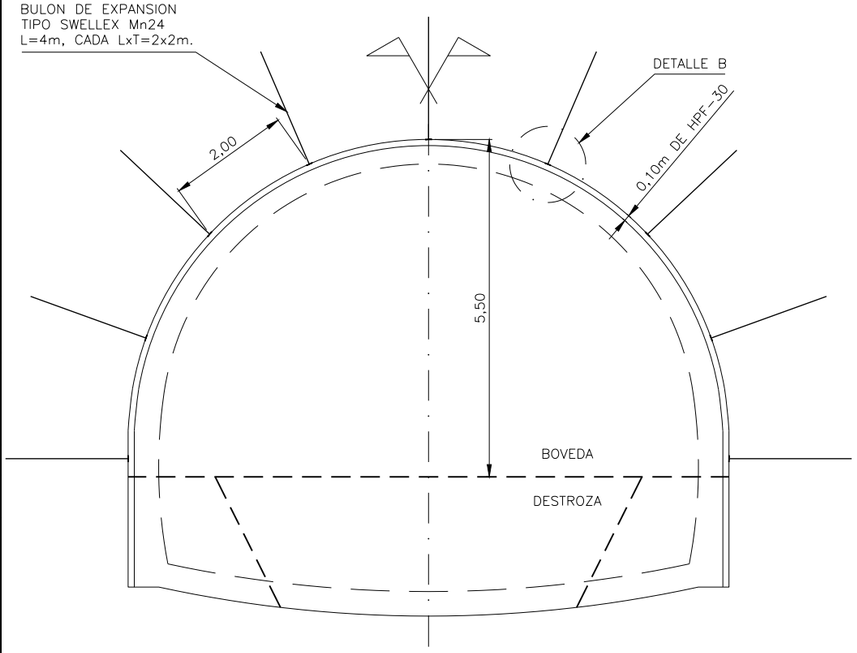


PLACA

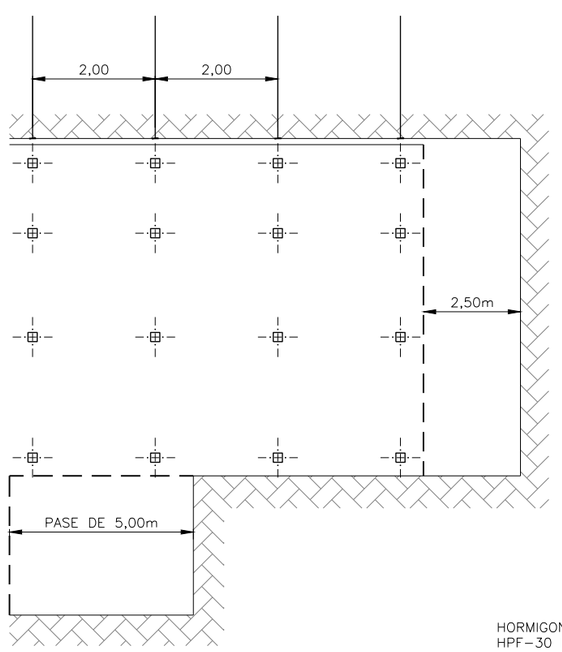
	Mn16	Mn24
CARGA MINIMA DE ROTURA	140 KN	200 KN
DIAMETRO DEL TALADRO	45-51 mm	
PRESION DE INFLADO	24 MPa	30 MPa
PLACA	150x150x5 mm abovedada	

SOSTENIMIENTO TIPO A APLICAR	RMR del MACIZO ROCOSO
I	>70
II	70-55

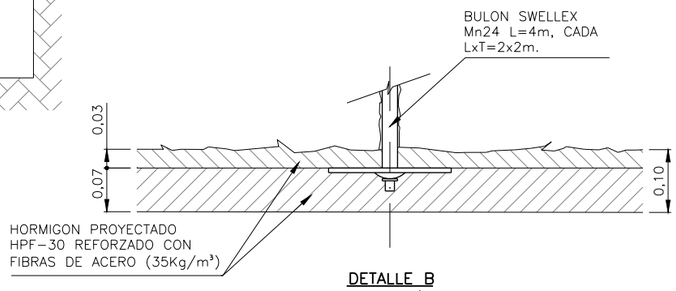
SOSTENIMIENTO TIPO II. TUNEL DE LINEA



SECCION
S/E



PERFIL LONGITUDINAL
S/E



DETALLE B
Escala 1/5

OHARRAK :

NOTAS :

REV.					
A	PROYECTO - PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP	OBRA

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR	REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL
1/50
EN DIN A1

0 0.5 1.5 2.5
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

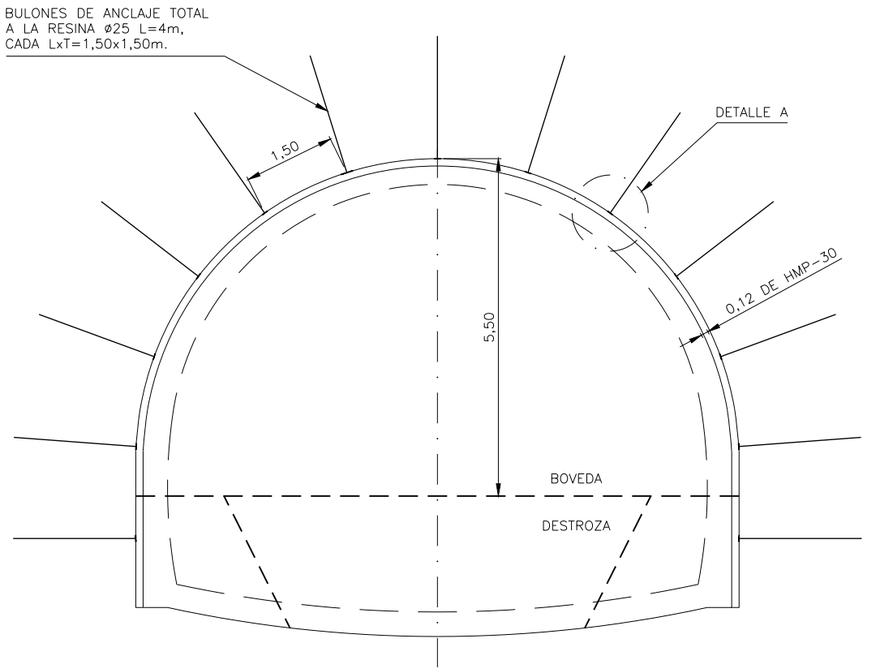
PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI - GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI - GALDAKAO

PLANU - IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO. GRUPO 3
SOSTENIMIENTOS TIPO I Y II

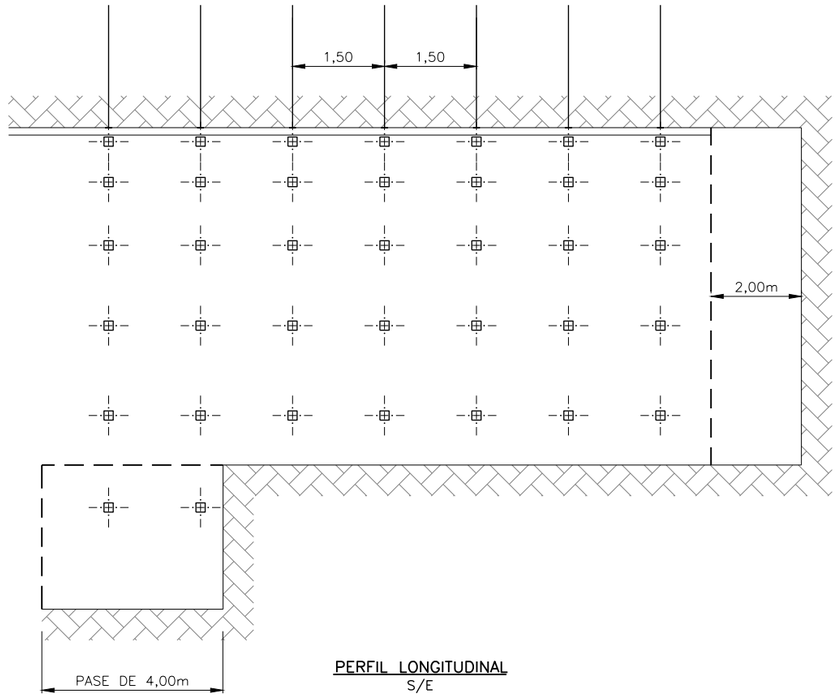
PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.2
ORRIA / HOJA
1 SIGUE 2

\\srvdocteli\PyC País Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-02h01SOST.dwg

SOSTENIMIENTO TIPO III. TUNEL DE LINEA

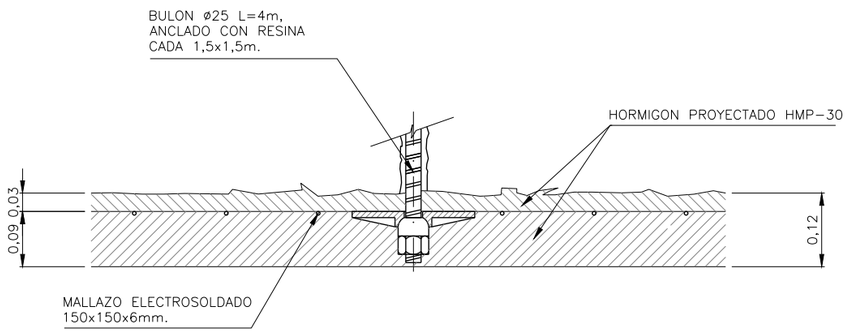


SECCION
S/E

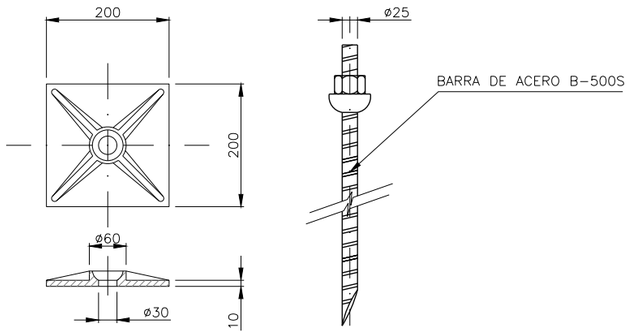


PERFIL LONGITUDINAL
S/E

SOSTENIMIENTO TIPO A APLICAR	RMR del MACIZO ROCOSO
III	55-45



DETALLE A
Escala 1/5



BULON ø25 Y PLACA DE REPARTO
Escala 1/5 (cotas en milimetros)

OHARRAK :
NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO - PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA:
ESCALA ORIGINAL
1/50
EN DIN A1

0 0,5 1,5 2,5
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

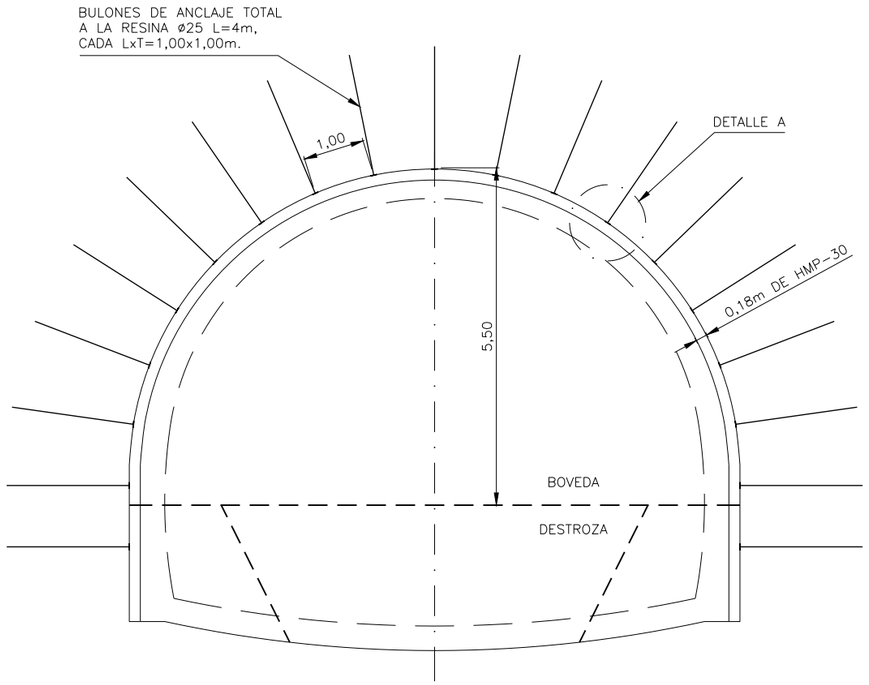
PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI - GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI - GALDAKAO

PLANU - IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO. GRUPO 3
SOSTENIMIENTOS TIPO III

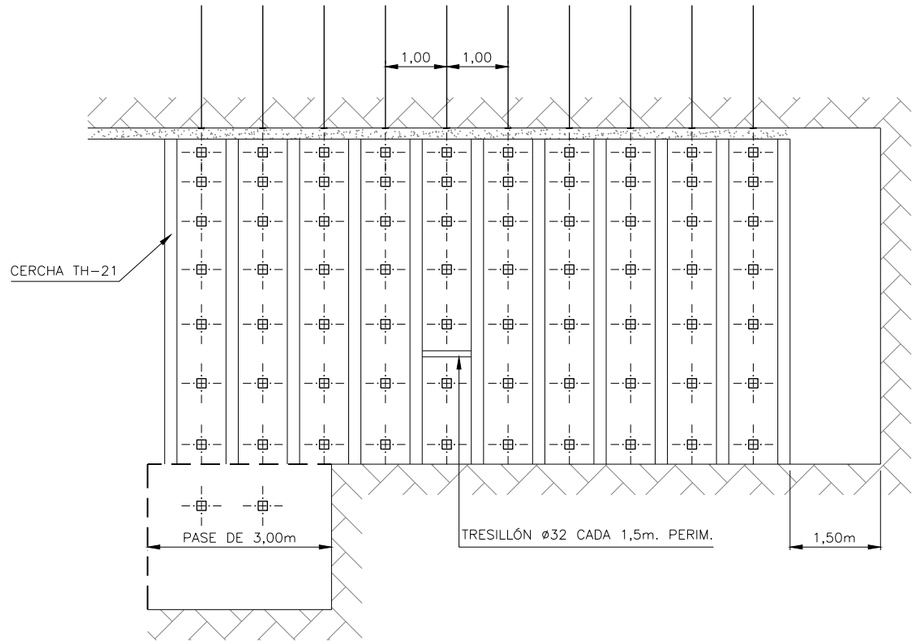
PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.2
ORRIA / HOJA
2 SIGUE 3

\\srvdocle\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-02h02SOST.dwg

SOSTENIMIENTO TIPO IV. TUNEL DE LINEA

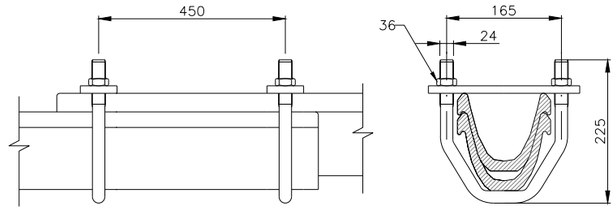


SECCION
S/E

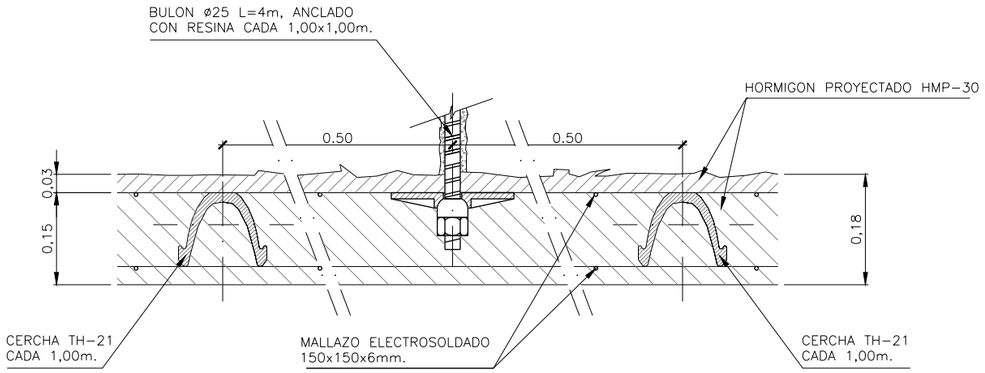


PERFIL LONGITUDINAL
S/E

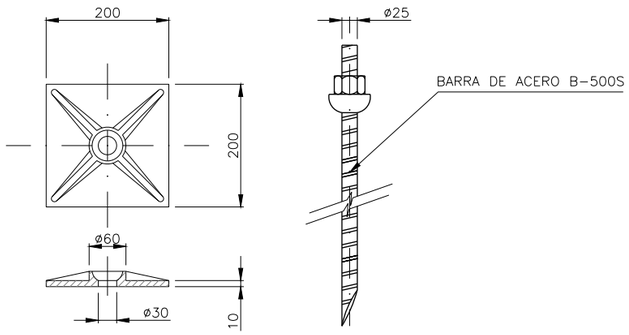
SOSTENIMIENTO TIPO A APLICAR	RMR del MACIZO ROCOSO
IV	45-20



DETALLE DE UNIÓN DE CERCHAS
S/E (cotas en milimetros)



DETALLE A
Escala 1/5



BULON ø25 Y PLACA DE REPARTO
Escala 1/5 (cotas en milimetros)

OHARRAK :
NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP	OBRA
A	PROYECTO - PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA:
ESCALA ORIGINAL
1/50
EN DIN A1

0 0.5 1.5 2.5
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

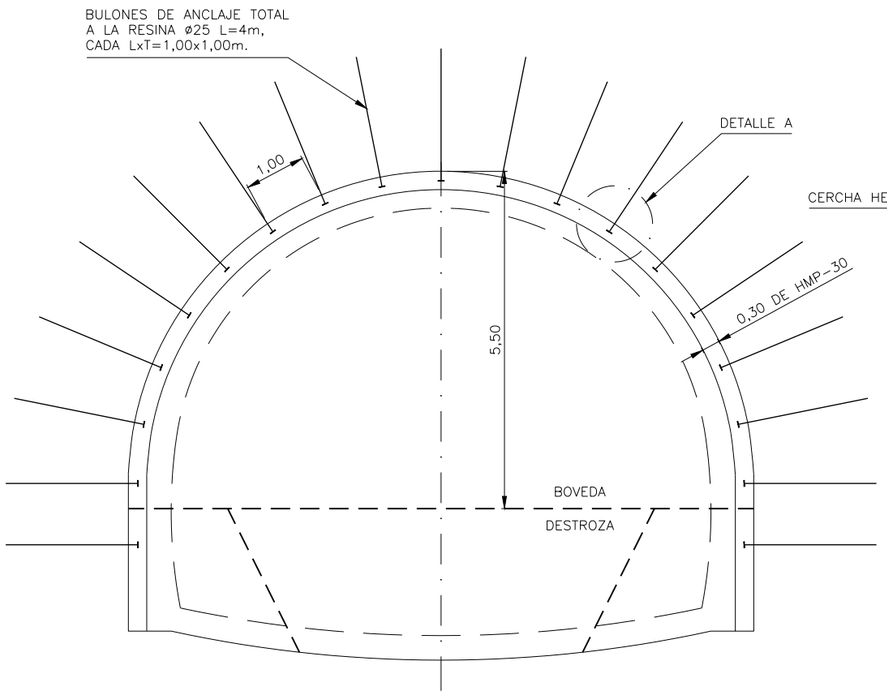
PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI - GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI - GALDAKAO

PLANU - IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO. GRUPO 3
SOSTENIMIENTOS TIPO IV

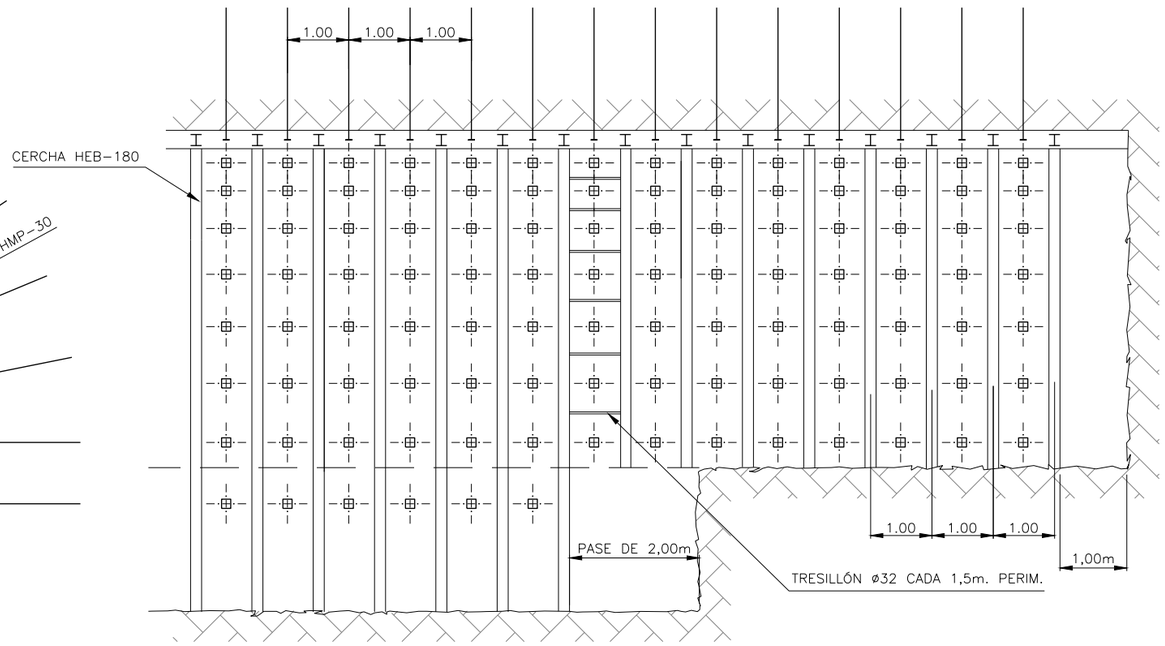
PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.2
ORRIA / HOJA
3 SIGUE 4

\\srvdocle\PyC País Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-02h035OST.dwg

SOSTENIMIENTO TIPO V. TUNEL DE LINEA

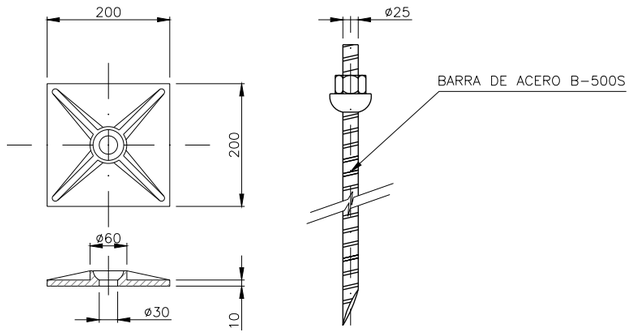


SECCION
S/E

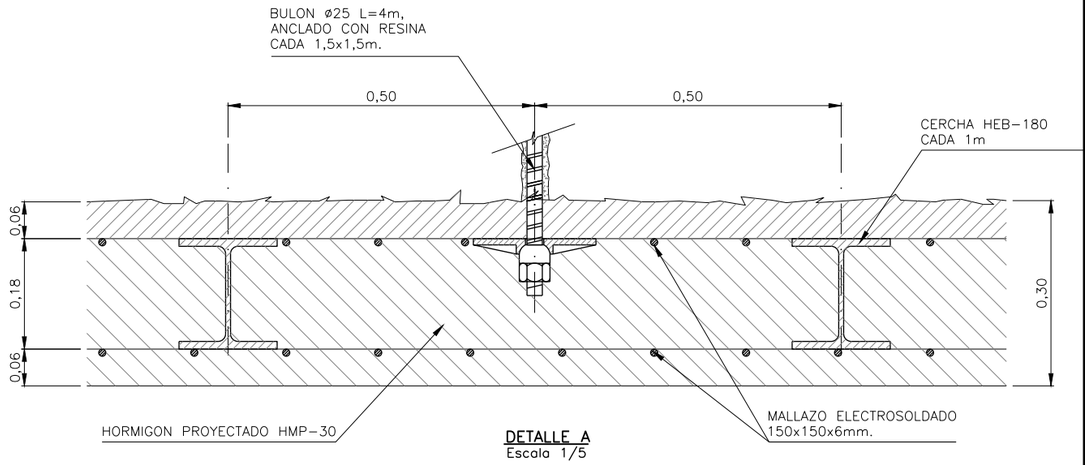


PERFIL LONGITUDINAL
S/E

SOSTENIMIENTO TIPO A APLICAR	RMR del MACIZO ROCOSO
V	20-10



BULON ø25 Y PLACA DE REPARTO
Escala 1/5 (cotas en milimetros)



DETALLE A
Escala 1/5

OHARRAK :
NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP	OBRA
A	PROYECTO - PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FUICRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR	REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/50 EN DIN A1
0 0.5 1.5 2.5
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

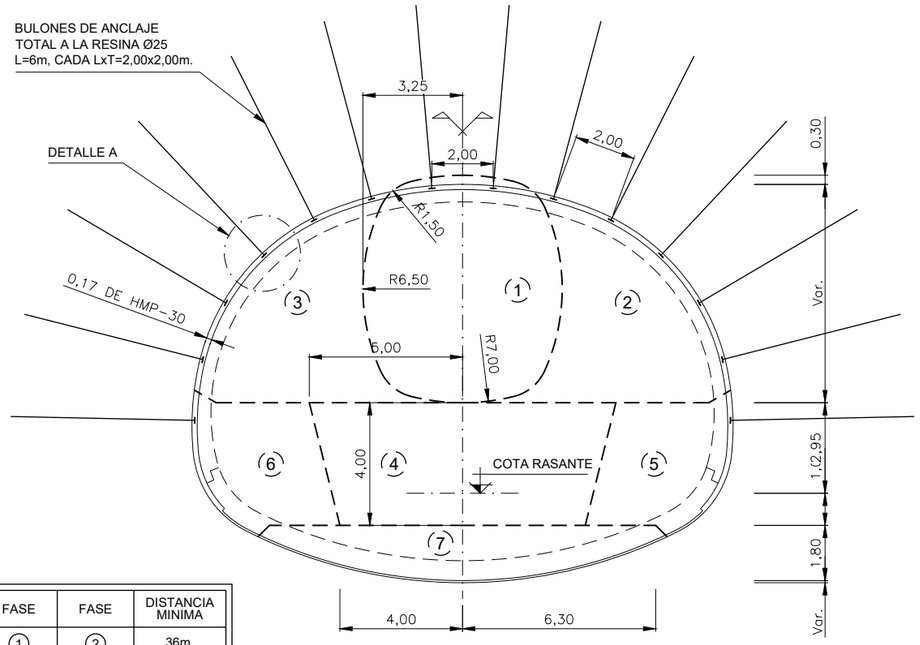
PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI - GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI - GALDAKAO

PLANU - IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO. GRUPO 3
SOSTENIMIENTOS TIPO V

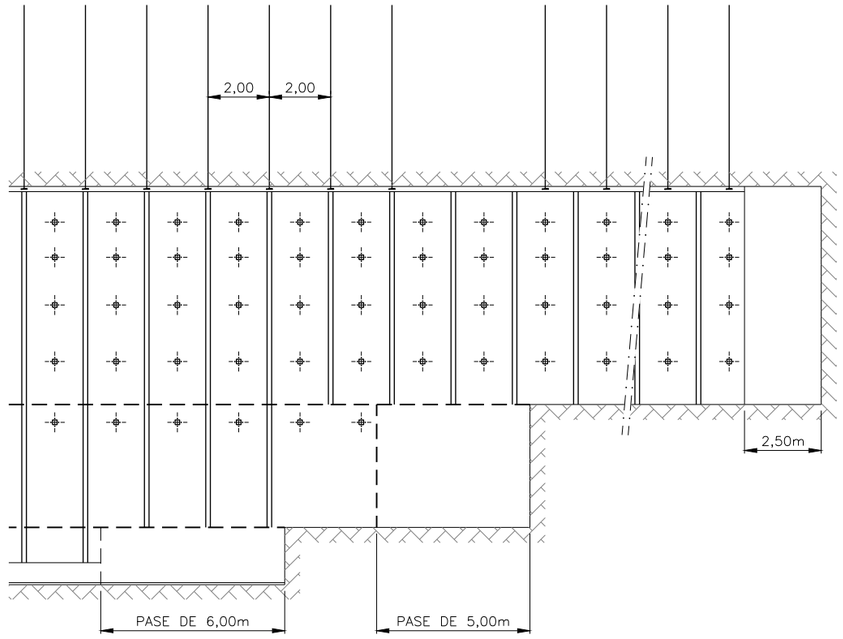
PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.2
ORRIA / HOJA
4 SIGUE FIN

\\srvdocten\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-02h04SOST.dwg

SOSTENIMIENTO TIPO E–1. CAVERNA DE ESTACION



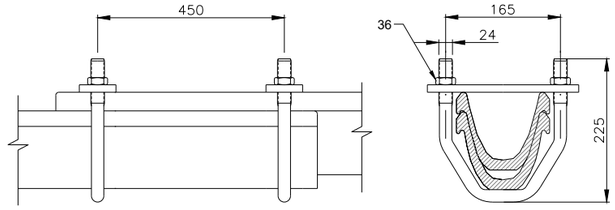
SECCION
S/E



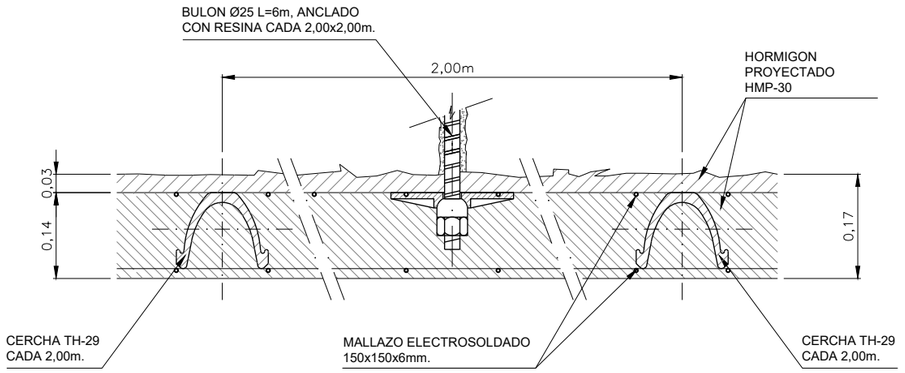
PERFIL LONGITUDINAL
S/E

FASE	FASE	DISTANCIA MINIMA
1	2	36m.
1	3	36m.
2	3	6m.
4	3	12m.
4	5	3m.
5	6	6m.
6	7	12m.

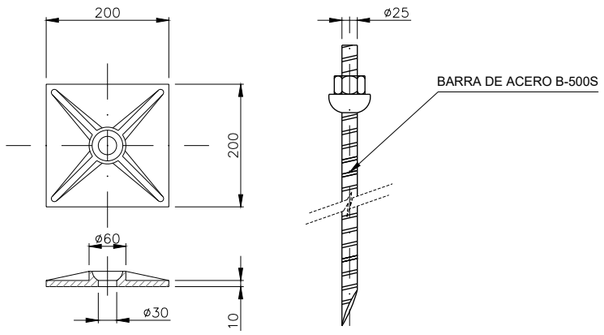
SOSTENIMIENTO TIPO A APLICAR	RMR del MACIZO ROCOSO
E-1	> 55



DETALLE DE UNIÓN DE CERCHAS
S/E (cotas en milimetros)



DETALLE A
Escala 1/5



BULON Ø25 Y PLACA DE REPARTO
Escala 1/5 (cotas en milimetros)

OHARRAK :
NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR	REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL
1/50
EN DIN A1

0 0,5 1,5 2,5
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

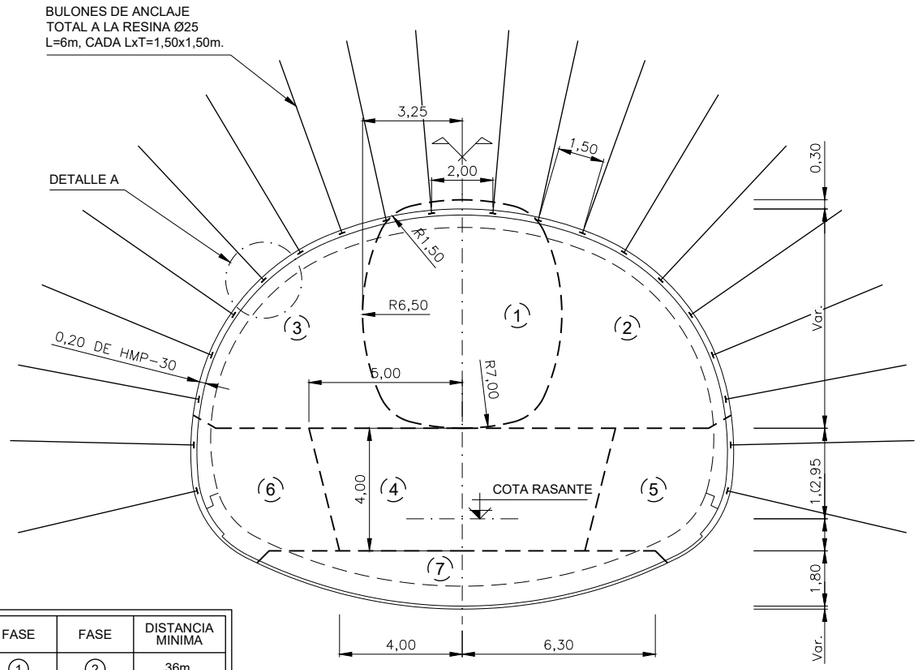
PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI – GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO. CAVERNA DE ESTACION
SOSTENIMIENTOS TIPO E–1

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.3
ORRIA / HOJA
1 SIGUE 2

\\srvdocle\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos\...L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-03n01SOST.dwg

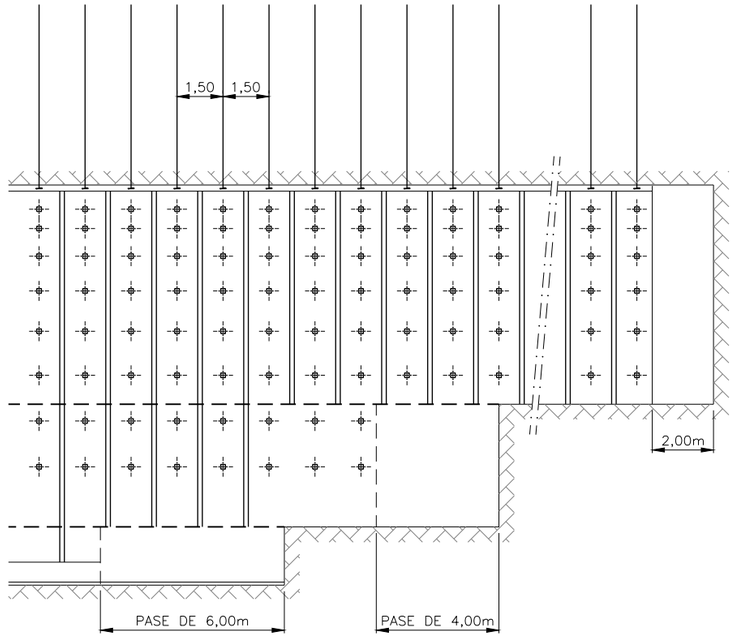
SOSTENIMIENTO TIPO E-2. CAVERNA DE ESTACION



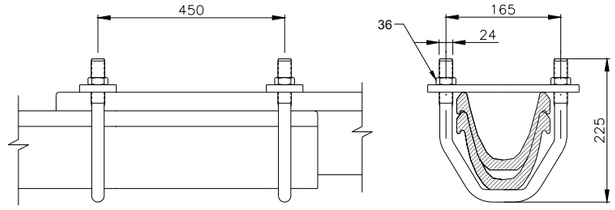
SECCION
S/E

FASE	FASE	DISTANCIA MINIMA
①	②	36m.
①	③	36m.
②	③	6m.
④	③	12m.
④	⑤	3m.
⑤	⑥	6m.
⑥	⑦	12m.

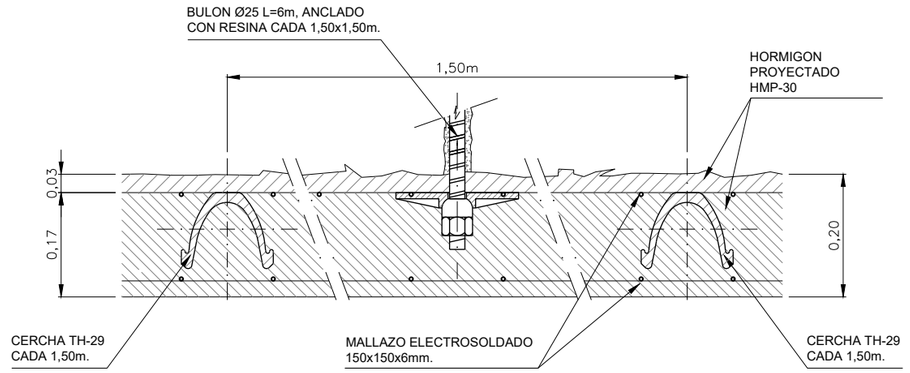
SOSTENIMIENTO TIPO A APLICAR	RMR del MACIZO ROCOSO
E-2	55-45



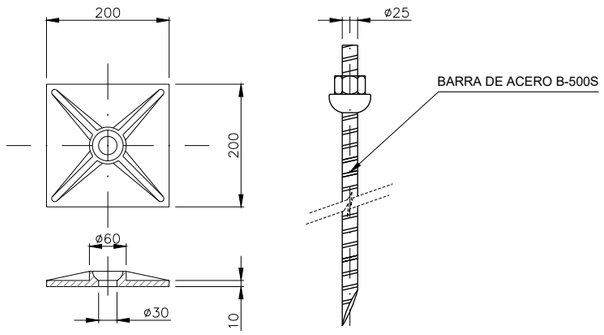
PERFIL LONGITUDINAL
S/E



DETALLE DE UNIÓN DE CERCHAS
S/E (cotas en milimetros)



DETALLE A
Escala 1/5



BULON Ø25 Y PLACA DE REPARTO
Escala 1/5 (cotas en milimetros)

OHARRAK :
NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO - PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA:
ESCALA ORIGINAL
1/50
EN DIN A1

0 0,5 1,5 2,5
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

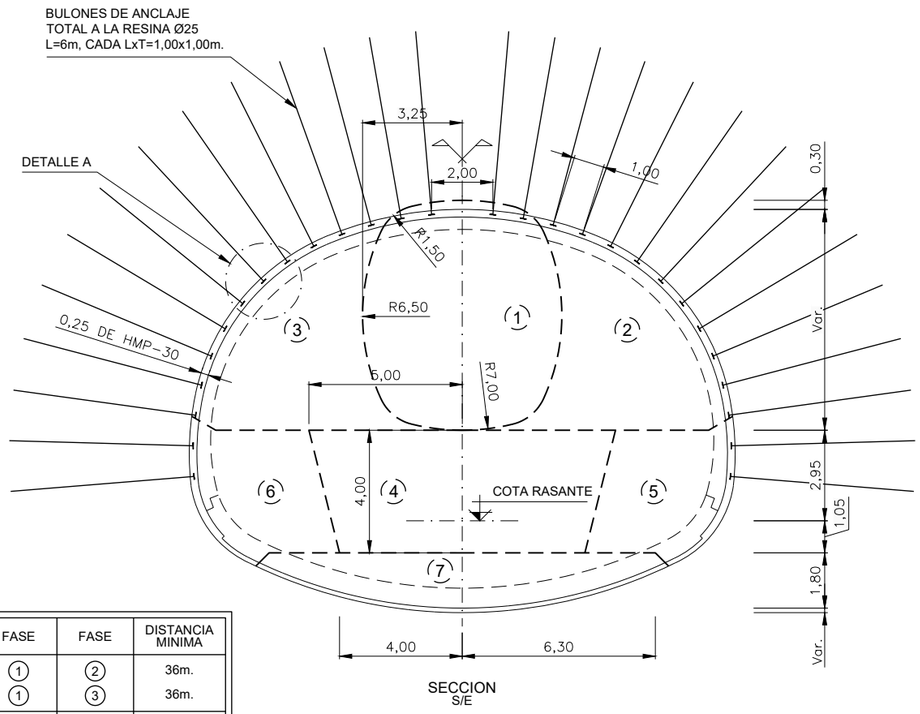
PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI - GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI - GALDAKAO

PLANU - IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO. CAVERNA DE ESTACION
SOSTENIMIENTOS TIPO E-2

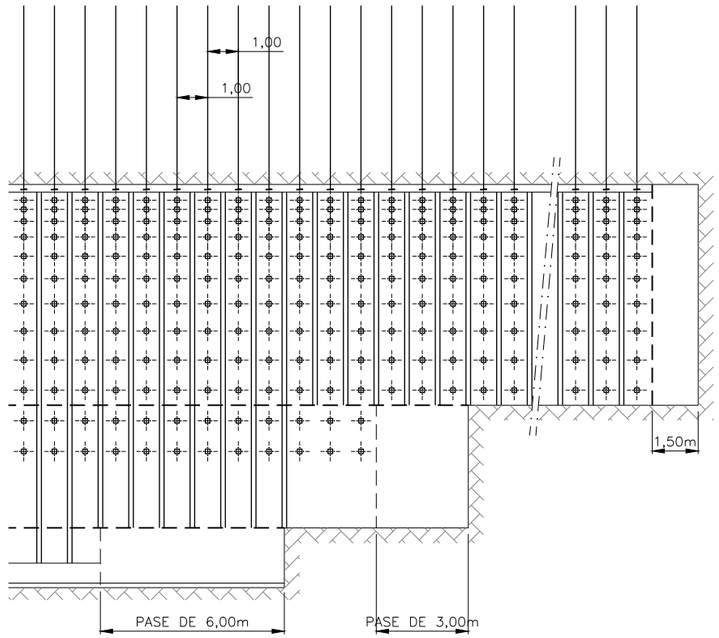
PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.3
ORRIA / HOJA
2 SIGUE 3

\\srvdocle\PyC Pais Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-03h02S05T.dwg

SOSTENIMIENTO TIPO E-3 CAVERNA DE ESTACION



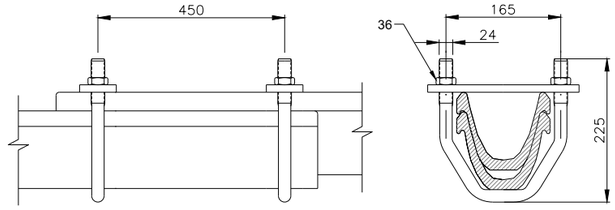
SECCION
S/E



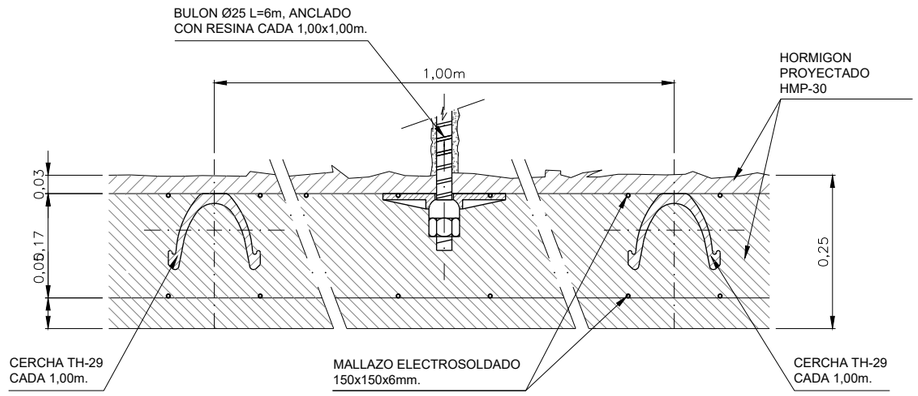
PERFIL LONGITUDINAL
S/E

FASE	FASE	DISTANCIA MINIMA
1	2	36m.
1	3	36m.
2	3	6m.
4	3	12m.
4	5	3m.
5	6	6m.
6	7	12m.

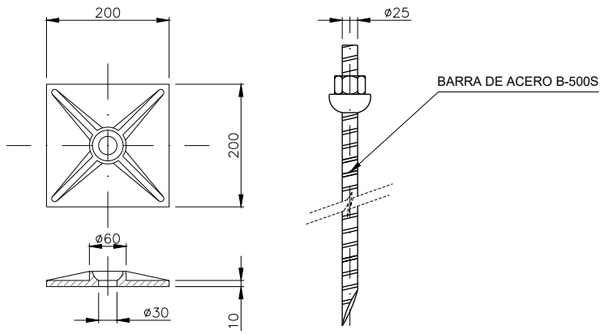
SOSTENIMIENTO TIPO A APLICAR	RMR del MACIZO ROCOSO
E-3	<45



DETALLE DE UNIÓN DE CERCHAS
S/E (cotas en milimetros)



DETALLE A
Escala 1/5



BULON Ø25 Y PLACA DE REPARTO
Escala 1/5 (cotas en milimetros)

OHARRAK :
NOTAS :

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO - PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR
eptisa FULCRUM

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR
MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA:
ESCALA ORIGINAL
1/50
EN DIN A1

0 0,5 1,5 2,5
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. APERRIBAI - GALDAKAO TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO APERRIBAI - GALDAKAO

PLANU - IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO. CAVERNA DE ESTACION
SOSTENIMIENTOS TIPO E-3

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.3
ORRIA / HOJA
3 SIGUE FIN

\\srvdocle\PyC Pois Vasco_Leioa\Proyectos_L5\7. Delineación y planos\PLANOS\TRAMO 2\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-03h03S05T.dwg

APÉNDICE 7.5. CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO: ÍNDICE RMR EN SONDEOS

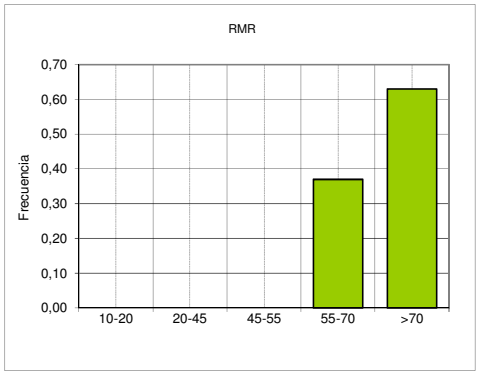
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN: / SONDEO: SM-11	HOJA: 1 de 1

TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
12,90-21,60	Margas G:II	5-25	2	100	20	0,2-2	13	Juntas lisas y rugosas. Separación media entre 1-10mm. Rellenas de óxido y arcillas	15	Secas	15	**65**
21,60-36,40	Margas G:II-I	5-25	2	100	20	0,6-2	15	Juntas algo rugosas. Separación <1mm. Algunas con óxido y calcita	25	Ligeramente húmedo	10	**72**

RESUMEN RMR SM-11

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	0,00	0,00	8,70	14,80
% EN EL SONDEO	0,00	0,00	0,00	0,37	0,63

0,0% 10 < RMR < 20
0,0% 20 < RMR< 45
0,0% 45 < RMR < 55
37,0% 55 < RMR < 70
63,0% RMR >70
100,0%



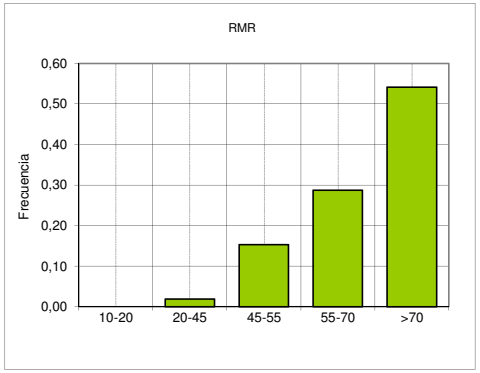
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-12 / HOJA: 1 de 1

TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
3,60-4,30	Lutitas G:II	1-5	1	50	8	0,06-0,20	8	Juntas onduladas lisas y rugosas. Separación 1-2mm, alguna con bordes muy alterados, rellenos de oxido y arcilla oxidados	10	Húmedo	7	**34**
4,30-8,80	Lutitas G:II	1-5	1	85	17	0,2-1,5	12	Estratificación ondulada rugosa. Resto de Separación 1mm. Rellenas de óxido, bordes bastante alterados	12	Ligeramente húmedo	10	**52**
8,80-19,60	Lutitas G:II-I	5-25	2	95	20	0,6-2	15	Juntas onduladas lisas y rugosas. Separación 1-2mm, alguna con bordes alterados y oxidados	18	Ligeramente húmedo	10	**65**
19,60-25,15	Lutitas G:I	5-25	2	100	20	>2	20	Sin juntas	30	Secas	15	**87**
25,15-26,40	Lutitas G:II	5-25	2	50	8	0,06-0,6	9	Juntas onduladas rugosas. Separación 1mm. Bordes alterados y oxidados	18	Húmedo	7	**44**
26,40-41,20	Lutitas G:I	5-25	2	100	20	>2	20	1 junta cerrada, rellena de 6mm de calcita	30	Secas	15	**87**

RESUMEN RMR SM-12

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	0,70	5,75	10,80	20,35
% EN EL SONDEO	0,00	0,02	0,15	0,29	0,54

0,0%	10 < RMR < 20
1,9%	20 < RMR< 45
15,3%	45 < RMR < 55
28,7%	55 < RMR < 70
54,1%	RMR >70
100,0%	



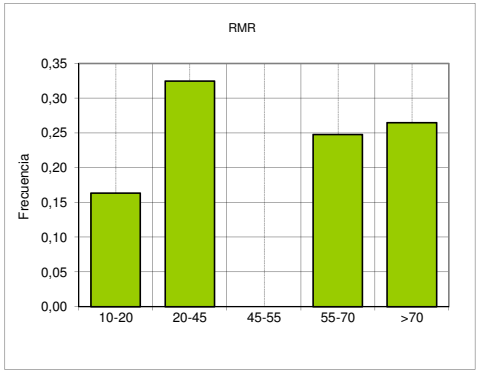
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-13 / HOJA: 1 de 1

TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
7,50-15,30	Lutitas con niveles milimétricos ferruginosos G:III	1-25	2	60	13	0,20-0,60	10	Estratificación y juntas escalonadas rugosas. Separación 1-5mm, alguna con bordes alterados, rellenos de concrecciones óxido y arcilla	8	Húmedo	7	**40**
15,30-23,90	Lutitas G:III	5-25	2	5	3	<0,06	5	Zona fracturada con juntas alteradas y rellenas de silex	5	Goteando	4	**19**
23,90-36,95	Lutitas con intercalaciones esporádicas milimétricas de areniscas G:II-I	5-25	2	100	20	0,60-2,00	15	Estratificación pulidas. Separación <1mm. Bordes duros. Rellenos de calcita	10	Ligeramente húmedo	10	**57**
36,95-41,80	Lutitas con alguna intercalación milimétrica a centimétrica de arenisca G:II-I	5-25	2	100	20	0,60-2,00	15	Estratificación y resto de juntas rugosas. Separación <1mm. Bordes duros.	25	Ligeramente húmedo	10	**72**
41,80-50,90	Lutitas G:II-I	5-25	2	100	20	0,60-2,00	15	Estratificación y resto de juntas rugosas. Separación <1-1mm. Bordes duros.	24	Ligeramente húmedo	10	**71**
50,90-60,20	Lutitas y areniscas G:II	5-25	2	45	8	<0,06-0,20	6	Estratificación y resto de juntas pulidas. Separación 1mm. Bordes duros.	10	Goteando	4	**30**

RESUMEN RMR SM-13

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	8,60	17,10	0,00	13,05	13,95
% EN EL SONDEO	0,16	0,32	0,00	0,25	0,26

16,3%	10 < RMR < 20
32,4%	20 < RMR< 45
0,0%	45 < RMR < 55
24,8%	55 < RMR < 70
26,5%	RMR >70
100,0%	



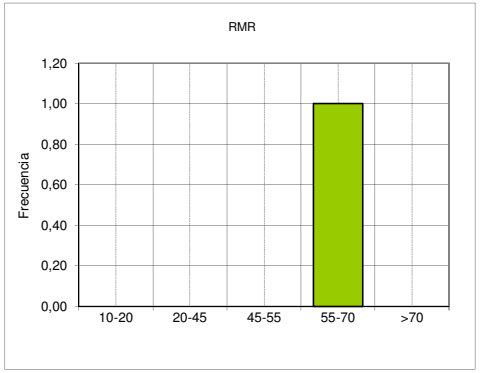
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-14 / HOJA: 1 de 1

TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
8,10-34,40	Lutitas con intercalaciones centimétricas y milimétricas de areniscas G:II-I	5-25	2	95	20	0,20-2	13	Estratificación plana pulida. Resto de juntas planas rugosas y escalondas lisa. Separación 1mm. Bordes duros.	10	Húmedo	10	**55**

RESUMEN RMR SM-14

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	0,00	0,00	26,30	0,00
% EN EL SONDEO	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00

0,0% 10 < RMR < 20
0,0% 20 < RMR< 45
0,0% 45 < RMR < 55
100,0% 55 < RMR < 70
0,0% RMR >70
100,0%



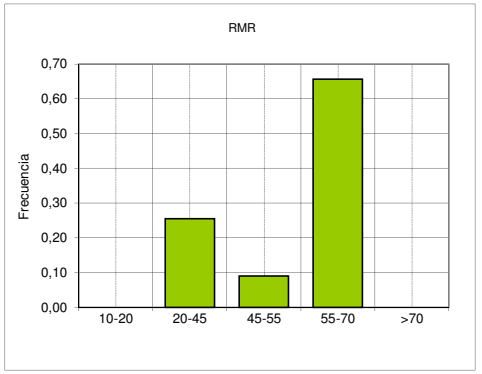
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-15 / HOJA: 1 de 1

TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa) DATO	VALOR	RQD (%) DATO	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m) DATO	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD DATO	VALOR	AGUA FREÁTICA DATO	VALOR	RMR BÁSICO
6,50-10,20	Limolitas G:II-III	1-5	1	40	8	<0,06-0,20	7	Estratificación y juntas pulidas. Resto de Separación 1-10mm. Bordes bastante alterados. Rellenos de arcilla, limo y calcita	5	Húmedo	7	**28**
10,20-11,50	Limolitas G:II	5-25	2	85	17	0,06-0,20	8	Juntas de estratificación cerradas. Separación 30-50mm. Bordes duros. Relleno de calcita	9	Ligeramente húmedo	10	**46**
11,50-21,05	Limolitas con algún clasto centimétrico calcáreo G:II-I	5-25	2	100	20	>2	20	Estratificación y juntas pulidas. Resto de Separación 1-3mm. Bordes duros. Relleno ocasional de calcita	10	Ligeramente húmedo	10	**62**

RESUMEN RMR SM-15

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	3,70	1,30	9,55	0,00
% EN EL SONDEO	0,00	0,25	0,09	0,66	0,00

0,0%	10 < RMR < 20
25,4%	20 < RMR< 45
8,9%	45 < RMR < 55
65,6%	55 < RMR < 70
0,0%	RMR >70
100,0%	



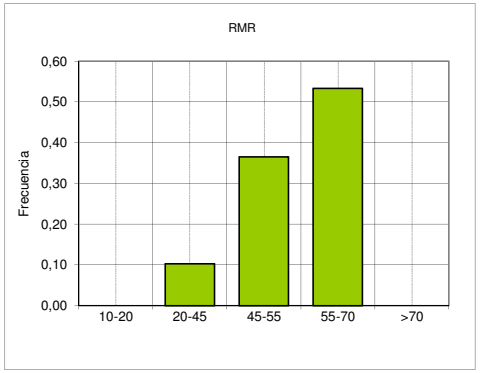
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO / euskal trenbide sarea	PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:		FECHA: 29/08/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-17	HOJA: 1 de 1

TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
4,20-9,00	Lutitas G:III	1-5	1	25	4	0,06-0,20	8	Juntas plana lisas y algo rugosas. Separación 1-10mm. Bordes bastante alterados, oxidados. Rellenos de arcilla	8	Goteando	4	**25**
9,00-13,45	Lutitas G:II	5-25	2	75	15	0,60-2,00	15	Juntas planas y onduladas rugosas. Separación 1mm. Bordes blandos.	11	Húmedo	7	**50**
13,45-21,00	Lutitas G:II	5-25	2	90	18	0,60-2,00	15	Estratificación ondulada pulida. Separación <1-1mm. Bordes duros. Rellenos de calcita	13	Ligeramente húmedo	10	**58**
21,00-35,10	Lutitas con pasadas de arenisca G:I	5-25	2	100	20	0,60-2,00	15	Estratificación plana lisa y resto de juntas planas rugosas. Separación 1-5mm. Bordes duros. Relenos de calcita	15	Ligeramente húmedo	10	**62**
35,10-38,50	Lutitas con pasadas de arenisca G:I	5-25	2	80	17	0,60-2,00	15	Estratificación ondulada pulida. Separación <1mm. Bordes duros. Relleno de calcita	13	Ligeramente húmedo	10	**57**
38,50-42,00	Areniscas con algun nivel esporádico de lutita G:I	25-50	4	80	17	0,06-0,20	8	Estratificación ondulada pulida. Separación <1mm. Bordes duros. Relleno de calcita	13	Ligeramente húmedo	10	**52**
42,00-51,20	Lutitas y areniscas G:I	5-25	2	80	17	0,06-0,20	8	Estratificación ondulada pulida. Separación <1mm. Bordes duros. Relleno de calcita	13	Ligeramente húmedo	10	**50**

RESUMEN RMR SM-17

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	4,80	17,15	25,05	0,00
% EN EL SONDEO	0,00	0,10	0,36	0,53	0,00

0,0% 10 < RMR < 20
10,2% 20 < RMR< 45
36,5% 45 < RMR < 55
53,3% 55 < RMR < 70
0,0% RMR >70
100,0%



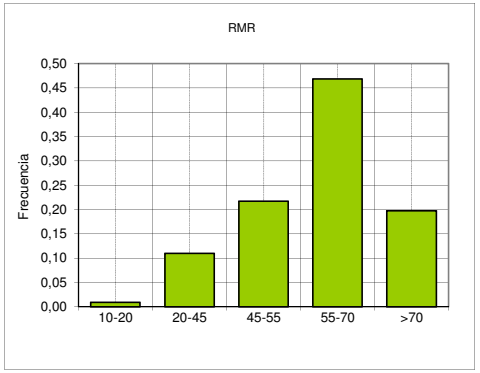
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 20/06/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-18 / HOJA: 1 de 1

TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa) DATO	VALOR	RQD (%) DATO	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m) DATO	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD DATO	VALOR	AGUA FREÁTICA DATO	VALOR	RMR BÁSICO
20,00-25,00	Lutitascon pasadas arenosas G:II	1-5	1	50	8	0,20-0,60	10	Zona muy fracturada, con juntas pulidas. Bordes alterados. Rellenos de arcilla y fragmentos de roca	5	Goteando	4	**28**
25,00-44,20	Lutitas con pasadas arenosas G:I	5-25	2	100	20	0,60->2,00	17	Estratificación y juntas planas y onduladas lisas. Separación <1-1mm. Bordes duro. Relleno de calcita	15	Ligeramente húmedo	10	**64**
44,20-44,60	Lutitas G:III	<1	0	0	3	<0,06	5	Zona muy fracturada, con juntas pulidas. Bordes muy alterados. Rellenos de arcilla	5	Goteando	4	**17**
44,60-53,60	Lutitas con pasadas arenosas G:I	5-25	2	100	20	>2,00	20	Junas planas lisas. Separación <1mm. Bordes duros y sanos	19	Ligeramente húmedo	10	**71**
53,60-63,50	Lutitas con abundantes pasadas arenosas G:I	5-25	2	85	17	0,20-0,60	10	Juntas planas rugosas y lisas. Separación 1mm. Bordes duros. Rellenos de calcita	16	Ligeramente húmedo	10	**55**
63,50-65,70	Lutitas G:I	5-25	2	100	20	0,60-2,00	15	Estratificación plana lisa. Separación 10mm. Bordes duros	10	Ligeramente húmedo	10	**57**

RESUMEN RMR SM-18

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,40	5,00	9,90	21,40	9,00
% EN EL SONDEO	0,01	0,11	0,22	0,47	0,20

0,9%	10 < RMR < 20
10,9%	20 < RMR< 45
21,7%	45 < RMR < 55
46,8%	55 < RMR < 70
19,7%	RMR >70
100,0%	



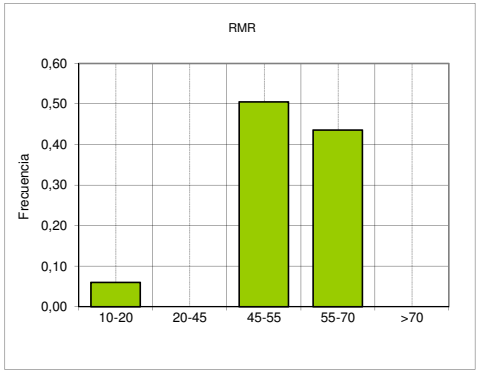
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-19 / HOJA: 1 de 1

TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
6,30-8,00	Lutitas y areniscas en alternancia centimétrica G:II	1-5	1	0	3	<0,06	5	Estratificación ondulada pulida. Resto de juntas ondulada lisa. Separación 1-5 mm. Bordes bastante alterados. Rellenos de arcilla	5	Goteando	4	**18**
8,00-12,00	Lutitas con numerosas intercalaciones milimétricas-centimétricas de areniscas G:II	5-25	2	90	18	0,20-0,60	10	Estratificación ondulada lisa. Separación <1mm. Bordes duros.	15	Húmedas	7	**52**
12,00-19,20	Lutitas y areniscas en alternancia centimétrica G:II	5-25	2	90	18	0,20-0,60	10	Estratificación ondulada lisa y cerradas. Resto de juntas planas rugosas. Separación <1mm. Bordes duros. Rellenos de calcita	15	Húmedas	7	**52**
19,20-22,50	Areniscas con alguna intercalación centimétrica lutítica G:II	25-50	4	85	17	0,20-0,60	10	Estratificación ondulada lisa. Resto de juntas planas rugosas y cerradas. Separación <1mm. Bordes duros. Rellenos de calcita	15	Húmedas	7	**53**
22,50-29,00	Lutitas con clastos centimétricos de caliza G:II	5-25	2	100	20	0,30-1,00	12	Estratificación ondulada rugosa. Separación <1mm. Bordes duros.	20	Ligeramente húmedas	10	**64**
29,00-35,00	Lutitas y areniscas en alternancia centimétrica-decimétrica de areniscas G:II	5-25	2	100	20	0,30-1,00	12	Estratificación ondulada lisa. Resto de juntas planas rugosas y cerradas. Separación <1mm. Bordes duros. Rellenos de calcita	15	Ligeramente húmedas	10	**59**

RESUMEN RMR SM-19

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	1,70	0,00	14,50	12,50	0,00
% EN EL SONDEO	0,06	0,00	0,51	0,44	0,00

5,9%	10 < RMR < 20
0,0%	20 < RMR< 45
50,5%	45 < RMR < 55
43,6%	55 < RMR < 70
0,0%	RMR >70
100,0%	



EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN: / SONDEO: SM-20	HOJA: 1 de 2

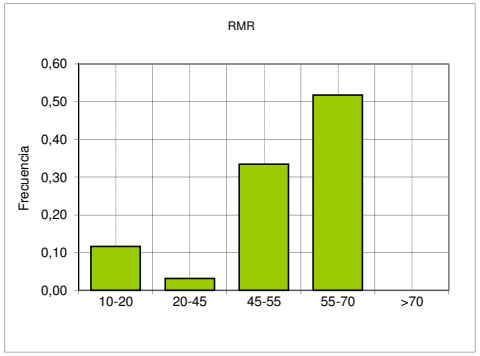
TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
4,10-8,20	Lutitas con alguna intercalación milimétrica y centimétrica de arenisca G:III-II	1-5	1	25	4	<0,06	5	Zona muy fracturada, con juntas pulidas. Bordes muy alterados. Rellenos de arcilla	5	Goteando	4	**19**
8,20-13,05	Lutitas con intercalaciones milimétricas y centimétricas de arenisca G:II-I	5-25	2	85	17	0,20-0,60	10	Estratificación plana pulida. Separación <1mm. Bordes duros	10	Ligeramente húmedo	10	**49**
13,05-15,00	Areniscas con alguna intercalación de lutitas milimétrica y centimétrica G:II	25-50	4	100	20	0,06-2,00	15	Estratificación ondulada pulida. Separación <1mm. Bordes duros	10	Ligeramente húmedo	10	**59**
15,00-16,28	Lutitas y areniscas en alternancia milimétrica y centimétrica G:II	5-25	2	95	20	0,20-0,60	10	Estratificación plana y ondulada pulida. Separación <1-10mm. Bordes algo alterados	10	Ligeramente húmedo	10	**52**
16,28-17,40	Areniscas G:II	25-50	4	30	8	0,06-0,20	8	Juntas planas rugosas. Separación 1mm. Bordes duros. Rellenos de calcita	15	Húmedo	7	**42**
17,40-22,10	Lutitas con alguna intercalación milimétrica y centimétrica de arenisca G:II-I	5-25	2	95	20	0,60-2,00	15	Estratificación plana pulida. Separación <1mm. Bordes duros	10	Ligeramente húmedo	10	**57**
22,10-24,20	Lutitas y areniscas en alternancia milimétrica y centimétrica G:II-I	5-25	2	100	20	0,20-0,60	10	Estratificación plana pulida. Resto de juntas planas rugosas. Separación <1-5mm. Bordes duros. Rellenos de calcita	10	Ligeramente húmedo	10	**52**
24,20-30,25	Areniscas con alguna intercalación de lutitas milimétrica y centimétrica G:I	25-50	4	100	20	0,60-2,00	15	Estratificación plana pulida. Resto de juntas planas rugosas. Separación <1-1mm. Bordes duros. Rellenos de calcita	10	Ligeramente húmedo	10	**59**
30,25-35,70	Lutitas con intercalaciones milimétrica y centimétricas de areniscas G:I	5-25	2	100	20	>2,00	20	Estratificación plana pulida. Separación <1mm. Bordes duros	10	Ligeramente húmedo	10	**62**
35,70-39,20	Areniscas con intercalaciones milimétricas y cetimétricas de areniscas G:I	25-50	4	100	20	0,20-0,60	10	Estratificación plana y ondulada pulida. Separación <1mm. Bordes duros	10	Ligeramente húmedo	10	**54**

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 01/12/2012
			LOCALIZACIÓN: / SONDEO: SM-20	HOJA: 2 de 2

RESUMEN RMR SM-20

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	4,10	1,12	11,73	18,15	0,00
% EN EL SONDEO	0,12	0,03	0,33	0,52	0,00

11,7%	10 < RMR < 20
3,2%	20 < RMR< 45
33,4%	45 < RMR < 55
51,7%	55 < RMR < 70
0,0%	RMR >70
100,0%	



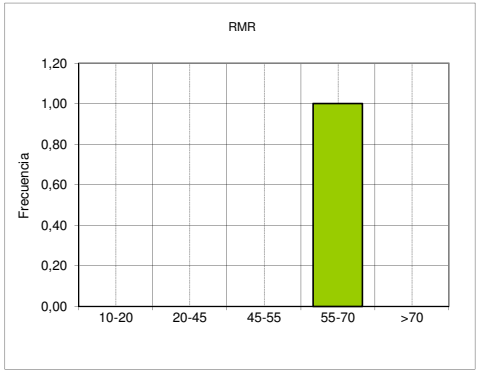
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-21 / HOJA: 1 de 1

TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
8,70-42,00	Lutitas con alguna intercalación milimétrica-centimétrica de areniscas G:II	5-25	2	95	20	0,20-2	13	Estratificación ondulada lisa. Resto de juntas planas rugosa. Separación <1-1mm. Bordes duros. Rellenos de calcita	15	Ligeramente húmedo	10	**60**

RESUMEN RMR SM-21

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	0,00	0,00	33,30	0,00
% EN EL SONDEO	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00

0,0% 10 < RMR < 20
0,0% 20 < RMR< 45
0,0% 45 < RMR < 55
100,0% 55 < RMR < 70
0,0% RMR >70
100,0%



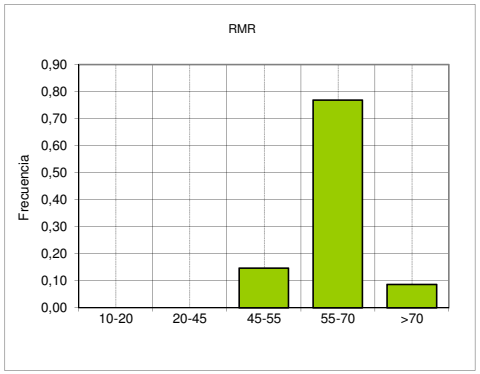
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-24 / HOJA: 1 de 1

TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
8,20-29,10	Lutitas y Areniscas en alternancia cm-mm G.II	5-25	2	100	20	1-3	18	Estratificación pulida . Resto de juntas plana rugosa y cerradas. Separación 1-3mm. Bordes duros. Relleno esporádico de calcita	10	Ligeramente húmedo	10	**60**
29,10-33,60	Areniscas con alguna intercalación lutítica G.II	25-50	4	80	17	0,06-0,60	9	Estratificación pulida . Resto de juntas plana rugosa. Separación 1-5mm. Bordes alterados. Relleno de arcilla y calcita	10	Húmedo	7	**47**
33,60-36,35	Lutitas G:II	5-25	2	90	18	0,20-0,60	10	Estratificación plana lisa . Resto de juntas plana rugosa. Separación 1mm. Bordes duros. Relleno esporádico de calcita	16	Ligeramente húmedo	10	**56**
36,35-39,00	Lutitas con clastos de caliza G:II	5-25	2	100	20	1-3	18	Estratificación y juntas plana lisas. Separación <1mm. Bordes duros y sin relleno	18	Secas	15	**73**

RESUMEN RMR SM-24

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	0,00	4,50	23,65	2,65
% EN EL SONDEO	0,00	0,00	0,15	0,77	0,09

0,0%	10 < RMR < 20
0,0%	20 < RMR< 45
14,6%	45 < RMR < 55
76,8%	55 < RMR < 70
8,6%	RMR >70
100,0%	



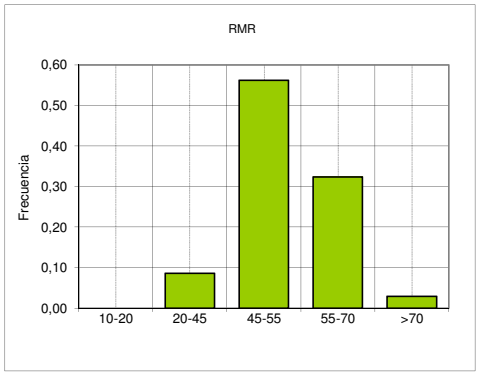
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN: / SONDEO: SM-25	HOJA: 1 de 1

TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
6,20-9,90	Lutitas y Areniscas en alternancia centimétrica G:II	5-25	2	35	8	<0,06-0,20	7	Estratificación ondulada pulida y plana rugosa . Resto de juntas planas rugosas. Separación 1mm. Bordes bastante alterados y oxidados.	13	Ligeramente húmedo	10	**40**
9,90-18,60	Lutitas y Areniscas en alternancia decimétrica a metrica G:II	5-25	2	75	15	0,20-0,60	10	Estratificación ondulada pulida y plana rugosa . Resto de juntas planas rugosas. Separación 1mm. Bordes bastante alterados	12	Ligeramente húmedo	10	**49**
18,60-22,75	Areniscas G:II	25-50	4	85	17	0,20-0,60	10	Estratificación ondulada pulida y plana rugosa . Resto de juntas planas rugosas. Separación 1mm. Bordes bastante alterados	12	Ligeramente húmedo	10	**53**
22,75-28,35	Lutitas G:I	5-25	2	100	20	1,00-2,00	18	Estratificación ondulada pulida. Separación <1mm. Bordes duros	10	Secas	15	**65**
28,35-36,70	Lutitas y areniscas en alternancia milimétrica a decimétrica G:I-II	5-25	2	100	20	1,00-2,00	18	Estratificación plana lisa y pulida. Separación <1mm. Bordes duros	12	Secas	15	**67**
36,70-48,10	Areniscas G:II	25-50	4	75	15	0,20-0,60	10	Estratificación plana rugosa y pulida. Separación <1-5mm. Bordes alterados	11	Ligeramente húmedo	10	**50**
48,10-49,35	Lutitas y areniscas en alternancia milimétrica a decimétrica G:I	5-25	2	100	20	>2	20	Sin juntas	30	Secas	15	**87**

RESUMEN RMR SM-25

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	3,70	24,25	13,95	1,25
% EN EL SONDEO	0,00	0,09	0,56	0,32	0,03

0,0%	10 < RMR < 20
8,6%	20 < RMR< 45
56,2%	45 < RMR < 55
32,3%	55 < RMR < 70
2,9%	RMR >70
100,0%	



EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO / euskal trenbide sarea	PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: APERRIBAI-GALDAKAO	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:		FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-26	HOJA: 1 de 2

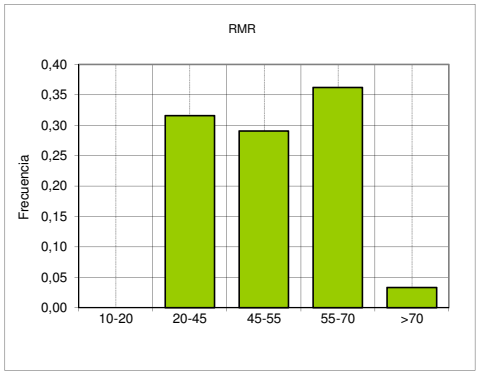
TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
9,00-13,80	Lutitas con alguna intercalación esporádica y milimétrica de arenisca G:II-III	1-5	1	40	8	<0,06	5	Estratificación ondulada pulida. Resto de juntas planas lisas. Separación 1-2mm. Bordes bastante alterados. Rellenos de arcilla	10	Goteando	4	**28**
13,80-17,60	Lutitas con alguna interacalación esporádica y milimétrica de arenisca G:II	5-25	2	40	8	0,06-0,20	8	Estratificación ondulada pulida. Resto de juntas escalonadas pulidas. Separación 1-2mm. Bordes bastante alterados. Rellenos de arcilla y calcita	10	Humedas	7	**35**
17,60-22,20	Lutitas con alguna interacalación esporádica y milimétrica de arenisca G:II	5-25	2	25	5	0,06-0,20	8	Estratificación ondulada pulida. Resto de juntas escalonadas pulidas. Separación 1-3mm. Bordes bastante alterados. Rellenos de arcilla y calcita	10	Goteando	4	**29**
22,20-24,20	Lutitas G:I	5-25	2	100	20	>2	20	Sin juntas	30	Secas	15	**87**
24,20-30,30	Lutitas y areniscas en alternancia centimétrica G:II	5-25	2	25	5	0,06-0,20	8	Estratificación pulida. Resto de juntas plana rugosas. Separación 1mm. Bordes bastante alterados. Rellenos de oxido y arcilla	10	Humedas	7	**32**
30,30-33,85	Areniscas G:II	25-50	4	80	17	0,20-0,60	10	Estratificación pulida. Resto de juntas escalonadas rugosas. Separación <1-1mm. Bordes bastante alterados.	10	Húmedas	7	**48**
33,85-53,00	Lutitas y Areniscas en alternancia centimétrica G:II	5-25	2	80	17	0,60-1,00	15	Estratificación pulida y plana rugosa. Resto de juntas planas rugosas. Separación 1mm. Bordes algo alterados.	12	Ligeramente húmedas	10	**56**
53,00-54,20	Areniscas con alguna intercalación lutítica centimétrica G.II	25-50	4	95	20	0,20-1,00	13	Estratificación ondulada pulida y plana rugosa . Resto de juntas planas rugosas. Separación 1mm. Bordes duros	11	Ligeramente húmedas	10	**58**
54,20-57,60	Lutitas y areniscas en alternancia centimétrica a decimétrica G.II	5-25	2	85	17	0,20-1,00	13	Estratificación ondulada pulida. Resto de juntas planas rugosas. Separación <1mm. Bordes duros.	11	Ligeramente húmedas	10	**53**
57,60-60,25	Areniscas con alguna intercalación lutítica centimétrica G.II	25-50	4	70	13	0,20-1,00	13	Estratificación ondulada pulida. Resto de juntas planas rugosas. Separación <1mm. Bordes duros.	11	Húmedas	7	**48**
60,25-68,40	Lutitas con intercalaciones de areniscas G.II	5-25	2	80	17	0,20-1,00	13	Estratificación ondulada pulida. Resto de juntas pulidas y cerradas. Separación 1-5mm. Bordes duros y en ocasiones rellenos de calcita	11	Ligeramente húmedas	10	**53**
68,40-70,20	Lutitas y Areniscas en alternancia centimétrica G.II	5-25	2	90	19	0,60-2	15	Estratificación ondulada pulida y plana lisa. Separación <1mm. Bordes duros.	11	Ligeramente húmedas	10	**57**

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO / euskal trenbide sarea	**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: GALDAKAO-HOSPITAL**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 01/12/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-6 SM-26 / HOJA: 2 de 2

RESUMEN RMR SM-26

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	19,30	17,75	22,15	2,00
% EN EL SONDEO	0,00	0,32	0,29	0,36	0,03

0,0%	10 < RMR < 20
31,5%	20 < RMR< 45
29,0%	45 < RMR < 55
36,2%	55 < RMR < 70
3,3%	RMR >70
100,0%	



APÉNDICE 7.6. ENSAYOS DE LABORATORIO. RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

RELACIÓN DE ENSAYOS EN TESTIGOS DE ROCA

FORMACIÓN	SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	HUMEDAD (%)	DENSIDAD APARENTE (t/m³)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	MÓDULO DE DEFORMACIÓN (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON	TRIAXIAL σ1 (MPa)	TRIAXIAL σ3 (MPa)	ABRASIVIDAD CERCHAR (l)	POINT LOAD (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	SCHIMAZEK (kN/m)	AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN			VELOCIDAD ONDAS (m/s)
																ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg)	SULFATOS (mg/kg)	AGRESIVIDAD	
CU-1: Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino	SM-8	TP	7,20-7,80	Margocalizas con alguna intercalación mm-cm de calcarenita G:II	0,9	2,70	18,60							3,95		0	87	No agresivo	
		TP	11,90-12,50	Margocalizas con alguna intercalación mm-cm de calcarenita G:II	0,4	2,70	22,70	19008,0	0,292										
		TP	19,10-19,50	Margocalizas con alguna intercalación mm-cm de calcarenita G:II	1	2,70	19,00							4,15					
		TP	27,60-28,18	Margocalizas con alguna intercalación mm-cm de calcarenita G:II	0,6	2,60	11.50 junta	12713,0	0,305					2,50	0,049				
	S-10 ESTUDIO INFORMATIVO	*TP*	*15,40 - 15,80*	*Limolitas G:II*			*6.70*	*6376.55*	*0.190*			*1,5*							
		TP	*18,55 - 18,95*	*Limolitas G:II*			*6.30*							*2,21*	*0,025*				
	SM-9	TP	4,93 - 5,20	Calizas margosas G:II	0,2	2,70	38.5 clasto caliza												
		TP	8,50 - 9,00	Margas G:I	0,8	2,71	19,70	13545,0	0,302										
		TP	17,40 - 18,00	Lutitas con alguna pasada mm y esporádica de arenisca G:I	0,8	2,68	12,30	4422.0	0.434					2,88					
		TP	22,20 - 22,80	Lutitas con alguna pasada mm y esporádica de arenisca G:I	0,7	2,69	20,10							4,31	0,045				
	SM-9a	TP	10,90 - 11,20	Lutitas con alguna pasada mm-cm y esporádica más calcárea G:II	1,4	2,71								4,74	0,050				4177
		TP	16,10 - 16,45	Lutitas con alguna pasada mm-cm y esporádica más calcárea G:II	1,8	2,69						0,5				0	147	No agresivo	
		TP	21,15 - 21,60	Margas con alguna pasada mm-cm y esporádica más calcárea G:I	0,7	2,69				20,6	0,5								
		TP	25,05 - 25,65	Margas con alguna pasada mm-cm y esporádica más calcárea G:I	0,4	2,72				31,6	0,7								
		TP	29,80 - 30,30	Margas con alguna pasada mm-cm y esporádica más calcárea G:I	0,5	2,72				23,6	0,8								
	S-4 ESTUDIO INFORMATIVO	*TP*	*14,60 - 14,90*	*Margocalizas G:II*			*20,83*												
	SM-11	TP	13,80 - 14,20	Margas G:II	1,1	2,72	9.60 junta	24586,0	0,342			0,3							
		TP	19,50 - 19,85	Margas G:II	1,2	2,70	22,40							3,31					
		TP	26,55 - 26,90	Margas G:I-II	1,1	2,68	13.60 junta	8613,0	0,431					4,85	0,033				
	S-11 ESTUDIO INFORMATIVO	*TP*	*14,25 - 14,60*	*Limolitas G:II*										*5,92*	*0,043*				
		TP	*17,75 - 18,25*	*Limolitas G:II*			*34,00*	*25512,4*	*0,280*			*0,1*							
		TP	*22,30 - 22,90*	*Limolitas G:II*	*0,9*	*2,85*	*55.61*												

RELACIÓN DE ENSAYOS EN TESTIGOS DE ROCA

FORMACIÓN	SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	HUMEDAD (%)	DENSIDAD APARENTE (t/m³)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	MÓDULO DE DEFORMACIÓN (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON	TRIAXIAL σ1 (MPa)	TRIAXIAL σ3 (MPa)	ABRASIVIDAD CERCHAR (l)	POINT LOAD (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	SCHIMAZEK (kN/m)	AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN			VELOCIDAD ONDAS (m/s)
																ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg)	SULFATOS (mg/kg)	AGRESIVIDAD	
				Nº DE ENSAYOS	17	17	9	6	6			4		10	6	2	2		1
				VALOR MÁXIMO	1,8	2,85	34,00	25512,4	0,431			1,5		5,92	0,050				
				VALOR MÍNIMO	0,2	2,60	12,30	8613,0	0,280			0,1		2,21	0,025				
				VALOR MEDIO	0,9	2,70	21,07	17329,6	0,325			0,6		3,88	0,041				
				DESVIACIÓN TÍPICA	0,4	0,05	5,72	6841,7	0,056			0,6		1,16	0,010				
				VALOR PROPUESTO	**0,9**	**2,70**	**25,00**	**16000,0**	**0,300**			**1,5**		**3,00**	**0,050**			**No agresivo**	**4177**

Los sondeos SM-8, SM-9 y SM-9a (CU-1) pertenecen al tramo anterior Sarratu - Aperribai

Ensayos no tenidos en cuenta en el análisis estadístico

Valores en rojo Resultados no representativos correspondientes a roturas anómalas indicadas en el parte del ensayo

FORMACIÓN	SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	HUMEDAD (%)	DENSIDAD APARENTE (t/m³)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	MÓDULO DE DEFORMACIÓN (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON	TRIAXIAL σ1 (MPa)	TRIAXIAL σ3 (MPa)	ABRASIVIDAD CERCHAR (l)	POINT LOAD (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	SCHIMAZEK (kN/m)	AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN			VELOCIDAD ONDAS (m/s)
																ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg)	SULFATOS (mg/kg)	AGRESIVIDAD	
CU-2 limolitas margas y areniscas	SM-12	TP	10,85 - 11,20	Lutitas G:II-I	1,3	2,64	22,60									0	178	No agresivo	3761
		TP	17,40 - 17,80	Lutitas G:II-I	0,5	2,71				41,9	0,5								
		TP	22,25 - 22,65	Lutitas G:I	1	2,70	1.50 junta					0,3							
		TP	27,40 - 27,85	Lutitas G:I	0,5	2,71				42,7	0,7								
		TP	32,20 - 32,75	Lutitas G:I	0,8	2,73	30,90	29164,0	0,289					7,88	0,066				
		TP	35,50 - 35,85	Lutitas G:I	1,2	2,69				25,7	1								
				Nº DE ENSAYOS	6	6,00	2	1	1			1		1	1	1	1		1
				VALOR MÁXIMO	1,3	2,73	30,90												
				VALOR MÍNIMO	0,5	2,64	22,60												
				VALOR MEDIO	0,9	2,70	26,75												
				DESVIACIÓN TÍPICA	0,3	0,03	5,87												
				VALOR PROPUESTO	**0,8**	**2,70**	**27,00**	**18000,0**	**0,300**			**0,3**		**3,20**	**0,066**			**No agresivo**	**3760**

Ensayos no tenidos en cuenta en el análisis estadístico

Valores en rojo Resultados no representativos correspondientes a roturas anómalas indicadas en el parte del ensayo

RELACIÓN DE ENSAYOS EN TESTIGOS DE ROCA

FORMACIÓN	SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	HUMEDAD (%)	DENSIDAD APARENTE (t/m³)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	MÓDULO DE DEFORMACIÓN (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON	TRIAXIAL σ1 (MPa)	TRIAXIAL σ3 (MPa)	ABRASIVIDAD CERCHAR (l)	POINT LOAD (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	SCHIMAZEK (kN/m)	AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN			VELOCIDAD ONDAS (m/s)
																ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg)	SULFATOS (mg/kg)	AGRESIVIDAD	
CS-4 Lutitas calcáreas negra, pasadas de areniscas	SM-13	TP	30,70 - 31,05	Lutitas con intercalaciones mm esporádicas de areniscas G:II-I	1,8	2,71	10,70							3,47	0,046				
		TP	34,60 - 35,05	Lutitas con intercalaciones mm esporádicas de areniscas G:II-I	1,5	2,70	8.80 junta	2992.0	0.197			0,3							3496
		TP	39,45 - 39,60	Lutitas con alguna intercalación mm a cm de areniscas G:II-I	1,2	2,69				20,5	0,8								
		TP	45,60 - 45,90	Lutitas G:II-I	1,9	2,66	12,90	17378,0	0,281					3,51	0,093				
		TP	50,15 - 50,40	Lutitas G:II-I	2,8	2,62	9,20												
	SM-14	TP	12,80 - 13,20	Lutitas con intercalaciones mm-cm de areniscas G:II-I	1,4	2,67				27,1	0,25								
		TP	17,40 - 17,80	Lutitas con intercalaciones mm-cm de areniscas G:II-I	1,8	2,66	10,70	13752,0	0,184					2,66	0,068				
		TP	21,60 - 22,20	Lutitas con intercalaciones mm-cm de areniscas G:II-I	1,2	2,71				23,5	0,5	0,9		2,22					4001
		TP	26,40 - 26,80	Lutitas con intercalaciones mm-cm de areniscas G:II-I	1,6	2,66	9.80 junta	12504.0	0.649			0,4				0	158	No agresivo	
		TP	31,20 - 31,70	Lutitas con intercalaciones mm-cm de areniscas G:II-I	1,3	2,72				31,4	1,0			3,27	0,098				
	S-5 ESTUDIO INFORMATIVO	*TP*	*11,70 - 12,00*	*Lutitas G:II-III*		*2,72*	*15,50*	*3865.2*	*0.250*										
		TP	*15,80 - 16,20*	*Lutitas G:II-III*			*18,40*					*0*		*2,84*	*0,022*				
		TP	*18,85 - 19,20*	*Lutitas G:II-III*		*2,68*	*17,70*	*3528.0*	*0.350*										
		TP	*22,50 - 22,80*	*Lutitas G:II-III*										*3,454*					
		TP	*15,00 - 15,23*	*Lutitas G:II-III*			*17,04*												
				Nº DE ENSAYOS	10	12	8	2	2			4		7	5	1	1		2
				VALOR MÁXIMO	2,8	2,72	18,40	17378,0	0,281			0,9		3,51	0,098				4001
				VALOR MÍNIMO	1,2	2,62	9,20	13752,0	0,184			0,0		2,22	0,022				3496
				VALOR MEDIO	1,7	2,68	14,02	15565,0	0,233			0,4		3,06	0,065				3749
				DESVIACIÓN TÍPICA	0,5	0,03	3,60	2564,0	0,069			0,4		0,50	0,032				357
				VALOR PROPUESTO	**1,7**	**2,68**	**19,00**	**15000,0**	**0,280**			**0,9**		**2,50**	**0,098**			**No agresivo**	**3750**

Ensayos no tenidos en cuenta en el análisis estadístico

Valores en rojo Resultados no representativos correspondientes a roturas anómalas indicadas en el parte del ensayo

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO

euskal trenbide sarea

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO

TRAMO: APERRIBAI - GALDAKAO

eptisa FULCRUM

RELACIÓN DE ENSAYOS EN TESTIGOS DE ROCA

FORMACIÓN	SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	HUMEDAD (%)	DENSIDAD APARENTE (t/m³)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	MÓDULO DE DEFORMACIÓN (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON	TRIAXIAL σ1 (MPa)	TRIAXIAL σ3 (MPa)	ABRASIVIDAD CERCHAR (l)	POINT LOAD (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	SCHIMAZEK (kN/m)	AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN			VELOCIDAD ONDAS (m/s)
																ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg)	SULFATOS (mg/kg)	AGRESIVIDAD	
CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas	SM-15	TP	13,60 - 14,00	Limolitas con algún clasto cm calcáreo G:II-I	1,9	2,66	6.10 junta	17893,0	0,287					1,45					
		TP	19,85 - 20,15	Limolitas con algún clasto cm calcáreo G:II-I	1,6	2,66	14,50	8140,0	0,365					1,35					
	SM-16	TP	10,80 - 11,40	Limolitas grado I-II	2,3	2,6	9,50												
		TP	16,90 - 17,25	Limolitas grado I-II	1,8	2,7	13,90												
	SM-17	TP	18,00 - 18,45	Lutitas y areniscas grado I-II	2,2	2,6	6.9 estrat												
		TP	30,00 - 30,55	Lutitas y areniscas grado I-II	1,6	2,6	8,10												
	SM-18	TP	27,50 - 28,00	Lutitas y areniscas grado I-II	0,9	2,7	10,20												
		TP	31,65 - 32,10	Lutitas y areniscas grado I-II	1,2	2,7	18,40												
	S-1 EG BENGOETXE	*TP*	*4,80 - 5,05*	*Marga arcillosa G:III-IV*			*1.15*												
	S-2 EG BENGOETXE	*TP*	*7,40 - 7,80*	*Margocaliza G:II-III*			*8,91*												
	S-3 EG BENGOETXE	*TP*	*14,40 - 14,65*	*Marga arcillosa G:III*			*2.3*												
	SM-19	TP	12,00 - 12,30	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	1,1	2,70	7,40					0,3							
		TP	15,65 - 15,85	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	1,7	2,64				15,1	0,3								
		TP	21,90 - 22,15	Arenisca con alguna intercalación cm de lutita G:II	2,9	2,62				71,1	0,5								
		TP	25,20 - 25,80	Lutitas con clastos cm de caliza G:II	0,8	2,67	11,30	3666.0	0.472					3,66	0,375				
		TP	29,70 - 29,95	Lutitas y areniscas en alternancia cm-dm G:II		2,62				14,1	0,8								
	SM-20	TP	15,85 - 16,25	Lutitas y areniscas en alternancia mm-cm G:II	0,8	2,60	9.00 junta	13789,0	0,191					6,12	0,377				
		TP	21,50 - 21,80	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II-I	0,3	2,64	14.20 junta	7996.0	0.215					5,45	0,217				
		TP	24,65 - 25,10	Areniscas con alguna intercalación de mm-cm de lutitas G:I	0,6	2,64				95,4	0,7	0,9							
		TP	29,70 - 30,10	Areniscas con alguna intercalación de mm-cm de lutitas G:I	0,3	2,72				85,8	0,9								
		TP	33,85 - 34,25	Lutitas con intercalaciones mm-cm G:I	0,5	2,47	45,10	26045,0	0,205										4984
	EG PARKING GALDAKAO	*MB-1*	-	*Lutitas negras*			*10,80*												
		MB-2	-	*Lutitas negras*			*13,40*												
	SM-3 EG PARKING GALDAKAO	*TP*	*2,40 - 2,85*	*Lutitas negras*			*72,00*												
	SM-21	TP	8,75 - 8,95	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II	1,9	2,73	8.60 laminacion												
		TP	12,70 - 13,00	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II	2,8	2,58	7.30 junta	1948.0	0.389										
		TP	16,80 - 17,15	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II	0,5	2,58				18,4	0,4								
		TP	21,60 - 22,10	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II	1,1	2,62	15,70	2909.0	0.206					2,76	0,129				
		TP	29,40 - 29,85	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II	0,8	2,64				20,9	0,7								
		TP	33,90 - 34,20	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II	1,1	2,60	6.60 junta					4,025 (arenisca) 0,25 (lutita)							
		TP	38,40 - 38,70	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II	1,2	2,62				19,5	1,0								
	S-12 ESTUDIO INFORMATIVO	*TP*	*19,25 - 19,65*	*Limolitas G:II*	*2,2*	*2,59*	*7,82*												
		TP	*21,55 - 22,05*	*Limolitas G:II*			*16,90*	*3918.8*	*0.190*			*0,7*							
		TP	*25,30 - 25,60*	*Limolitas G:II*										*6,19*	*0,113*				
	SM-22	TP	8,30 - 8,60	Areniscas G:II	3,6	2,39	6.60 laminacion	5026.0	0.218										

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO

euskal trenbide sarea

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO

TRAMO: APERRIBAI - GALDAKAO

eptisa FULCRUM

RELACIÓN DE ENSAYOS EN TESTIGOS DE ROCA

FORMACIÓN	SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	HUMEDAD (%)	DENSIDAD APARENTE (t/m³)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	MÓDULO DE DEFORMACIÓN (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON	TRIAXIAL σ1 (MPa)	TRIAXIAL σ3 (MPa)	ABRASIVIDAD CERCHAR (l)	POINT LOAD (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	SCHIMAZEK (kN/m)	AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN			VELOCIDAD ONDAS (m/s)
																ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg)	SULFATOS (mg/kg)	AGRESIVIDAD	
CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas	SM-23	TP	11,20 - 11,40	Areniscas con intercalaciones mm a cm de lutitas G:II	0,8	2,64	97,3	37774,0	0,154										
	SM-24	TP	13,25 - 13,50	Lutitas y areniscas en alternancia cm-mm G:II	1,1	2,61	10,50	3303.0	0.408										
		TP	17,40 - 17,70	Lutitas y areniscas en alternancia cm-mm G:II	1,5	2,71	13,40	2432.0	0.270			1,1		1,78					
		TP	26,20 - 26,55	Lutitas y areniscas en alternancia cm-mm G:II	1,2	2,64	6.90 junta							3,62	0,284				
	S-1 EG PARKING AYTO	*TP*	*8,90 - 9,20*	*Alternancia dm-cm de areniscas y lutitas G:III*			*86,57*												
		TP	*12,20 - 12,40*	*Alternancia dm-cm de lutitas y areniscas G:III-IV*			*8,46*												
	S-4 EG PARKING AYTO	*TP*	*7,40 - 7,90*	*Alternancia dm-cm de lutitas y areniscas G:III-IV*			*8,05*												
		TP	*10,30 - 10,60*	*Alternancia dm-cm de areniscas y lutitas G:III-II*	*1,41*	*2,61*	*75*												
	SM-25	TP	19,25 - 19,60	Areniscas G:II	1,2	2,62				63,3	0,5								
		TP	23,15 - 23,65	Lutitas G:I	2,4	2,70	6.40 junta							2,82	0,075				
		TP	27,90 - 28,15	Lutitas G:I	1,5	2,62	10,30	34615,0	0,194					1,78					
		TP	32,75 - 33,10	Lutitas y areniscas en alternancia cm a dm G:I-II	1,6	2,62	11,10	33382,0	0,329			0,7							
		TP	39,00 - 39,35	Areniscas G:II	2,1	2,55				91,4	1,0								
		TP	43,55 - 44,00	Areniscas G:II	0,8	2,66				147,2	1,2			9,45	2,489				
	SM-26	TP	23,60 - 24,00	Lutitas G:I	1,7	2,61	8.3 laminación?	8197,0	0,213					1,82					
		TP	28,20 - 28,40	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	0,7	2,67				248,5	0,7								
		TP	31,80 - 32,40	Areniscas G:II	1,0	2,66	23,60	25709,0	0,321			2,3							
		TP	36,40 - 36,60	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	0,9	2,61				25,3	1,0								
		TP	39,80 - 40,20	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	0,9	2,63	13,70	17677,0	0,326					3,81	0,124				
		TP	43,50 - 43,80	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	1,1	2,57				23,9	1,2								
		TP	47,70 - 47,90	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	1,4	2,64	9.20 junta	6798.0	0.225										
	SM-28	TP	14,45 - 14,90	Areniscas G:I-II	2,4	2,50	68,00	12228,0	0,272										
		TP	20,00 - 20,30	Areniscas G:I-II	1,8	2,60	62,40	14982,0	0,310										

RELACIÓN DE ENSAYOS EN TESTIGOS DE ROCA

FORMACIÓN	SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	HUMEDAD (%)	DENSIDAD APARENTE (t/m^3)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	MÓDULO DE DEFORMACIÓN (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON	TRIAXIAL σ1 (MPa)	TRIAXIAL σ3 (MPa)	ABRASIVIDAD CERCHAR (l)	POINT LOAD (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	SCHIMAZEK (kN/m)	AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN			VELOCIDAD ONDAS (m/s)
																ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg)	SULFATOS (mg/kg)	AGRESIVIDAD	
	PREDOMINANCIA DE LUTITAS Y ALTERNANCIA LUTITAS-ARENISCAS			**Nº DE ENSAYOS**	29	30	17	6	6			4		10	5				
				VALOR MÁXIMO	2,8	2,73	18,40	34615,0	0,365			1,1		6,19	0,375				
				VALOR MÍNIMO	0,5	2,57	7,40	8140,0	0,194			0,3		1,35	0,075				
				VALOR MEDIO	1,5	2,64	11,86	19984,0	0,286			0,7		2,74	0,163				
				DESVIACIÓN TÍPICA	0,6	0,04	3,28	11683,2	0,069			0,3		1,50	0,120				
				VALOR PROPUESTO	**1,5**	**2,65**	**17,00**	**14000,0**	**0,300**			**1,1**		**2,20**	**0,375**				
	PREDOMINANCIA DE ARENISCAS			**Nº DE ENSAYOS**	17	17	8	6	6			2		4	4				1
				VALOR MÁXIMO	3,6	2,72	97,30	37774	0,321			2,3		9,45	2,489				
				VALOR MÍNIMO	0,3	2,39	23,60	12228	0,154			0,9		3,62	0,217				
				VALOR MEDIO	1,3	2,60	66,25	21754,5	0,242			1,6		6,16	0,842				
				DESVIACIÓN TÍPICA	0,9	0,08	23,21	9907,0	0,069			1,0		2,43	1,100				
				VALOR PROPUESTO	**1,3**	**2,60**	**70,00**	**25000,0**	**0,200**			**2,3**		**6,00**	**2,489**				**4984**

RELACIÓN DE ENSAYOS PETROGRÁFICOS EN LÁMINA DELGADA

FORMACIÓN	SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	ENSAYO PETROGRÁFICO											
					CONTENIDO EN CUARZO EQUIVALENTE Q* (%)	Carbonatos (%)			SILICATOS					OPACOS (%)		Descripción Ensayo Petrográfico (Corrales et al., 1977)
									FILOSILICATOS			TECTOSILICATOS				
						CALCITA	DOLOMITA	CARBONATOS SIN ESPECIFICAR	GRUPO MINIERALES ARCILLOSOS	GRUPO DE LAS MICAS (Moscovita)	FILOSILICATOS SIN ESPECIFICAR	GRUPO SiO2 (Cuarzo)	GRUPO DE LOS FELDESPATOS(plagioclasas)	MATERIA ORGANICA (%)	OPACOS SIN ESPECIFICAR	
CU-1	SM-8	TP	27,60-28,18	Margocalizas con alguna intercalación mm-cm de calcarenita G:II	26,04	60			15			20			5	Caliza lutítica arenosa
	S-10 ESTUDIO INFORMATIVO	*TP*	*18,55 - 18,95*	*Limolitas G:II*	*24,51*	*3*	*15*		*57*			*20*		*5*		*Lutita arenosa calcárea*
	SM-9	TP	8,50 - 9,00	Margas G:I		75			10			10			5	Caliza micrítica
		TP	17,40 - 18,00	Lutitas con alguna pasada mm y esporádica de arenisca G:I		60			20			15			5	Caliza lutítica
		TP	22,20 - 22,80	Lutitas con alguna pasada mm y esporádica de arenisca G:I	18,94	60			25			15				Esquisto micáceo
	SM-9a	TP	10,90 - 11,20	Lutitas con alguna pasada mm-cm y esporádica más calcárea G:II	23,27	30			45			15			10	Lutita calcárea arenosa
	SM-11	TP	26,55 - 26,90	Margas G:I-II	20,97	30			50			15			5	Lutita calcárea arenosa
	S-11 ESTUDIO INFORMATIVO	*TP*	*14,25 - 14,60*	*Limolitas G:II*	*14,78*	*3*			*82*			*10*		*5*		*Lutita*
CU-2	SM-12	TP	32,20 - 32,75	Lutitas G:I	20,97	30			50			15			5	Lutita calcárea arenosa
CS-4	SM-13	TP	30,70 - 31,05	Lutitas con intercalaciones esporádicas mm de areniscas G:II-I	25,73	5	20		50			20			5	Lutita dolomítica arenosa
		TP	45,60 - 45,90	Lutitas G:II-I	40,17		30		30			35			5	Lutita arenosa dolomítica
	SM-14	TP	17,40 - 17,80	Lutitas con intercalaciones cm-mm de areniscas G:II-I	32,69	5	5		45			25		20		Lutita arenosa
		TP	31,20 - 31,70	Lutitas con intercalaciones cm-mm de areniscas G:II-I	30,39		10		55			25		10		Lutita arenosa
	S-5 ESTUDIO INFORMATIVO	*TP*	*15,80 - 16,20*	*Lutitas G:II-III*	*12,23*			*40*	*48*			*7*		*5*		*Lutita calcárea arenosa*

RELACIÓN DE ENSAYOS PETROGRÁFICOS EN LÁMINA DELGADA

FORMACIÓN	SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	ENSAYO PETROGRÁFICO											
					CONTENIDO EN CUARZO EQUIVALENTE Q* (%)	Carbonatos (%)			SILICATOS					OPACOS (%)		Descripción Ensayo Petrográfico (Corrales et al., 1977)
									FILOSILICATOS			TECTOSILICATOS				
						CALCITA	DOLOMITA	CARBONATOS SIN ESPECIFICAR	GRUPO MINIERALES ARCILLOSOS	GRUPO DE LAS MICAS (Moscovita)	FILOSILICATOS SIN ESPECIFICAR	GRUPO SiO2 (Cuarzo)	GRUPO DE LOS FELDESPATOS(plagioclasas)	MATERIA ORGANICA (%)	OPACOS SIN ESPECIFICAR	
CS-5	SM-19	TP	15,65 - 15,85	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II		20			25			55				Arena lutítica calcárea
		TP	21,90 - 22,15	Arenisca con alguna intercalación cm de lutita G:II			3				15	82				Arenisca
		TP	25,20 - 25,80	Lutitas con clastos de caliza G:II	42,81	25	20		15			40				Caliza arenosa
	SM-20	TP	15,85 - 16,25	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	56,87		30		10			50			10	Arenisca dolomítica
		TP	21,50 - 21,80	Lutitas con alguna intercalación cm G:II	56,78	10	10		20			50			10	Alternancia arenisca-lutita
	SM-21	TP	8,75 - 8,95	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II			40		15			40			5	Dolomía arenosa
		TP	21,60 - 22,10	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II	51,6				25			40		30	5	Lutita arenosa con materia orgánica
	S-12 ESTUDIO INFORMATIVO	*TP*	*25,30 - 25,60*	*Limolitas G:II*	*25,44*				*55*	*15*		*20*		*10*		*Lutita arenosa*
	SM-24	TP	26,20 - 26,55	Lutitas y areniscas en alternancia cm-mm G:II	63,95		5		25			60		10		Arena lutítica
	SM-25	TP	19,25 - 19,60	Areniscas G:II							20	55	15	10		Arenisca
		TP	23,15 - 23,65	Lutitas G:I	26,65				65			20		15		Lutita arenosa
		TP	43,55 - 44,00	Areniscas G:II	71,8				15			65	10	10		Arenisca
	SM-26	TP	39,80 - 40,20	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	41,05				50			35		15		Lutita arenosa

Los sondeos SM-8, SM-9 y SM-9a (CU-1) pertenecen al tramo anterior Sarratu - Aperribai

RELACIÓN DE ENSAYOS DE JUNTAS EN ROCA

FORMACIÓN	SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE PICO		PARÁMETROS RESIDUALES		JRC PROBETAS		
					COHESIÓN (kp/cm2)	FRICCIÓN (º)	COHESIÓN (kp/cm2)	FRICCIÓN (º)	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3
CU-1	SM-4	JUNTA	10,80 - 11,00	Alternancia de margas, calcarenitas y margocalizas G:II-III	5,71	40,03	4,02	33,47	10-12	8-10	-
		JUNTA	17,50-17,60	Alternancia de margas, calcarenitas y margocalizas G:II-III	2,93	43,4	0,1	37,55	4-6	4-6	-
		JUNTA	17,80-17,90	Alternancia de margas, calcarenitas y margocalizas G:II-III	2,15	40,81	0,53	45,73	6-8	10-12	-
	SM-5	JUNTA	11,80 - 12,00	Lutitas calcáreas con intercalaciones cm de areniscas G:II	6,93	25,09	0,69	30,95	10-12	12-14	-
		JUNTA	20,60 - 20,80	Lutitas calcáreas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:I-II	0,96	40,19	0,5	36,63	4-6	4-6	-
		JUNTA	23,50 - 23,70	Lutitas calcáreas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:I-II	2,36	36,69	1,34	34,88	10-12	6-8	-
CU-2	SM-12	JUNTA	9,30-9,60	Lutitas G:II-I	4,75	48,17	2,66	31,14	12-14	18-20	-
CS-4	SM-13	JUNTA	59,80 - 60,00	Lutitas y areniscas G:II	1,65	34,68	1,02	33	4-6	4-6	-
		JUNTA	60,00 - 60,20	Lutitas y areniscas G:II	4,96	23,79	0,24	35,22	4-6	4-6	-
CS-5	SM-15	JUNTA	12,80 - 13,00 (A)	Limolitas con algún clasto cm calcáreo G:II-I	3,52	46,42	0,59	33,17	4-6	18-20	-
		JUNTA	12,80 - 13,00 (B)	Limolitas con algún clasto cm calcáreo G:II-I	2,9	45,18	1,41	30,07	14-16	4-6	-
		JUNTA	16,00 - 16,40	Limolitas con algún clasto cm calcáreo G:II-I	0,73	33,24	0,54	32,81	4-6	4-6	-
	SM-26	JUNTA	32,60-32,80	Areniscas G:II	2,88	29,28	1,48	24,32	8-10	8-10	-
		JUNTA	48,30 - 48,60	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	5,27	17,48	3,6	15,94	10-12	4-6	-
		JUNTA	50,40 - 50,60	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	0,42	37,47	0,27	29,36	4-6	4-6	16-18

Los sondeos SM-4 y SM-5 (CU-1) pertenecen al tramo anterior Sarratu - Aperribai

RELACIÓN DE ENSAYOS DE AGRESIVIDAD DEL AGUA AL HORMIGÓN							
SONDEO	pH	Residuo seco (mg/l)	Contenido en Sulfatos (mg/l)	Contenido en Magnesio (mg/l)	Contenido en Carbono libre (mg/l)	Contenido en Amonio (mg/l)	AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN
SM-11	7,4	934	224	79	7	1	Débil
S-11 ESTUDIO INFORMATIVO	*7,93*	*341*	*40,8*	*7,44*	*2,6*	*0,38*	*No agresivo*
SM-12	7,2	307	66	42	41	1	Media
SM-15	6,8	752	457	79	44	1	Media
S-12 ESTUDIO INFORMATIVO	*6,78*	*356*	*89,1*	*19,8*	*25,5*	*0,55*	*Débil*

APÉNDICE 7.7. PARÁMETROS DEL MACIZO ROCOSO

RESULTADOS MÓDULO DE DEFORMACIÓN. ENSAYOS DE LABORATORIO (Ei) Y ENSAYOS INSITU (Em)

FORMACIÓN CU-1 Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino

			MATRIZ			MACIZO						
			Elaboratorio (MPa)	ν	ν (de ensayos)	G (MPa) Presiometro	Epresiometro (MPa)	Descripción	E carga (GPa)	E descarga(GPa)	RMR tramo	Empresa
	SM-4	16,50 - 17,50			0,300	4,80	12,49	Grado II-III, RQD = 10, RMR = 35	0,0124878	0,02372682	35	TERRACONTROL
		6,60 - 7,20	11815	0,412								
	SM-6	14,00 - 15,20			0,300	596,83	1551,76	Grado II, RQD = 85, RMR = 49	1,551758	2,52936554	49	TERRACONTROL
		19,80 - 20,10	10441	0,424								
		20,00 - 21,00			0,300	1056,27	2746,30	Grado II, RQD = 75, RMR = 45	2,746302	4,6687134	45	TERRACONTROL
	SM-7	22,20 - 22,60	8833	0,418								
		30,30 - 30,60	13297	0,308								
		34,30 - 34,80	6010	0,18								
	S-10 EST INF 1	*20,3*			*0,300*		*1315,05*	Grado II, RQD = 65, RMR = 40	*1,31505*	*2,3013375*	*40*	*GABINETE GEOTÉCNICO*
	SM-9A	16,10 - 16,70			0,300	759,02	1973,45	Grado II, RQD = 85, RMR = 57	1,973452	3,03911608	57	INGE
		13,80 - 14,20	24586	0,342								
	SM-11	20,40 - 21,00			0,300	161,84	420,78	Grado II, RQD = 100, RMR = 65	0,420784	0,60172112	65	INGE
		26,55 - 26,90	8613	0,431								

FORMACIÓN CS-4 Lutitas calcáreas negras. Pasadas de areniscas

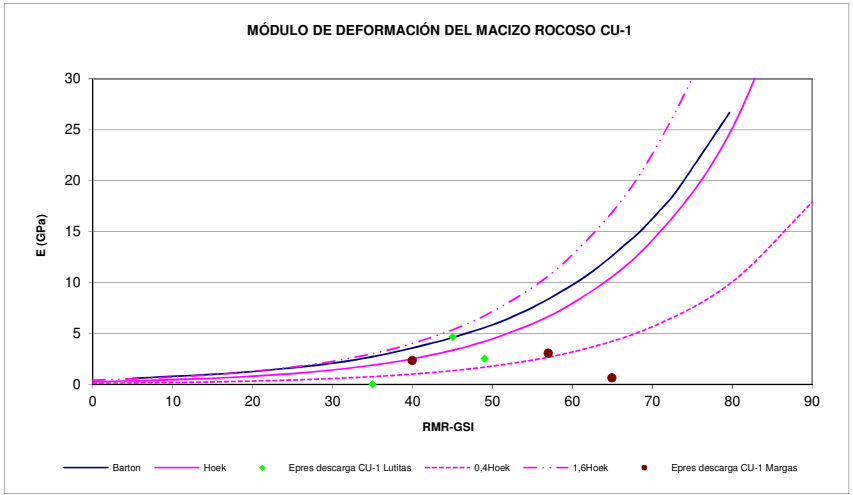
			MATRIZ			MACIZO						
			Elaboratorio (MPa)	ν	ν (de ensayos)	G (MPa) Presiometro	Epresiometro (MPa)	Descripción	E carga (GPa)	E descarga(GPa)	RMR tramo	Empresa
	SM-13	48,20 - 48,80			0,280	149,67	383,16	Grado II, RQD = 100, RMR = 71	0,3831552	0,528754176	71	INGE
		13,80 - 14,60			0,280	623,71	1596,70	Grado II-I, RQD = 95, RMR = 55	1,5966976	2,506815232	55	TERRACONTROL
	SM-14	17,40 - 17,80	13752	0,184								
		20,50 - 21,40			0,280	875,38	2240,97	Grado II-I, RQD = 95, RMR = 55	2,2409728	3,518327296	55	TERRACONTROL
		26,40 - 26,80	12504	0,649								
	S-5 EST INF 1	*17,70 - 18,30*			*0,280*	*577,8*	*1479,17*	Grado II, RQD = 65, RMR = 46	*1,479168*	*2,55896064*	*46*	*INGE*

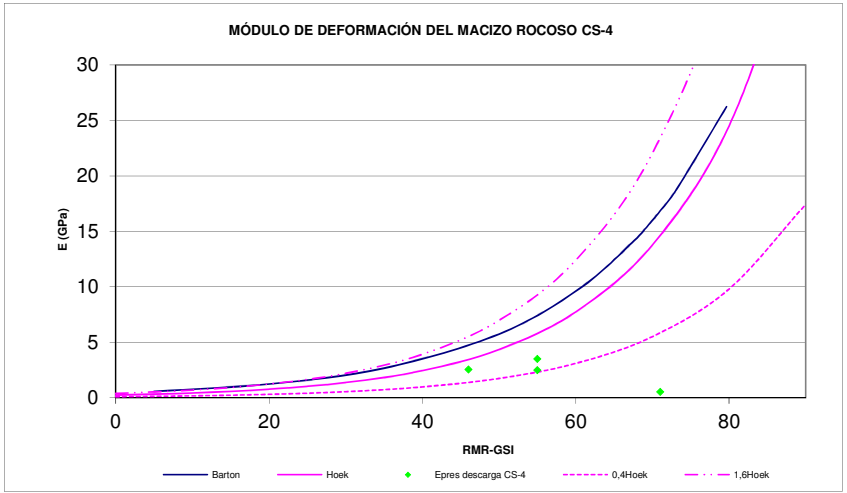
FORMACIÓN CS-5 Areniscas silíceas y lutitas. Predominancia de areniscas

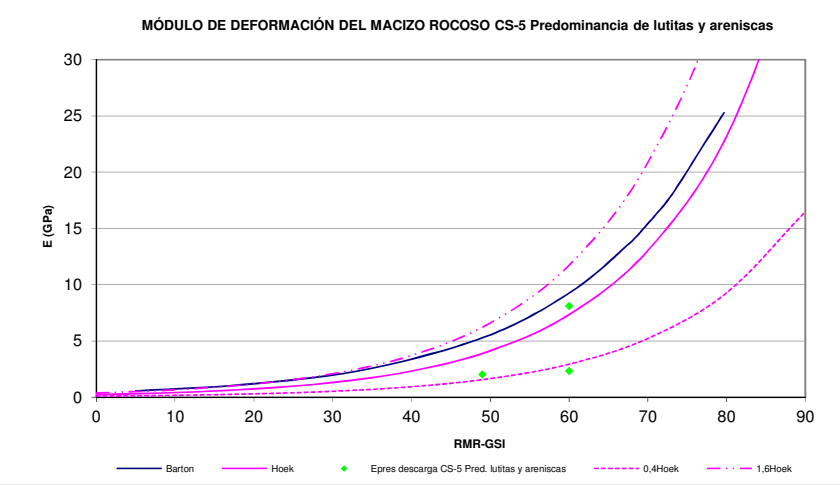
			MATRIZ			MACIZO						
			Elaboratorio (MPa)	ν	ν (de ensayos)	G (MPa) Presiometro	Epresiometro (MPa)	Descripción	E carga (GPa)	E descarga(GPa)	RMR tramo	Empresa
	SM-20	20,40 - 21,00			0,200	380,21	912,50		0,912504	1,40525616	57	INGE

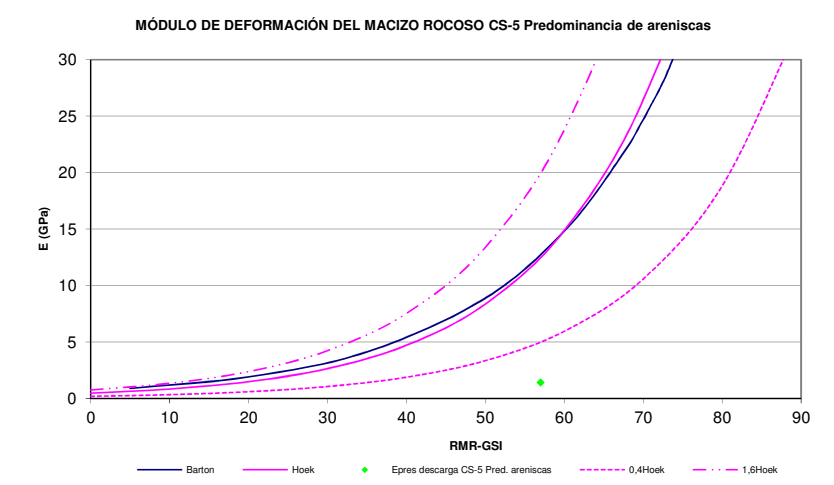
FORMACIÓN CS-5 Areniscas silíceas y lutitas. Predominancia de alternancia de areniscas y lutitas.

			MATRIZ			MACIZO						
			Elaboratorio (MPa)	ν	ν (de ensayos)	G (MPa) Presiometro	Epresiometro (MPa)	Descripción	E carga (GPa)	E descarga(GPa)	RMR tramo	Empresa
		15,85 - 16,25	13789	0,191								
	SM-20	21,50 - 21,80	7996	0,215								
		33,85 - 34,25	26045	0,205								
		12,70 - 13,00	1948	0,389								
	SM-21	19,30 - 20,50			0,300	600,88	1562,29	Grado II, RQD = 95, RMR = 60	1,562288	2,32780912	60	TERRACONTROL
		21,60 - 22,10	2909	0,206								
	S-12 EST INF 1	*25,6*			*0,300*		*1246,51*	Grado II, RQD = 78, RMR = 49	*1,24651*	*2,0318113*	*49*	*GABINETE GEOTÉCNICO*
		13,25 - 13,50	3303	0,408								
	SM-24	17,40 - 17,70	2432	0,270								
		19,50 - 20,70			0,300	2095,68	5448,768	Grado II, RQD = 100, RMR = 60	5,448768	8,11866432	60	TERRACONTROL
		23,60 - 24,00	8197	0,213								
		31,80 - 32,40	25709	0,321								
		39,80 - 40,20	17677	0,326								
	SM-26	45,10 - 45,90			0,250	517,07	1292,675	Grado II, RQD = 75, RMR = 56	1,292675	2,016573	56	TERRACONTROL
		47,70 - 47,90	6798	0,225								
		51,00 - 51,80			0,250	745,37	1863,425	Grado II, RQD = 80, RMR = 56	1,863425	2,906943	56	TERRACONTROL









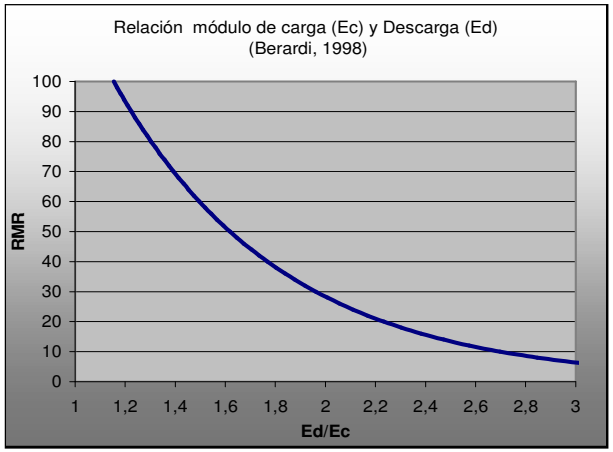
Em: CRITERIO DE BARTON, CRITERIO DE HOEK, RESULTADOS DE LOS ENSAYOS IN SITU

E MACIZO. ENSAYOS IN SITU, CORRELACIONES, FACTOR DE REDUCCIÓN Y ROCLAB

LITOTIPO	MATRIZ ROCOSA (LABO)			CALIDAD MACIZO			ENSAYOS IN SITU, Em			CORRELACIONES EMPÍRICAS PARA LA ESTIMACIÓN DE Em									FACTOR DE REDUCCIÓN		
	Ei (MPa)	ν	σci (MPa)	RMR	GSI	Q	Gpresio (MPa)	Epresio (MPa) carga	Epresio (MPa) descarga	0,4 Em Bieniawski	Em (MPa) Bieniawski Para RMR>50	1,6 Em Bieniawski	0,4 Em Serafim	Em (MPa) Serafim i Pereira Para RMR<50 y E = 1-10 GPa	1,6 Em Serafim	0,4 Em Hoek	Em (MPa) Hoek σci<100 MPa y calidad baja	1,6 Em Hoek	0,4 Em Barton	Em (MPa) Barton	1,6 Em Barton	Em = 0,2·Ei (MPa) Bieniawski	Em = 0,6·Ei (MPa) Bieniawski	Em (MPa) Heuze
CU-1	16000	0,300	20	35	35	0,10	4,80	12,49	23,73	-	-	-	1686,79	4216,97	6747,14	754,35	1885,88	3017,41	1085,77	2714,42	4343,07	3200	9600	6400
				49	49	0,86	596,83	1551,76	2529,37	-	-	-	3776,24	9440,61	15104,97	1688,79	4221,97	6755,15	2222,53	5556,33	8890,12	3200	9600	6400
				45	45	0,46	1056,27	2746,30	4668,71	-	-	-	2999,58	7498,94	11998,31	1341,45	3353,63	5365,81	1811,17	4527,92	7244,67	3200	9600	6400
			25	40	40	0,22		1315,05	2301,34	-	-	-	2249,37	5623,41	8997,46	1124,68	2811,71	4498,73	1510,61	3776,51	6042,42	3200	9600	6400
				57	57	2,93	759,02	1973,45	3039,12	5600	14000	22400	-	-	-	-	-	-	3605,20	9012,99	14420,78	3200	9600	6400
				65	65	10,00	161,84	420,78	601,72	12000	30000	48000	-	-	-	-	-	-	5428,84	13572,09	21715,34	3200	9600	6400
CS-4	15000	0,280	19	71	71	25,12	149,67	383,16	528,75	16800	42000	67200	-	-	-	-	-	-	6734,59	16836,48	26938,36	3000	9000	6000
				55	55	2,15	623,71	1596,70	2506,82	4000	10000	16000	-	-	-	-	-	-	2969,99	7424,99	11879,98	3000	9000	6000
				55	55	2,15	875,38	2240,97	3518,33	4000	10000	16000	-	-	-	-	-	-	2969,99	7424,99	11879,98	3000	9000	6000
				46	46	0,54		1479,17	2558,96	-	-	-	3177,31	7943,28	12709,25	1384,96	3462,40	5539,83	1873,94	4684,85	7495,76	3000	9000	6000
CS-5 are	25000	0,2	70	57	57	2,93	380,21	912,50	1405,26	5600	14000	22400	-	-	-	-	-	-	5081,38	12703,45	20325,51	5000	15000	10000
CS-5 areniscas y lutitas	14000	0,3	17	60	60	4,64	600,88	1562,29	2327,81	8000	20000	32000	-	-	-	-	-	-	3696,28	9240,71	14785,13	2800	8400	5600
	14000	0,3	17	49	49	0,86		1246,51	2031,81	-	-	-	3776,24	9440,61	15104,97	1556,99	3892,46	6227,94	2105,33	5263,33	8421,33	2800	8400	5600
	14000	0,3	17	60	60	4,64	2095,68	5448,77	8118,66	8000	20000	32000	-	-	-	-	-	-	3696,28	9240,71	14785,13	2800	8400	5600
	14000	0,3	17	56	56	2,51	517,07	1292,68	2016,57	4800	12000	19200	-	-	-	-	-	-	3012,15	7530,37	12048,59	2800	8400	5600
	14000	0,3	17	56	56	2,51	745,37	1863,43	2906,94	4800	12000	19200	-	-	-	-	-	-	3012,15	7530,37	12048,59	2800	8400	5600

PARÁMETROS MACIZO ROCOSO ROCLAB

	SECCIÓN TIPO	RANGO RMR	GSI	D	mi	σci (MPa)	Ei (MPa)	γ (t/m3)	H (m)	mb	s	a	Em (MPa)	c´(MPa)	ϕ´ (º)
CU-1	I	RMR>70	70	0	7	25	16000	2,700	34	2,398	0,0357	0,501	11725,03	0,790	50,32
	II	70>RMR>55	55	0	7	25	16000	2,700	34	1,403	0,0067	0,504	6532,49	0,360	48,85
	III	55>RMR>45	45	0	7	25	16000	2,700	34	0,982	0,0022	0,508	3578,4	0,239	46,72
	IV	45>RMR>20	20	0	7	25	16000	2,700	34	0,402	0,0001	0,544	730,75	0,105	37,69
	V	20>RMR>10	10	0	7	25	16000	2,700	34	0,281	0,00005	0,585	488,06	0,066	31,42
CU-2	I	RMR>70	70	0	5	27	18000	2,700	50	1,713	0,036	0,501	13190,65	0,981	45,05
	II	70>RMR>55	55	0	5	27	18000	2,700	50	1,002	0,0067	0,504	7349,05	0,441	43,62
	III	55>RMR>45	45	0	5	27	18000	2,700	50	0,701	0,0022	0,508	4025,7	0,290	41,46
	IV	45>RMR>20	20	0	5	27	18000	2,700	50	0,287	0,0001	0,544	822,09	0,124	32,38
	V	20>RMR>10	10	0	5	27	18000	2,700	50	0,201	0,00005	0,585	549,07	0,076	26,32
CS-4	I	RMR>70	70	0	7	19	15000	2,680	51	2,398	0,036	0,501	10992,21	0,651	47,05
	II	70>RMR>55	55	0	7	19	15000	2,680	51	1,403	0,0067	0,504	6124,21	0,336	44,48
	III	55>RMR>45	45	0	7	19	15000	2,680	51	0,982	0,0022	0,508	3354,75	0,244	41,92
	IV	45>RMR>20	20	0	7	19	15000	2,680	51	0,402	0,0001	0,544	685,07	0,121	32,83
	V	20>RMR>10	10	0	7	19	15000	2,680	51	0,281	0,00005	0,585	457,56	0,077	27,16
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas y areniscas	I	RMR>70	70	0	7	17	14000	2,650	34	2,398	0,036	0,501	10259,4	0,588	48,64
	II	70>RMR>55	55	0	7	17	14000	2,650	34	1,403	0,0067	0,504	5715,93	0,271	46,54
	III	55>RMR>45	45	0	7	17	14000	2,650	34	0,982	0,0022	0,508	3131,1	0,189	44,15
	IV	45>RMR>20	20	0	7	17	14000	2,650	34	0,402	0,0001	0,544	639,4	0,089	35,03
	V	20>RMR>10	10	0	7	17	14000	2,650	34	0,281	0,00005	0,585	427,05	0,057	29,07
CS-5 Areniscas	I	RMR>70	70	0	10	70	25000	2,600	50	3,425	0,036	0,501	18320,35	1,845	56,96
	II	70>RMR>55	55	0	10	70	25000	2,600	50	2,005	0,0067	0,504	10207,01	0,798	56,17
	III	55>RMR>45	45	0	10	70	25000	2,600	50	1,403	0,0022	0,508	5591,25	0,507	54,48
	IV	45>RMR>20	20	0	10	70	25000	2,600	50	0,574	0,0001	0,544	1141,79	0,209	46,12
	V	20>RMR>10	10	0	10	70	25000	2,600	50	0,402	0,00005	0,585	762,6	0,131	39,69



RESUMEN PARÁMETROS DEL MACIZO ROCOSO ADOPTADOS EN CÁLCULOS

			C. ROTURA HOEK-BROWN			MOHR-COULOMB	
	RMR	Em (MPa)	mb	s	a	c´(MPa)	ϕ´(º)
CU-1	55	6500	1,403	0,0067	0,504	0,360	49,00
	45	3500	0,982	0,0022	0,508	0,240	46,50
	20	730	0,402	0,0001	0,544	0,100	38,00
	10	490	0,201	0,00005	0,585	0,065	31,50
CU-2	55	7350	1,002	0,0067	0,504	0,440	43,50
	45	4000	0,701	0,0022	0,508	0,290	41,50
	20	820	0,287	0,0001	0,544	0,125	32,50
	10	550	0,201	0,00005	0,585	0,080	26,50
CS-4	55	6125	1,403	0,0067	0,504	0,335	44,50
	45	3350	0,982	0,0022	0,508	0,245	42,00
	20	685	0,402	0,0001	0,544	0,120	32,75
	10	460	0,281	0,00005	0,585	0,077	27,00
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas y areniscas	55	5700	1,403	0,0067	0,504	0,270	46,50
	45	3100	0,982	0,0022	0,508	0,190	44,00
	20	640	0,402	0,0001	0,544	0,090	35,00
	10	430	0,281	0,00005	0,585	0,055	29,00
CS-5 Areniscas	55	10200	2,005	0,0067	0,504	0,800	56,00
	45	5600	1,403	0,0022	0,508	0,510	54,50
	20	1140	0,574	0,0001	0,544	0,210	46,00
	10	760	0,402	0,00005	0,585	0,130	39,70

Estos valores son los considerados en los cálculos del análisis tensodeformacional. No se recogen los parámetros correspondientes a rmr>70 (ST-I) ya que este caso no se ha analizado mediante este método sino mediante la estabilidad de bloques.

Hoek y Marinos: $\sigma_{cM} = 0{,}0034 \cdot m_i^{\,0{,}8} \cdot \sigma_c \cdot \left(1{,}029 + 0{,}025 \cdot e^{-0{,}1 m_i}\right)^{GSI}$

Hoek: $\sigma_{cM} = \sigma_c \cdot s^a$

	RMR>70	σcm (MPa) Hoek y Marinos	σcm (MPa) Hoek
CU-1	RMR>70	6,905	4,701
	70>RMR>55	3,757	2,011
	55>RMR>45	2,504	1,121
	45>RMR>20	0,908	0,199
	20>RMR>10	0,605	0,072
CU-2	RMR>70	6,852	5,077
	70>RMR>55	3,583	2,172
	55>RMR>45	2,326	1,210
	45>RMR>20	0,790	0,215
	20>RMR>10	0,513	0,077
CS-4	RMR>70	5,248	3,572
	70>RMR>55	2,855	1,528
	55>RMR>45	1,903	0,852
	45>RMR>20	0,690	0,151
	20>RMR>10	0,460	0,055
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas y areniscas	RMR>70	4,695	3,196
	70>RMR>55	2,555	1,367
	55>RMR>45	1,702	0,762
	45>RMR>20	0,617	0,135
	20>RMR>10	0,411	0,049
CS-5 Areniscas	RMR>70	20,709	13,162
	70>RMR>55	11,802	5,631
	55>RMR>45	8,113	3,138
	45>RMR>20	3,178	0,557
	20>RMR>10	2,185	0,201

APÉNDICE 7.8. CÁLCULOS DEL ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. TÚNEL DE LÍNEA

RESUMEN RESULTADOS PLAXIS

TÚNEL DE LÍNEA

CU-1 RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)
CU-1	II	1,29E-03	5080	-	2032,30	6,94
	III	2,41E-03	4290	-	4204,75	12,66
	IV	1,34E-02	2600	72350,98	5073,38	144,20
	V	3,10E-02	1920	102344,59	5758,47	184,00

TÚNEL DE LÍNEA

CU-1 ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO ST-II

Hormigón proyectado, e = 10 cm (7+3)

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	
	I cercha (m4)	
	E cercha (kN/m2)	
	y1 cercha (m)	
	y2 cercha (m)	

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,10
	I gunita (m4)	8,33E-05
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,05

EI cercha (kNm2/m)	0,00
EA cercha (kN/m)	0,00E+00
EI gunita (kNm2/m)	1,21E+03
EA gunita (kN/m)	1,45E+06
EI total (kNm2/m)	1,21E+03
EA total (kN/m)	1,45E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS						GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)	σ t max cercha (kN/m2)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CU-1	Envolvente	0,83	39,63	203,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,83	39,63	203,23	0,00	**2032,30**	**OK**	**-98,70**	**OK**
	Fase final	-0,26	-6,49	99,22	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00			-0,26	-6,49	99,22	-0,06	**1025,74**	**OK**	**-222,09**	**OK**

TÚNEL DE LÍNEA

CU-1 ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO III
Hormigón proyectado, e = 12 cm (9+3)

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	
	I cercha (m4)	
	E cercha (kN/m2)	
	y1 cercha (m)	
	y2 cercha (m)	

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,12
	I gunita (m4)	1,44E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,06

EI cercha (kNm2/m)	0,00E+00
EA cercha (kN/m)	0,00E+00
EI gunita (kNm2/m)	2,09E+03
EA gunita (kN/m)	1,74E+06
EI total (kNm2/m)	2,09E+03
EA total (kN/m)	1,74E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS						GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)	σ t max cercha (kN/m2)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CU-1	Envolvente	2,80	364,57	364,57	2,80	0,00	0,00	0,00	0,00			2,80	364,57	364,57	2,80	**4204,75**	**OK**	**No tracciones**	**OK**
	Fase final	-1,34	108,14	215,17	-0,26	0,00	0,00	0,00	0,00			-1,34	108,14	215,17	-0,26	**1901,00**	**OK**	**No tracciones**	**OK**

TÚNEL DE LÍNEA

CU-1 ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO IV
Hormigón proyectado, e = 18 cm (15+3)
Cerchas TH-21 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	2,70E-03
	I cercha (m4)	3,41E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,05
	y2 cercha (m)	0,05

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,18
	I gunita (m4)	4,86E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,09

EI cercha (kNm2/m)	7,16E+02
EA cercha (kN/m)	5,67E+05
EI gunita (kNm2/m)	7,05E+03
EA gunita (kN/m)	2,61E+06
EI total (kNm2/m)	7,76E+03
EA total (kN/m)	3,18E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CU-1	Envolvente	-27,48	122,14	937,26	-2,90	-2,53	21,80	167,27	-0,27	65875,38	OK	-29094,68	OK	-24,95	100,34	769,99	-2,63	5176,92	OK	-4062,02	Rotura
	Fase final	-27,48	122,14	896,47	-3,11	-2,53	21,80	159,99	-0,29	63457,78	OK	-29094,68	OK	-24,95	100,34	736,48	-2,82	5176,92	OK	-4062,02	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				102,00%	de los iniciales			Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				98,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-3,03	23,81	182,67	-0,32	72350,98	OK	-35666,69	OK	-24,45	98,33	754,59	-2,58	5073,38	OK	-3980,78	OK
	Fase final					-3,03	23,81	174,72	-0,34	69739,99	OK	-35666,69	OK	-24,45	98,33	721,75	-2,76	5073,38	OK	-3980,78	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CU-1 ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO V
Hormigón proyectado, e = 30 cm (27+3)
Cerchas HEB-180 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	6,53E-03
	I cercha (m4)	3,83E-05
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,09
	y2 cercha (m)	0,09

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,30
	I gunita (m4)	2,25E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,15

EI cercha (kNm2/m)	8,04E+03
EA cercha (kN/m)	1,37E+06
EI gunita (kNm2/m)	3,26E+04
EA gunita (kN/m)	4,35E+06
EI total (kNm2/m)	4,07E+04
EA total (kN/m)	5,72E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CU-1	Envolvente	-107,32	408,38	1115,75	-3,74	-21,22	97,88	267,43	-0,74	64865,34	OK	-34886,21	OK	-86,10	310,50	848,32	-3,00	6774,67	OK	-4704,68	Rotura
	Fase final	-92,31	255,93	937,90	-11,51	-18,26	61,34	224,80	-2,28	52294,09	OK	-33506,00	OK	-74,05	194,59	713,10	-9,23	5585,55	OK	-4288,27	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				115,00%	de los iniciales			Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				85,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-34,14	144,46	394,68	-1,19	102344,59	OK	-58100,62	OK	-73,18	263,92	721,07	-2,55	5758,47	OK	-3998,98	OK
	Fase final					-29,36	90,53	331,76	-3,66	82866,48	OK	-55138,53	OK	-62,95	165,40	606,14	-7,85	4747,71	OK	-3645,03	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CU-1 RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)
CU-1	IV	1,85E-02	2440	203920,28	5907,31	160,36
	V	4,22E-02	2390	157525,89	5368,68	184,00

TÚNEL DE LÍNEA

CU-1 ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

SECCIÓN TIPO IV
Hormigón proyectado, e = 18 cm (15+3)
Cerchas TH-21 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	2,70E-03
	I cercha (m4)	3,41E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,05
	y2 cercha (m)	0,05

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,18
	I gunita (m4)	4,86E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,09

EI cercha (kNm2/m)	7,16E+02
EA cercha (kN/m)	5,67E+05
EI gunita (kNm2/m)	7,05E+03
EA gunita (kN/m)	2,61E+06
EI total (kNm2/m)	7,76E+03
EA total (kN/m)	3,18E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CU-1	Envolvente	32,83	155,39	1535,61	-2,23	3,03	27,73	274,06	-0,21	104525,37	OK	-34133,20	OK	29,80	127,66	1261,55	-2,03	7384,14	OK	-4809,63	Rotura
	Fase final	-32,82	149,81	1379,36	-2,39	-3,03	26,74	246,17	-0,22	94405,46	OK	-34488,38	OK	-29,79	123,07	1133,18	-2,17	6696,89	OK	-4833,40	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				120,00%		de los iniciales		Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				80,00%		de los iniciales	
	Envolvente					8,99	53,26	526,37	-0,61	203920,28	OK	-112072,07	OK	23,84	102,12	1009,24	-1,62	5907,31	OK	-3847,70	OK
	Fase final					-8,99	51,35	472,81	-0,65	184701,82	OK	-112740,08	OK	-23,83	98,46	906,55	-1,73	5357,51	OK	-3866,72	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CU-1 ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

SECCIÓN TIPO V
Hormigón proyectado, e = 30 cm (27+3)
Cerchas HEB-180 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	6,53E-03
	I cercha (m4)	3,83E-05
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,09
	y2 cercha (m)	0,09

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,30
	I gunita (m4)	2,25E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,15

EI cercha (kNm2/m)	8,04E+03
EA cercha (kN/m)	1,37E+06
EI gunita (kNm2/m)	3,26E+04
EA gunita (kN/m)	4,35E+06
EI total (kNm2/m)	4,07E+04
EA total (kN/m)	5,72E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CU-1	Envolvente	123,09	428,69	1690,02	-13,16	24,34	102,75	405,07	-2,60	72939,57	OK	-41469,85	OK	98,75	325,94	1284,95	-10,56	7669,54	OK	-5496,63	Rotura
	Fase final	-97,79	257,93	1286,35	-34,94	-19,34	61,82	308,32	-6,91	63452,84	OK	-35979,69	OK	-78,45	196,10	978,03	-28,03	5883,67	OK	-4576,31	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				130,00%	de los iniciales			Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				70,00%	de los iniciales		
	Envolvente					53,97	200,53	790,56	-5,77	157525,89	OK	-96107,96	OK	69,12	228,16	899,47	-7,39	5368,68	OK	-3847,64	OK
	Fase final					-42,88	120,65	601,73	-15,32	128144,77	OK	-82274,36	OK	-54,91	137,27	684,62	-19,62	4118,57	OK	-3203,42	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CU-2 RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)
CU-2	II	1,29E-03	5480	-	3824,30	10,09
	III	3,29E-03	4150	-	6260,75	24,88
	IV	2,27E-02	2840	144290,15	6490,16	184,00
	V	6,69E-02	2650	161437,38	7329,40	184,00

TÚNEL DE LÍNEA

CU-2 ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO ST-II

Hormigón proyectado, e = 10 cm (7+3)

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	
	I cercha (m4)	
	E cercha (kN/m2)	
	y1 cercha (m)	
	y2 cercha (m)	

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,10
	I gunita (m4)	8,33E-05
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,05

EI cercha (kNm2/m)	0,00
EA cercha (kN/m)	0,00E+00
EI gunita (kNm2/m)	1,21E+03
EA gunita (kN/m)	1,45E+06
EI total (kNm2/m)	1,21E+03
EA total (kN/m)	1,45E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS						GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)	σ t max cercha (kN/m2)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CU-2	Envolvente	1,32	303,23	314,39	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00			1,32	303,23	314,39	1,00	**3824,30**	**OK**	**No tracciones**	**OK**
	Fase final	-0,44	69,42	123,03	-0,17	0,00	0,00	0,00	0,00			-0,44	69,42	123,03	-0,17	**1332,30**	**OK**	**No tracciones**	**OK**

TÚNEL DE LÍNEA

CU-2 ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO III
Hormigón proyectado, e = 12 cm (9+3)

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	
	I cercha (m4)	
	E cercha (kN/m2)	
	y1 cercha (m)	
	y2 cercha (m)	

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,12
	I gunita (m4)	1,44E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,06

EI cercha (kNm2/m)	0,00E+00
EA cercha (kN/m)	0,00E+00
EI gunita (kNm2/m)	2,09E+03
EA gunita (kN/m)	1,74E+06
EI total (kNm2/m)	2,09E+03
EA total (kN/m)	1,74E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS						GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)	σ t max cercha (kN/m2)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CU-2	Envolvente	4,30	451,33	568,34	3,66	0,00	0,00	0,00	0,00			4,30	451,33	568,34	3,66	6260,75	OK	No tracciones	OK
	Fase final	3,87	195,52	317,32	-1,64	0,00	0,00	0,00	0,00			3,87	195,52	317,32	-1,64	3327,67	OK	No tracciones	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CU-2 ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO IV
Hormigón proyectado, e = 18 cm (15+3)
Cerchas TH-21 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	2,70E-03
	I cercha (m4)	3,41E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,05
	y2 cercha (m)	0,05

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,18
	I gunita (m4)	4,86E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,09

EI cercha (kNm2/m)	7,16E+02
EA cercha (kN/m)	5,67E+05
EI gunita (kNm2/m)	7,05E+03
EA gunita (kN/m)	2,61E+06
EI total (kNm2/m)	7,76E+03
EA total (kN/m)	3,18E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CU-2	Envolvente	29,72	169,96	1232,51	-9,44	2,74	30,33	219,97	-0,87	94230,36	OK	-28963,22	OK	26,98	139,63	1012,54	-8,56	7211,29	OK	-4220,29	Rotura
	Fase final	-29,68	167,91	1077,72	-4,67	-2,74	29,97	192,34	-0,43	77552,46	OK	-29044,89	OK	-26,94	137,94	885,38	-4,24	5755,65	OK	-4222,95	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				110,00%	de los iniciales			Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				90,00%	de los iniciales		
	Envolvente					5,44	44,30	321,22	-1,73	144290,15	OK	-63349,65	OK	24,28	125,67	911,29	-7,71	6490,16	OK	-3798,27	OK
	Fase final					-5,43	43,76	280,88	-0,85	116558,81	OK	-63440,57	OK	-24,25	124,15	796,84	-3,81	5180,08	OK	-3800,65	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CU-2 ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO V
Hormigón proyectado, e = 30 cm (27+3)
Cerchas HEB-180 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	6,53E-03
	I cercha (m4)	3,83E-05
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,09
	y2 cercha (m)	0,09

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,30
	I gunita (m4)	2,25E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,15

EI cercha (kNm2/m)	8,04E+03
EA cercha (kN/m)	1,37E+06
EI gunita (kNm2/m)	3,26E+04
EA gunita (kN/m)	4,35E+06
EI total (kNm2/m)	4,07E+04
EA total (kN/m)	5,72E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CU-2	Envolvente	-130,67	857,52	1359,00	-35,02	-25,84	205,53	325,73	-6,92	92202,50	OK	-29252,35	OK	-104,83	651,98	1033,27	-28,09	9161,75	OK	-4815,19	Rotura
	Fase final	-130,67	857,52	1174,99	-77,68	-25,84	205,53	281,63	-15,36	92202,50	OK	-29252,35	OK	-104,83	651,98	893,37	-62,31	9161,75	OK	-4815,19	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				120,00%	de los iniciales			Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				80,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-46,81	335,93	532,38	-12,54	161437,38	OK	-58549,48	OK	-83,86	521,59	826,62	-22,47	7329,40	OK	-3852,16	OK
	Fase final					-46,81	335,93	460,30	-27,82	161437,38	OK	-58549,48	OK	-83,86	521,59	714,69	-49,85	7329,40	OK	-3852,16	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CU-2 RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)
CU-2	IV	3,07E-02	3310	147236,66	10530,26	184,00
	V	8,77E-02	3060	301164,69	3605,48	184,00

TÚNEL DE LÍNEA

CU-2 ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

SECCIÓN TIPO IV
Hormigón proyectado, e = 18 cm (15+3)
Cerchas TH-21 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	2,70E-03
	I cercha (m4)	3,41E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,05
	y2 cercha (m)	0,05

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,18
	I gunita (m4)	4,86E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,09

EI cercha (kNm2/m)	7,16E+02
EA cercha (kN/m)	5,67E+05
EI gunita (kNm2/m)	7,05E+03
EA gunita (kN/m)	2,61E+06
EI total (kNm2/m)	7,76E+03
EA total (kN/m)	3,18E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CU-2	Envolvente	-33,24	498,62	2127,81	-4,87	-3,07	88,99	379,75	-0,45	147236,66	OK	-11999,95	OK	-30,17	409,63	1748,06	-4,42	10530,26	OK	-3312,01	OK
	Fase final	-33,24	498,62	1612,69	-3,74	-3,07	88,99	287,82	-0,35	111661,37	OK	-11999,95	OK	-30,17	409,63	1324,87	-3,40	7989,60	OK	-3312,01	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CU-2 ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

SECCIÓN TIPO V
Hormigón proyectado, e = 30 cm (27+3)
Cerchas HEB-180 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	6,53E-03
	I cercha (m4)	3,83E-05
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,09
	y2 cercha (m)	0,09

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,30
	I gunita (m4)	2,25E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,15

EI cercha (kNm2/m) 8,04E+03
EA cercha (kN/m) 1,37E+06

EI gunita (kNm2/m) 3,26E+04
EA gunita (kN/m) 4,35E+06

EI total (kNm2/m) 4,07E+04
EA total (kN/m) 5,72E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E. 270000,00
Límite elástico acero cerchas (kN/m2): 360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E. 22500,00
Resistencia a compresión gunita (kN/m2): 30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2): -4000

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CU-2	Envolvente	-119,24	-1041,91	1881,67	-56,51	-23,58	-249,73	451,01	-11,18	95328,13	OK	-93658,86	OK	-95,66	-792,18	1430,67	-45,33	7791,04	OK	-9017,79	Rotura
	Fase final	-119,21	1040,93	1414,81	-88,02	-23,58	249,49	339,11	-17,41	93608,80	OK	-17194,24	OK	-95,63	791,44	1075,71	-70,62	9013,69	OK	-3737,45	OK
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				160,00%	de los iniciales			Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				40,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-80,98	-725,04	1309,41	-38,38	290697,93	81%	-301317,43	84%	-38,26	-316,87	572,27	-18,13	3116,42	OK	-3607,12	OK
	Fase final					-80,96	724,36	984,53	-59,78	301164,69	84%	-79310,05	OK	-38,25	316,57	430,28	-28,25	3605,48	OK	-1494,98	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas **RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8**

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)
CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas	II	2,12E-03	5110	-	5020,50	15,22
	III	4,05E-03	3960	-	7289,08	38,97
	IV	2,72E-02	2900	236227,47	5841,21	184,00
	V	8,06E-02	2730	256331,03	6183,40	184,00

TÚNEL DE LÍNEA

CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO ST-II

Hormigón proyectado, e = 10 cm (7+3)

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	
	I cercha (m4)	
	E cercha (kN/m2)	
	y1 cercha (m)	
	y2 cercha (m)	

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,10
	I gunita (m4)	8,33E-05
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,05

EI cercha (kNm2/m)	0,00
EA cercha (kN/m)	0,00E+00
EI gunita (kNm2/m)	1,21E+03
EA gunita (kN/m)	1,45E+06
EI total (kNm2/m)	1,21E+03
EA total (kN/m)	1,45E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS						GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	c max cercha (kN/m2)	σ t max cercha (kN/m2)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	r c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas	Envolvente	1,57	390,48	432,03	1,17	0,00	0,00	0,00	0,00			1,57	390,48	432,03	1,17	5020,50	OK	No tracciones	OK
	Fase final	-0,51	136,03	155,63	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00			-0,51	136,03	155,63	-0,06	1666,90	OK	No tracciones	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO III

Hormigón proyectado, e = 12 cm (9+3)

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	
	I cercha (m4)	
	E cercha (kN/m2)	
	y1 cercha (m)	
	y2 cercha (m)	

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,12
	I gunita (m4)	1,44E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,06

EI cercha (kNm2/m)	0,00E+00
EA cercha (kN/m)	0,00E+00
EI gunita (kNm2/m)	2,09E+03
EA gunita (kN/m)	1,74E+06
EI total (kNm2/m)	2,09E+03
EA total (kN/m)	1,74E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS						GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	c max cercha (kN/m2)	σ t max cercha (kN/m2)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	r c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas	Envolvente	5,56	163,44	643,59	4,622	0,00	0,00	0,00	0,00			5,56	163,44	643,59	4,62	7289,08	OK	-954,68	OK
	Fase final	5,56	163,44	379,91	-1,31	0,00	0,00	0,00	0,00			5,56	163,44	379,91	-1,31	3712,17	OK	-954,68	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO IV
Hormigón proyectado, e = 18 cm (15+3)
Cerchas TH-21 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	2,70E-03
	I cercha (m4)	3,41E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,05
	y2 cercha (m)	0,05

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,18
	I gunita (m4)	4,86E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,09

EI cercha (kNm2/m)	7,16E+02
EA cercha (kN/m)	5,67E+05
EI gunita (kNm2/m)	7,05E+03
EA gunita (kN/m)	2,61E+06
EI total (kNm2/m)	7,76E+03
EA total (kN/m)	3,18E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	r c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas	Envolvente	34,27	161,49	1284,42	-11,46	3,16	28,82	229,23	-1,06	100397,76	OK	-35677,60	OK	31,11	132,67	1055,19	-10,40	7788,28	OK	-5023,85	Rotura
	Fase final	-34,23	174,28	1137,91	-1,58	-3,16	31,10	203,08	-0,15	77350,35	OK	-34778,01	OK	-31,07	143,18	934,83	-1,43	6549,58	OK	-4958,75	Rotura
	Envolvente					Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				125,00%		de los iniciales		Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				75,00%		de los iniciales	
						10,94	61,99	493,03	-3,66	236227,47	OK	-137428,78	OK	23,33	99,50	791,39	-7,80	5841,21	OK	-3767,89	OK
	Fase final					-10,93	66,90	436,79	-0,50	184976,78	OK	-135423,10	OK	-23,30	107,38	701,12	-1,07	4912,19	OK	-3719,06	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO V
Hormigón proyectado, e = 30 cm (27+3)
Cerchas HEB-180 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	6,53E-03
	I cercha (m4)	3,83E-05
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,09
	y2 cercha (m)	0,09

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,30
	I gunita (m4)	2,25E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,15

EI cercha (kNm2/m)	8,04E+03
EA cercha (kN/m)	1,37E+06
EI gunita (kNm2/m)	3,26E+04
EA gunita (kN/m)	4,35E+06
EI total (kNm2/m)	4,07E+04
EA total (kN/m)	5,72E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	r c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas	Envolvente	152,82	841,46	1361,10	-11,51	30,22	201,68	326,23	-2,28	101906,99	OK	-40135,80	OK	122,60	639,77	1034,87	-9,23	10305,67	OK	-6040,52	Rotura
	Fase final	152,82	841,46	1137,52	-94,60	30,22	201,68	272,64	-18,71	101906,99	OK	-40135,80	OK	122,60	639,77	864,88	-75,89	10305,67	OK	-6040,52	Rotura
	Envolvente					Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				140,00%		de los iniciales		Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				60,00%		de los iniciales	
						79,26	457,59	740,18	-5,97	256331,03	OK	-116180,29	OK	73,56	383,86	620,92	-5,54	6183,40	OK	-3624,31	OK
	Fase final					79,26	457,59	618,60	-49,07	256331,03	OK	-116180,29	OK	73,56	383,86	518,93	-45,54	6183,40	OK	-3624,31	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas **RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2**

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)
CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas	IV	3,83E-02	3190	194831,94	10675,07	184,00
	V	1,05E-01	2940	148793,13	9398,22	184,00

TÚNEL DE LÍNEA

CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

SECCIÓN TIPO IV
Hormigón proyectado, e = 18 cm (15+3)
Cerchas TH-21 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	2,70E-03
	I cercha (m4)	3,41E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,05
	y2 cercha (m)	0,05

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,18
	I gunita (m4)	4,86E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,09

EI cercha (kNm2/m)	7,16E+02
EA cercha (kN/m)	5,67E+05
EI gunita (kNm2/m)	7,05E+03
EA gunita (kN/m)	2,61E+06
EI total (kNm2/m)	7,76E+03
EA total (kN/m)	3,18E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	r c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas	Envolvente	-37,08	480,80	2259,73	-5,49	-3,42	85,81	403,29	-0,51	156797,87	OK	-18371,79	OK	-33,66	394,99	1856,43	-4,99	11236,91	OK	-4038,86	Rotura
	Fase final	-37,08	480,80	1679,25	-4,95	-3,42	85,81	299,70	-0,46	117696,29	OK	-18371,79	OK	-33,66	394,99	1379,55	-4,50	8496,62	OK	-4038,86	Rotura
	Envolvente					Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				105,00%		de los iniciales		Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				95,00%		de los iniciales	
						-5,10	105,56	496,12	-0,76	194831,94	OK	-35734,26	OK	-31,98	375,24	1763,61	-4,74	10675,07	OK	-3836,92	OK
	Fase final					-5,10	105,56	368,67	-0,68	146539,16	OK	-35734,26	OK	-31,98	375,24	1310,57	-4,27	8071,79	OK	-3836,92	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

SECCIÓN TIPO V
Hormigón proyectado, e = 30 cm (27+3)
Cerchas HEB-180 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	6,53E-03
	I cercha (m4)	3,83E-05
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,09
	y2 cercha (m)	0,09

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,30
	I gunita (m4)	2,25E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,15

EI cercha (kNm2/m)	8,04E+03
EA cercha (kN/m)	1,37E+06
EI gunita (kNm2/m)	3,26E+04
EA gunita (kN/m)	4,35E+06
EI total (kNm2/m)	4,07E+04
EA total (kN/m)	5,72E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	r c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-4 Lutitas calcáreas con areniscas	Envolvente	-137,37	1221,47	1896,89	-63,28	-27,17	292,76	454,65	-12,52	108675,02	OK	-19007,34	OK	-110,20	928,70	1442,23	-50,77	10442,47	OK	-4251,13	Rotura
	Fase final	-137,37	1221,47	1407,51	-112,02	-27,17	292,76	337,36	-22,15	108675,02	OK	-19007,34	OK	-110,20	928,70	1070,15	-89,87	10442,47	OK	-4251,13	Rotura
	Envolvente					Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				110,00%		de los iniciales		Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				90,00%		de los iniciales	
						-38,19	385,64	598,88	-17,59	148793,13	OK	-30681,31	OK	-99,18	835,83	1298,01	-45,69	9398,22	OK	-3826,02	OK
	Fase final					-38,19	385,64	444,37	-31,14	148793,13	OK	-30681,31	OK	-99,18	835,83	963,14	-80,88	9398,22	OK	-3826,02	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Areniscas **RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8**

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)
CS-5 Areniscas	II	1,08E-03	6180	-	2398,94	5,704
	III	1,95E-03	7010	-	3148,66	8,61
	IV	9,54E-03	3910	78787,78	6110,97	64,381
	V	1,60E-02	3510	60334,32	4465,93	172,49

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO ST-II

Hormigón proyectado, e = 10 cm (7+3)

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	
	I cercha (m4)	
	E cercha (kN/m2)	
	y1 cercha (m)	
	y2 cercha (m)	

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,10
	I gunita (m4)	8,33E-05
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,05

EI cercha (kNm2/m)	0,00
EA cercha (kN/m)	0,00E+00
EI gunita (kNm2/m)	1,21E+03
EA gunita (kN/m)	1,45E+06
EI total (kNm2/m)	1,21E+03
EA total (kN/m)	1,45E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS						GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)	σ t max cercha (kN/m2)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Areniscas	Envolvente	0,83	190,154	231,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,83	190,15	231,52	0,00	2398,94	OK	No tracciones	OK
	Fase final	0,08	45,245	82,00	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,00			0,08	45,25	82,00	-0,03	835,90	OK	No tracciones	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO III

Hormigón proyectado, e = 12 cm (9+3)

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	
	I cercha (m4)	
	E cercha (kN/m2)	
	y1 cercha (m)	
	y2 cercha (m)	

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,12
	I gunita (m4)	1,44E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,06

EI cercha (kNm2/m)	0,00E+00
EA cercha (kN/m)	0,00E+00
EI gunita (kNm2/m)	2,09E+03
EA gunita (kN/m)	1,74E+06
EI total (kNm2/m)	2,09E+03
EA total (kN/m)	1,74E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS						GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)	σ t max cercha (kN/m2)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Areniscas	Envolvente	2,17	269,34	355,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			2,17	269,34	355,60	0,00	3148,66	OK	No tracciones	OK
	Fase final	-0,61	35,36	187,66	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			-0,61	35,36	187,66	-0,19	1641,75	OK	No tracciones	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO IV
Hormigón proyectado, e = 18 cm (15+3)
Cerchas TH-21 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	2,70E-03
	I cercha (m4)	3,41E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,05000
	y2 cercha (m)	0,05000

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,18
	I gunita (m4)	4,86E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,09

EI cercha (kNm2/m)	7,16E+02
EA cercha (kN/m)	5,67E+05
EI gunita (kNm2/m)	7,05E+03
EA gunita (kN/m)	2,61E+06
EI total (kNm2/m)	7,76E+03
EA total (kN/m)	3,18E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Areniscas	Envolvente	16,18	742,99	1143,57	-2,36	1,49	132,60	204,09	-0,22	78787,78	OK	No tracciones	OK	14,69	610,39	939,48	-2,15	6110,97	OK	No tracciones	OK
	Fase final	7,86	599,79	1100,93	-2,26	0,73	107,04	196,48	-0,21	75823,20	OK	No tracciones	OK	7,13	492,74	904,45	-2,05	5403,96	OK	No tracciones	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO V
Hormigón proyectado, e = 30 cm (27+3)
Cerchas HEB-180 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	6,53E-03
	I cercha (m4)	3,83E-05
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,09000
	y2 cercha (m)	0,09000

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,30
	I gunita (m4)	2,25E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,15

EI cercha (kNm2/m)	8,04E+03
EA cercha (kN/m)	1,37E+06
EI gunita (kNm2/m)	3,26E+04
EA gunita (kN/m)	4,35E+06
EI total (kNm2/m)	4,07E+04
EA total (kN/m)	5,72E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Areniscas	Envolvente	64,38	403,56	1554,06	-7,09	12,73	96,73	372,48	-1,40	60334,32	OK	-15107,39	OK	51,65	306,83	1181,58	-5,68	4465,93	OK	-2420,39	OK
	Fase final	-64,16	399,96	1463,07	-6,40	-12,69	95,86	350,67	-1,27	56676,70	OK	-15137,25	OK	-51,47	304,09	1112,40	-5,14	4445,04	OK	-2417,75	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Areniscas RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)
CS-5 Areniscas	V	2,35E-02	3500	102895,69	7460,83	184,00

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

SECCIÓN TIPO V
Hormigón proyectado, e = 30 cm (27+3)
Cerchas HEB-180 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	6,53E-03
	I cercha (m4)	3,83E-05
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,09000
	y2 cercha (m)	0,09000

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,30
	I gunita (m4)	2,25E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,15

EI cercha (kNm2/m)	8,04E+03
EA cercha (kN/m)	1,37E+06
EI gunita (kNm2/m)	3,26E+04
EA gunita (kN/m)	4,35E+06
EI total (kNm2/m)	4,07E+04
EA total (kN/m)	5,72E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500,00**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Areniscas	Envolvente	-59,54	571,10	2592,54	-16,65	-11,78	136,88	621,39	-3,29	102895,69	OK	-6708,47	OK	-47,76	434,21	1971,15	-13,35	7460,83	OK	-1736,93	OK
	Fase final	-59,54	571,10	2233,40	-17,41	-11,78	136,88	535,31	-3,44	90069,64	OK	-6708,47	OK	-47,76	434,21	1698,09	-13,97	6591,63	OK	-1736,93	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Lutitas y areniscas **RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8**

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)
CS-5 Lutitas y areniscas	II	1,47E-03	3680	-	3179,00	8,82
	III	2,75E-03	3060	-	4819,75	20,13
	IV	1,71E-02	2250	267369,60	4835,43	181,66
	V	4,10E-02	2020	57126,96	5753,66	184,00

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Lutitas y areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO ST-II

Hormigón proyectado, e = 10 cm (7+3)

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	
	I cercha (m4)	
	E cercha (kN/m2)	
	y1 cercha (m)	
	y2 cercha (m)	

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,10
	I gunita (m4)	8,33E-05
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,05

EI cercha (kNm2/m)	0,00
EA cercha (kN/m)	0,00E+00
EI gunita (kNm2/m)	1,21E+03
EA gunita (kN/m)	1,45E+06
EI total (kNm2/m)	1,21E+03
EA total (kN/m)	1,45E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS						GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)	σ t max cercha (kN/m2)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Lutitas y areniscas	Envolvente	1,21	245,54	245,54	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00			1,21	245,54	245,54	1,21	3179,00	OK	No tracciones	OK
	Fase final	0,27	55,8	106,08	-0,11	0,00	0,00	0,00	0,00			0,27	55,80	106,08	-0,11	1124,40	OK	No tracciones	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Lutitas y areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO III

Hormigón proyectado, e = 12 cm (9+3)

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	
	I cercha (m4)	
	E cercha (kN/m2)	
	y1 cercha (m)	
	y2 cercha (m)	

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,12
	I gunita (m4)	1,44E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,06

EI cercha (kNm2/m)	0,00E+00
EA cercha (kN/m)	0,00E+00
EI gunita (kNm2/m)	2,09E+03
EA gunita (kN/m)	1,74E+06
EI total (kNm2/m)	2,09E+03
EA total (kN/m)	1,74E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS						GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)	σ t max cercha (kN/m2)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Lutitas y areniscas	Envolvente	3,17	295,82	430,92	2,95	0,00	0,00	0,00	0,00			3,17	295,82	430,92	2,95	4819,75	OK	No tracciones	OK
	Fase final	3,06	120,91	234,98	-0,07	0,00	0,00	0,00	0,00			3,06	120,91	234,98	-0,07	2282,62	OK	-267,38	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Lutitas y areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO IV
Hormigón proyectado, e = 18 cm (15+3)
Cerchas TH-21 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	2,70E-03
	I cercha (m4)	3,41E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,05
	y2 cercha (m)	0,05

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,18
	I gunita (m4)	4,86E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,09

EI cercha (kNm2/m)	7,16E+02
EA cercha (kN/m)	5,67E+05
EI gunita (kNm2/m)	7,05E+03
EA gunita (kN/m)	2,61E+06
EI total (kNm2/m)	7,76E+03
EA total (kN/m)	3,18E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Lutitas y areniscas	Envolvente	-40,33	144,51	916,07	-3,37	-3,72	25,79	163,49	-0,31	65114,47	OK	-44996,58	OK	-36,61	118,72	752,58	-3,06	7439,13	OK	-6120,06	Rotura
	Fase final	-40,33	144,51	873,00	-3,56	-3,72	25,79	155,80	-0,33	64100,30	OK	-44996,58	OK	-36,61	118,72	717,19	-3,23	7439,13	OK	-6120,06	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				135,00%	de los iniciales			Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				65,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-16,53	67,34	426,89	-1,38	267369,60	OK	-217487,66	OK	-23,80	77,17	489,18	-1,99	4835,43	OK	-3978,04	OK
	Fase final					-16,53	67,34	406,82	-1,46	267369,60	OK	-217487,66	OK	-23,80	77,17	466,18	-2,10	4835,43	OK	-3978,04	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Lutitas y areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO V
Hormigón proyectado, e = 30 cm (27+3)
Cerchas HEB-180 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	6,53E-03
	I cercha (m4)	3,83E-05
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,09
	y2 cercha (m)	0,09

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,30
	I gunita (m4)	2,25E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,15

EI cercha (kNm2/m)	8,04E+03
EA cercha (kN/m)	1,37E+06
EI gunita (kNm2/m)	3,26E+04
EA gunita (kN/m)	4,35E+06
EI total (kNm2/m)	4,07E+04
EA total (kN/m)	5,72E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Lutitas y areniscas	Envolvente	84,78	261,19	900,42	-13,01	16,77	62,60	215,82	-2,57	48987,42	OK	-29813,71	OK	68,01	198,58	684,60	-10,44	5196,14	OK	-3872,24	OK
	Fase final	-84,57	485,60	836,64	-15,02	-16,73	116,39	200,53	-2,97	57126,96	OK	-21478,97	OK	-67,84	369,21	636,11	-12,05	5753,66	OK	-3292,26	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Lutitas y areniscas **RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2**

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)
CS-5 Lutitas y areniscas	IV	2,39E-02	2380	319569,11	4811,72	184,00
	V	5,86E-02	2270	78607,89	6110,83	184,00

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Lutitas y areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

SECCIÓN TIPO IV
Hormigón proyectado, e = 18 cm (15+3)
Cerchas TH-21 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	2,70E-03
	I cercha (m4)	3,41E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,05
	y2 cercha (m)	0,05

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,18
	I gunita (m4)	4,86E-04
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,09

EI cercha (kNm2/m)	7,16E+02
EA cercha (kN/m)	5,67E+05
EI gunita (kNm2/m)	7,05E+03
EA gunita (kN/m)	2,61E+06
EI total (kNm2/m)	7,76E+03
EA total (kN/m)	3,18E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Lutitas y areniscas	Envolvente	-43,33	161,18	1500,35	-1,90	-4,00	28,77	267,77	-0,17	101739,33	OK	-47952,22	OK	-39,33	132,41	1232,59	-1,72	8019,53	OK	-6548,28	Rotura
	Fase final	-43,33	161,18	1254,58	-4,39	-4,00	28,77	223,91	-0,41	88868,20	OK	-47952,22	OK	-39,33	132,41	1030,67	-3,99	8019,53	OK	-6548,28	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				140,00%	de los iniciales			Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				60,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-19,73	81,73	760,80	-0,86	319569,11	89%	-259028,01	OK	-23,60	79,45	739,55	-1,03	4811,72	OK	-3928,97	OK
	Fase final					-19,73	81,73	636,17	-2,00	319569,11	89%	-259028,01	OK	-23,60	79,45	618,40	-2,39	4811,72	OK	-3928,97	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Lutitas y areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

SECCIÓN TIPO V
Hormigón proyectado, e = 30 cm (27+3)
Cerchas HEB-180 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	6,53E-03
	I cercha (m4)	3,83E-05
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,09
	y2 cercha (m)	0,09

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,30
	I gunita (m4)	2,25E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,15

EI cercha (kNm2/m)	8,04E+03
EA cercha (kN/m)	1,37E+06
EI gunita (kNm2/m)	3,26E+04
EA gunita (kN/m)	4,35E+06
EI total (kNm2/m)	4,07E+04
EA total (kN/m)	5,72E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**270000,00**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500**
Resistencia a compresión gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Lutitas y areniscas	Envolvente	89,29	276,32	1284,30	-36,84	17,66	66,23	307,82	-7,29	64259,21	OK	-31354,33	OK	71,63	210,09	976,47	-29,55	5475,69	OK	-4075,10	Rotura
	Fase final	-86,66	709,33	1077,59	-50,06	-17,14	170,01	258,28	-9,90	66310,11	OK	-14238,42	OK	-69,52	539,31	819,31	-40,16	6432,45	OK	-2837,02	OK
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				105,00%	de los iniciales			Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				95,00%	de los iniciales		
	Envolvente					21,24	76,73	356,65	-8,76	75208,07	OK	-38161,86	OK	68,05	199,58	927,65	-28,07	5201,90	OK	-3871,34	OK
	Fase final					-20,61	196,98	299,25	-11,91	78607,89	OK	-18277,19	OK	-66,05	512,35	778,34	-38,15	6110,83	OK	-2695,17	OK

REPORTES PLAXIS

REPORT

04/23/2021

User: EPTISA

Title: ST-II, CU-1 Margas. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	42,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

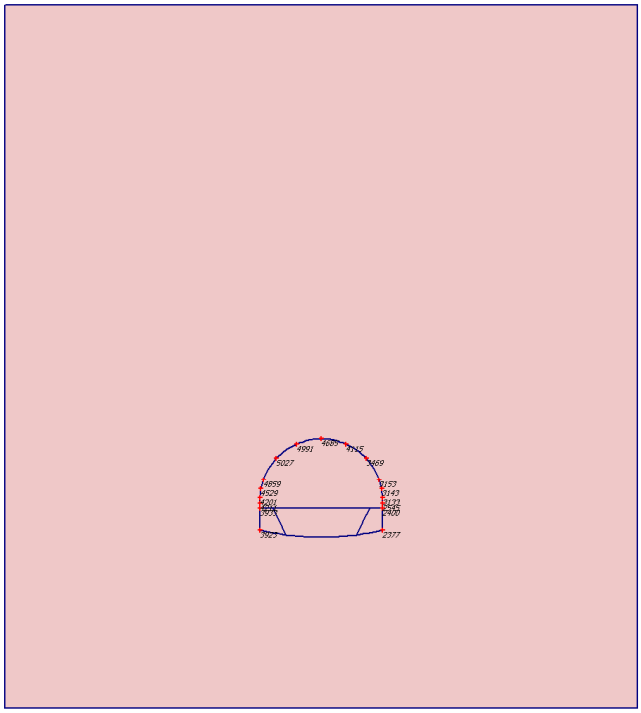


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

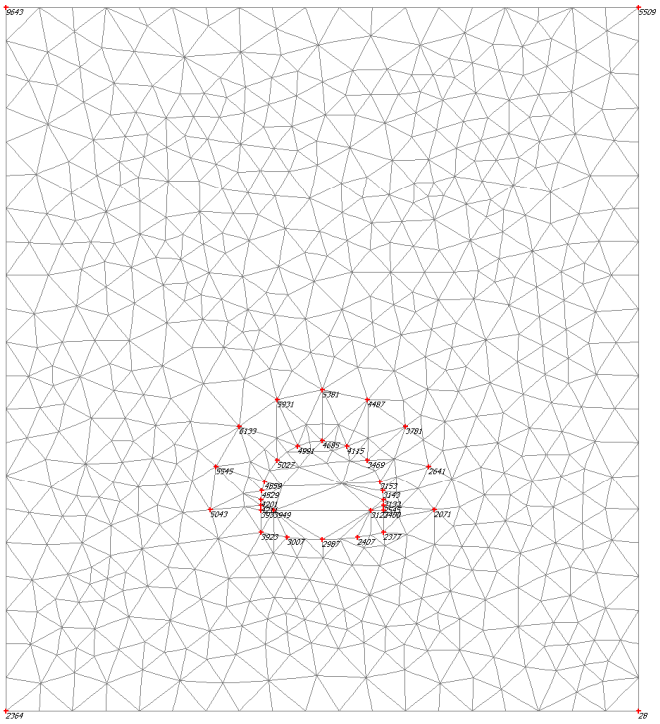


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

Table [6] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		1 Margas RMR_55
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	27,00
γ_{sat}	[kN/m³]	27,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	6500000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	2500000,000
E_{oed}	[kN/m²]	8750000,000
c_{ref}	[kN/m²]	360,00
φ	[°]	49,00
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [7] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	Gunita 0,10	1,45E6	1210,00	2,50	0,20	1E15	1E15

Table [8] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Swellex Mn18?	103000,00	184,000	184,000	2,00

5. Calculation phases

Table [9] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	4
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	5	40
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	41	42
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	43	46
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	47	49
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	50	51

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

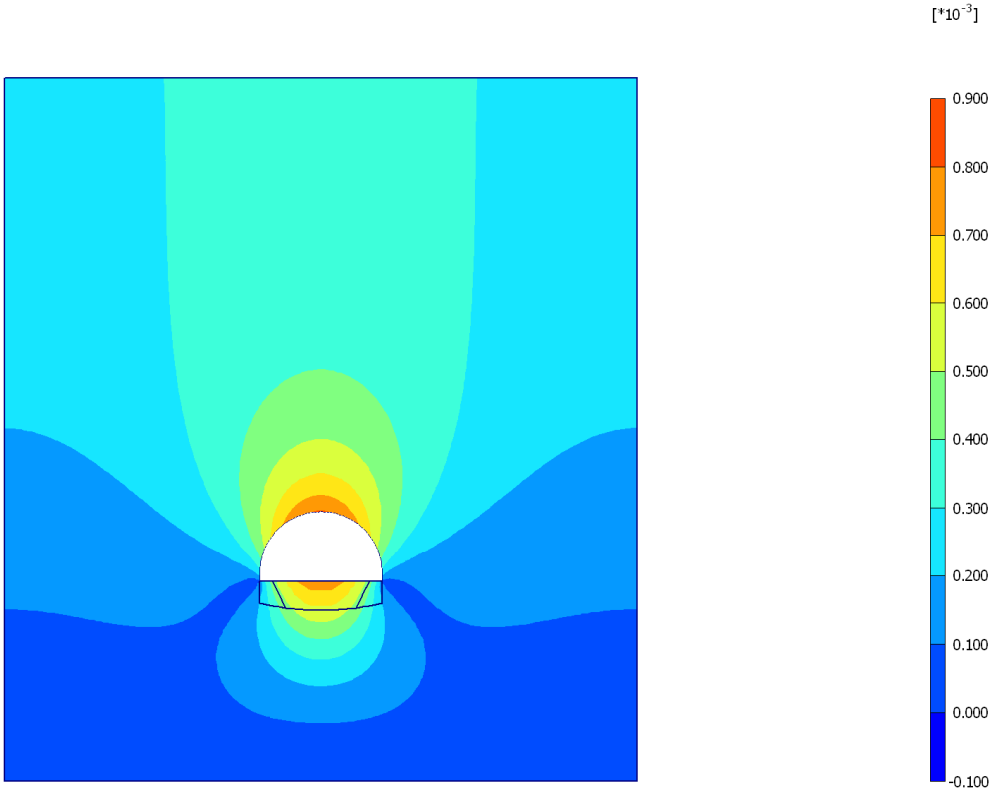


Fig. 3 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

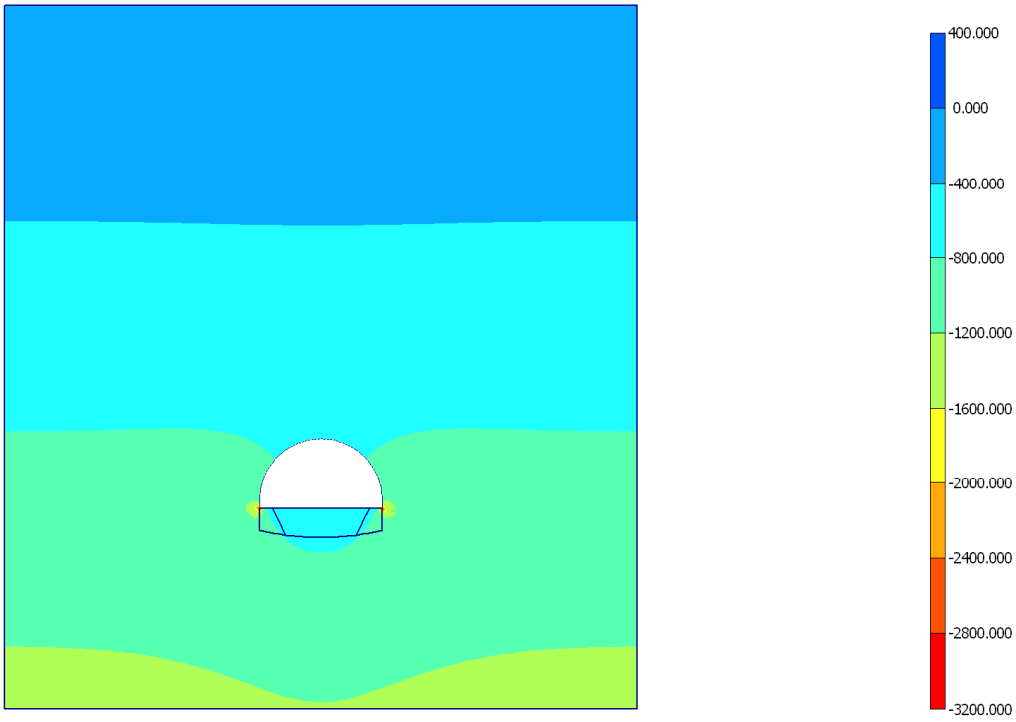


Fig. 4 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

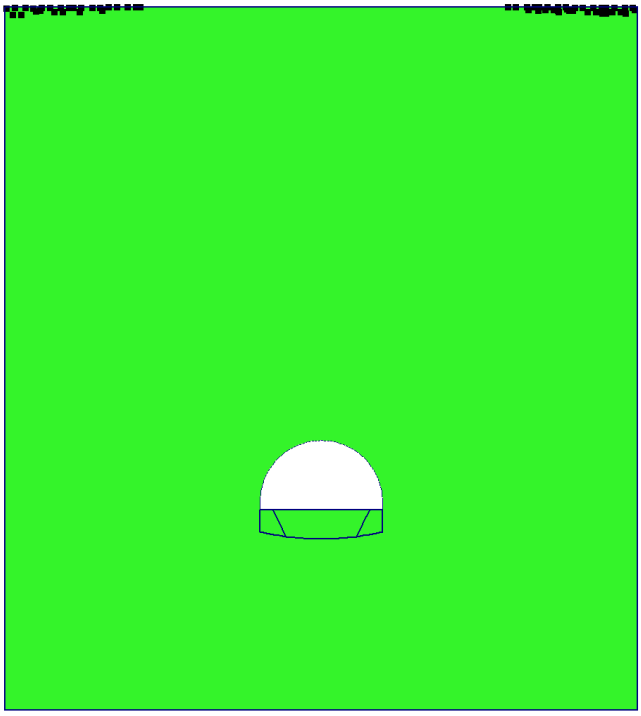


Fig. 5 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	5043	-8,800	2,682	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4211	-4,799	3,046						
2	5545	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4859	-4,536	4,911						
3	6133	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	-3,519	6,606						
4	5931	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4991	-1,917	7,742						
5	4487	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4115	1,917	7,742						
6	3781	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3469	3,519	6,606						
7	2641	8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3153	4,536	4,911						
8	2071	8,800	2,682	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2545	4,799	3,046						
9	5381	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4685	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

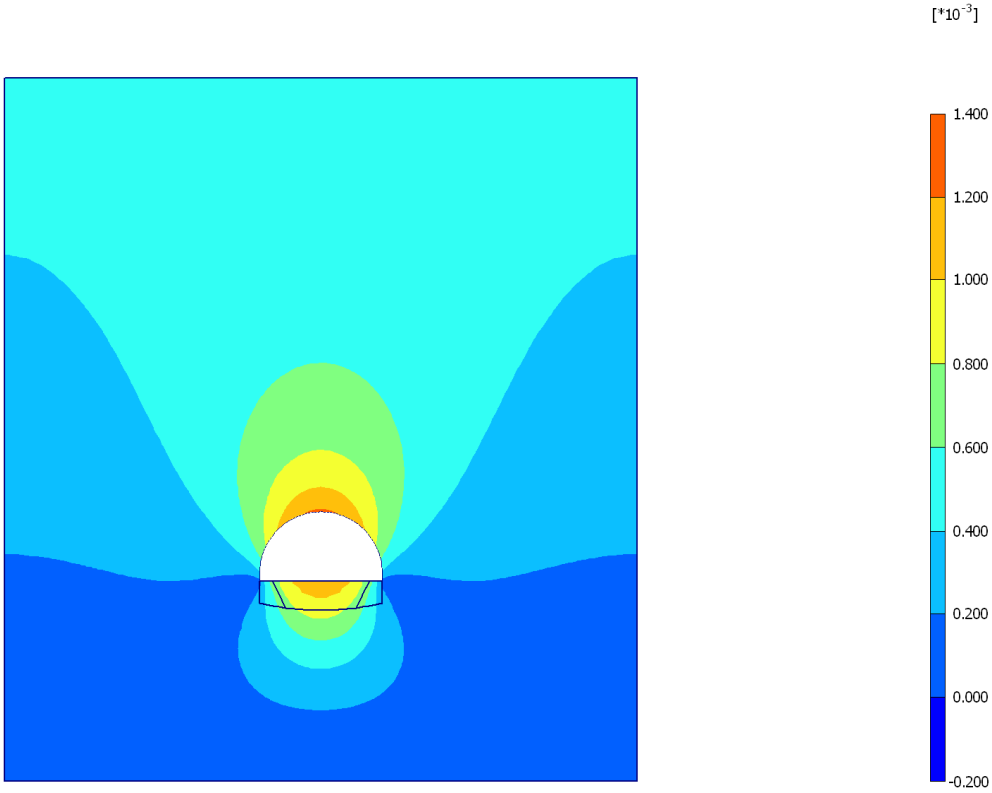


Fig. 6 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 4 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

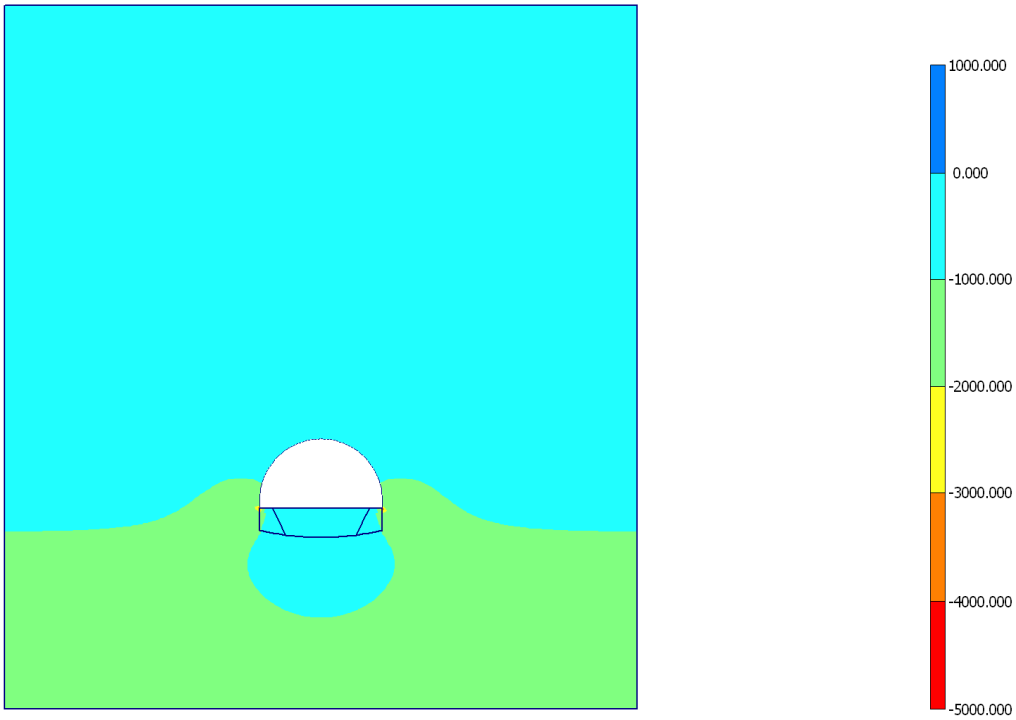


Fig. 7 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 4 - (Phase: 2)

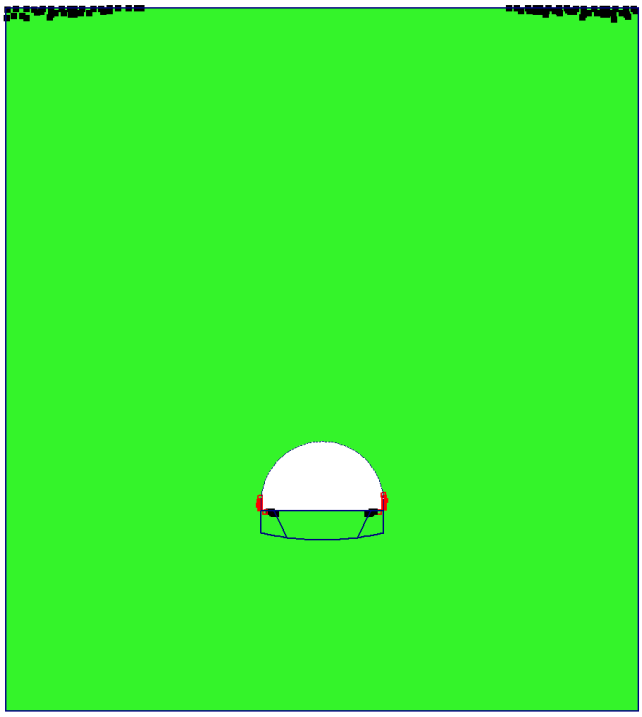
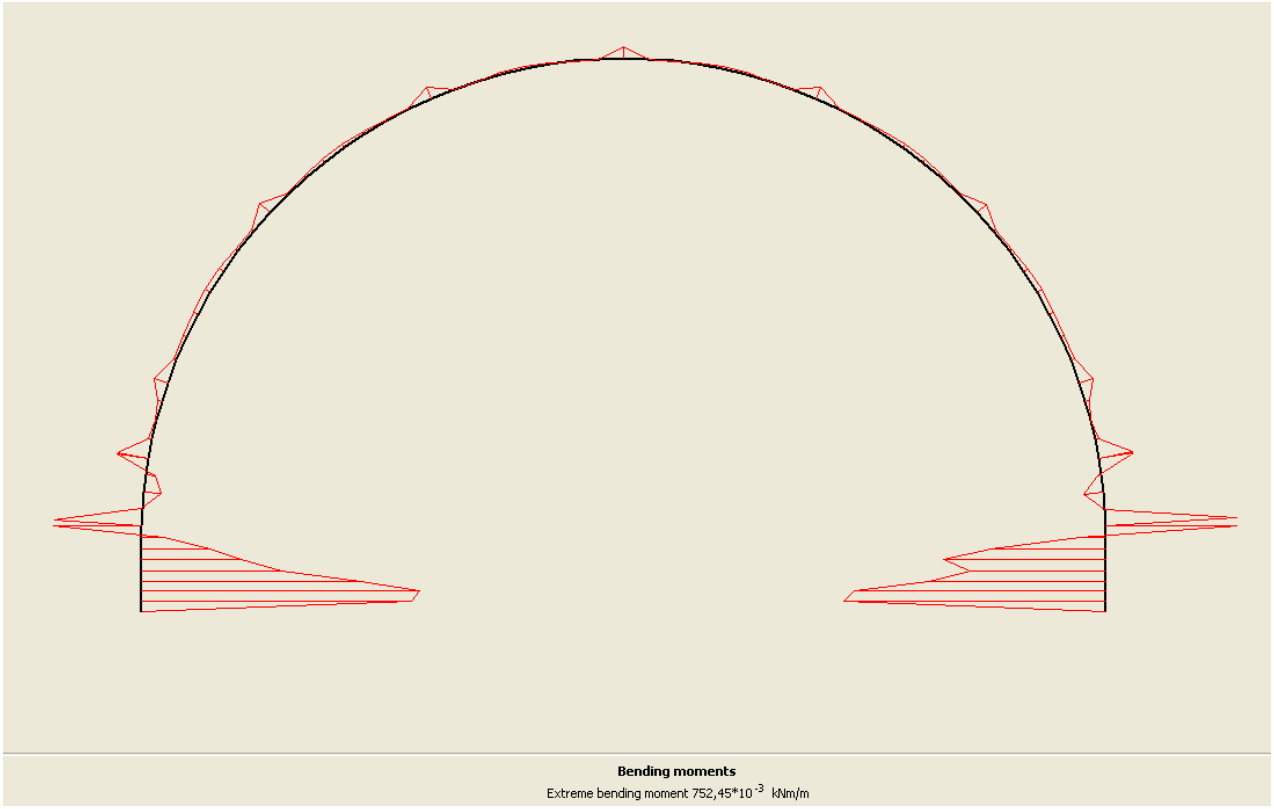
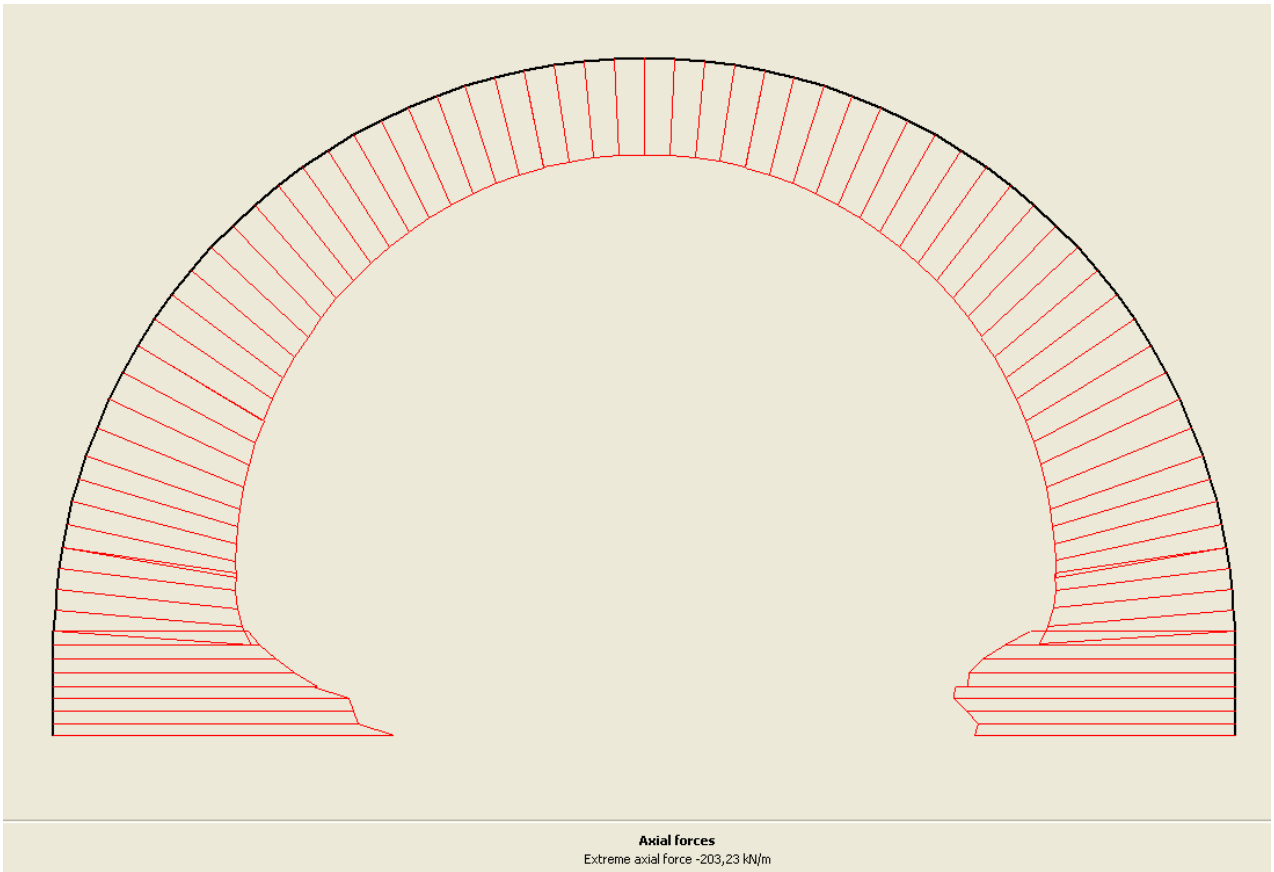


Fig. 8 Plot of plastic points
- Step no: 4 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams





7.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	5043	-8,800	2,682	1,791	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4211	-4,799	3,046						
2	5545	-8,350	6,112	2,811	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4859	-4,536	4,911						
3	6133	-6,510	9,262	3,117	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	-3,519	6,606						
4	5931	-3,560	11,392	3,308	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4991	-1,917	7,742						
5	4487	3,560	11,392	3,309	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4115	1,917	7,742						
6	3781	6,510	9,262	3,120	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3469	3,519	6,606						
7	2641	8,350	6,112	2,819	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3153	4,536	4,911						
8	2071	8,800	2,682	1,815	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2545	4,799	3,046						
9	5381	0,000	12,142	3,382	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4685	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

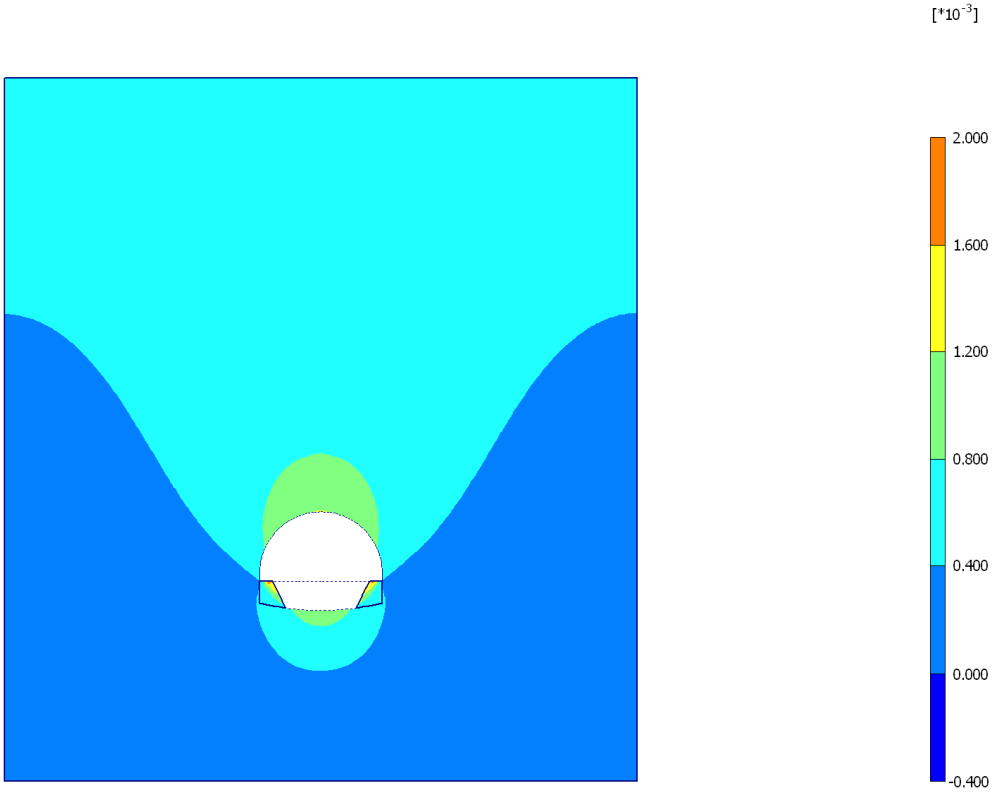


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 40 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

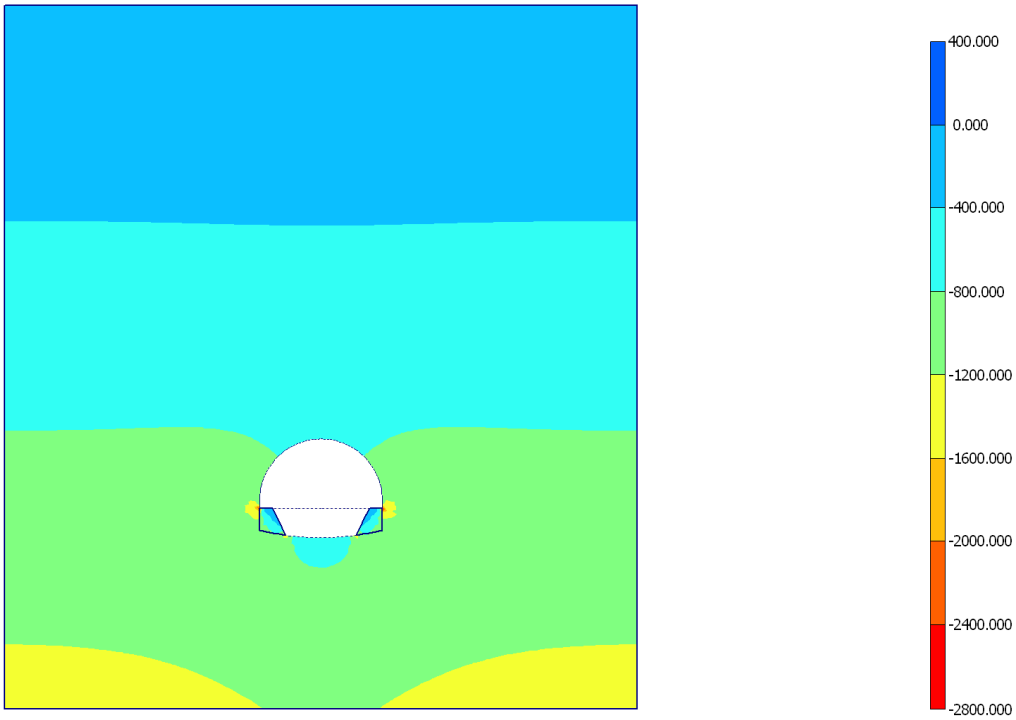


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 40 - (Phase: 3)

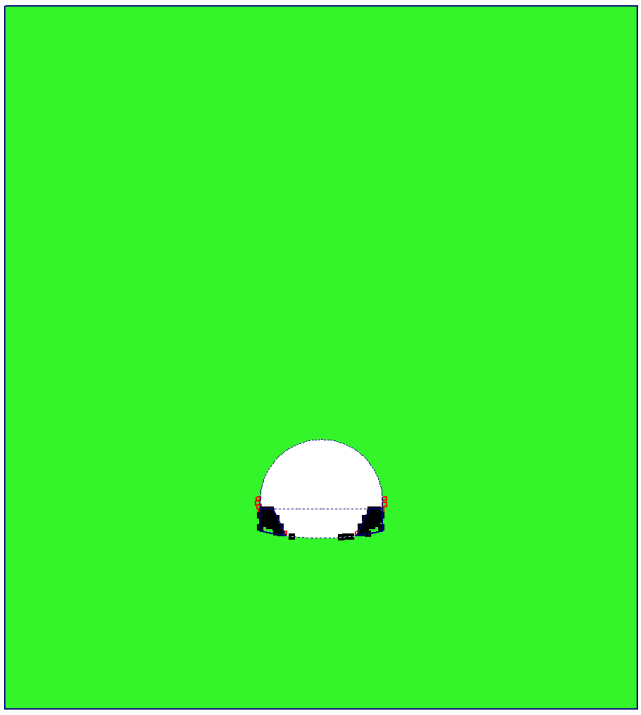
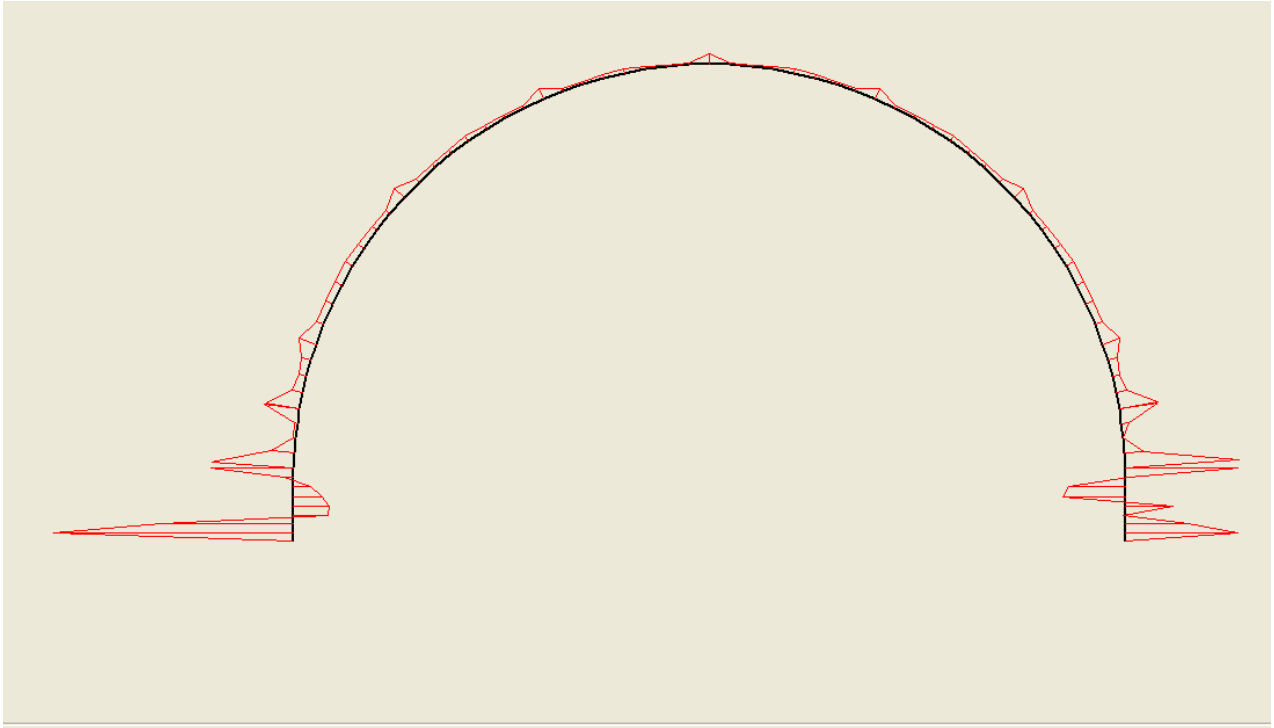


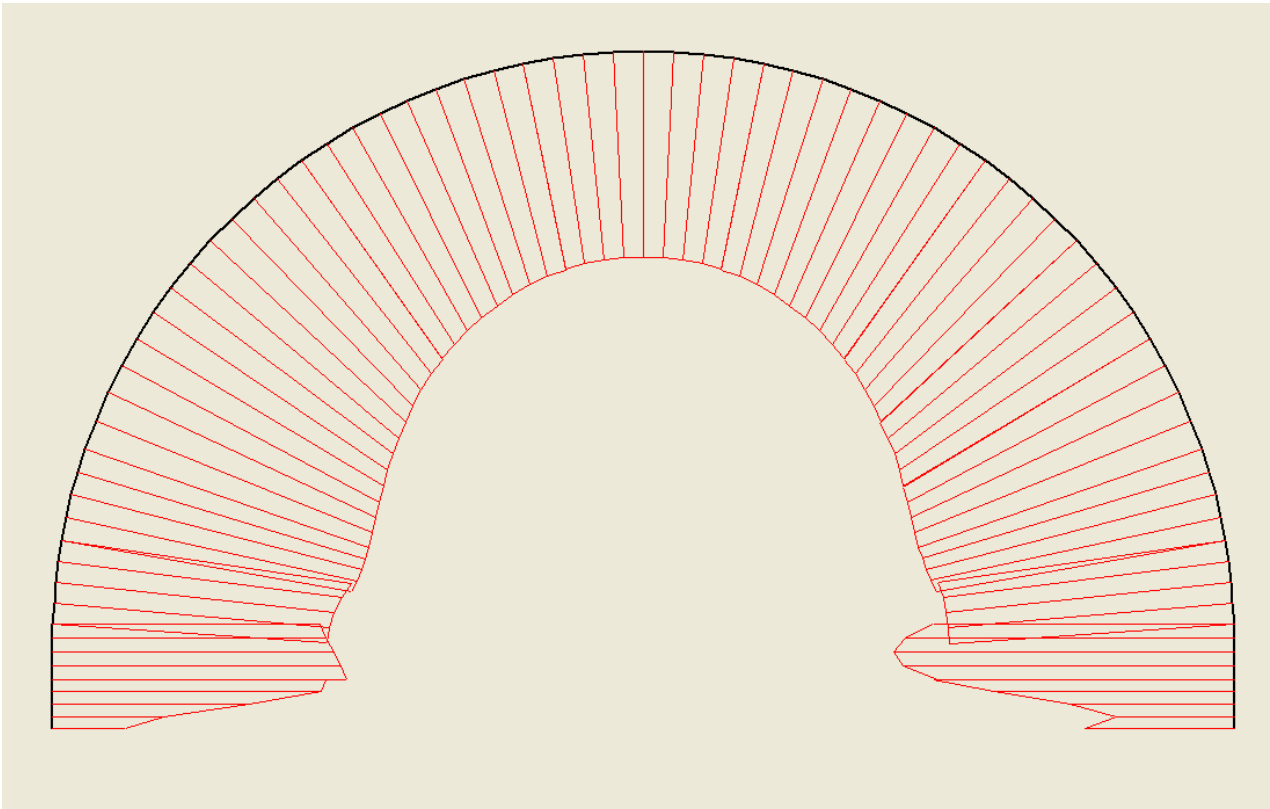
Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 40 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -824,90*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -121,00 kN/m

8.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	5043	-8,800	2,682	4,249	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4211	-4,799	3,046						
2	5545	-8,350	6,112	3,246	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4859	-4,536	4,911						
3	6133	-6,510	9,262	3,212	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	-3,519	6,606						
4	5931	-3,560	11,392	3,329	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4991	-1,917	7,742						
5	4487	3,560	11,392	3,329	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4115	1,917	7,742						
6	3781	6,510	9,262	3,212	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3469	3,519	6,606						
7	2641	8,350	6,112	3,242	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3153	4,536	4,911						
8	2071	8,800	2,682	4,210	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2545	4,799	3,046						
9	5381	0,000	12,142	3,388	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4685	0,000	8,142						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

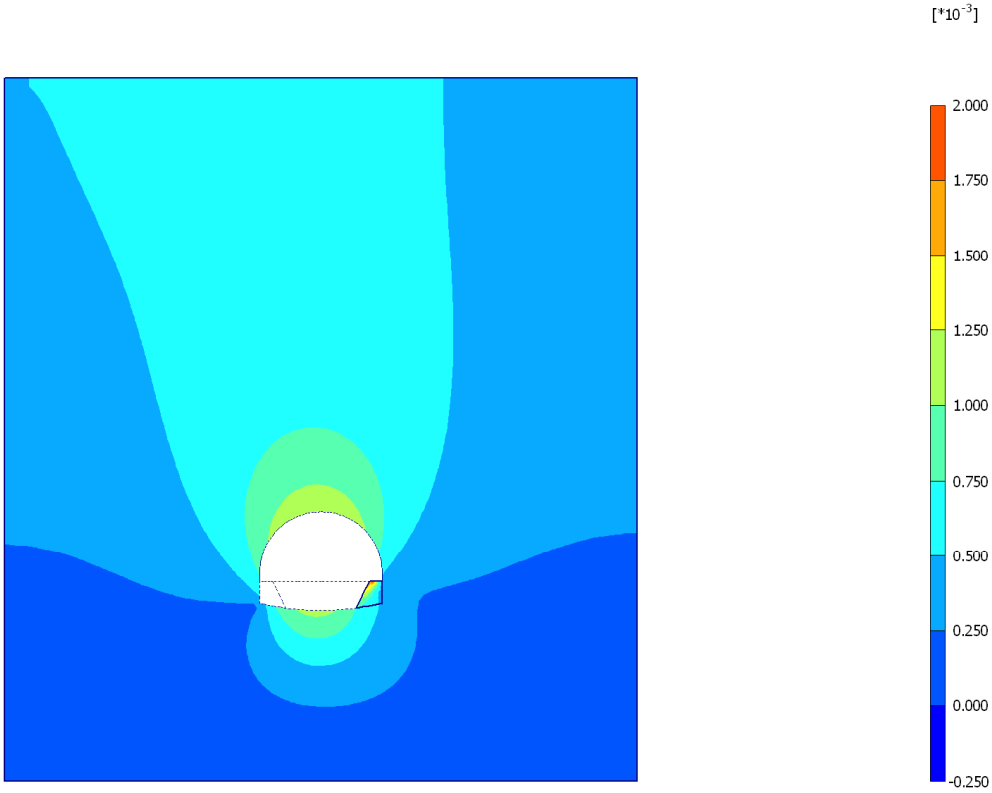


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 42 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

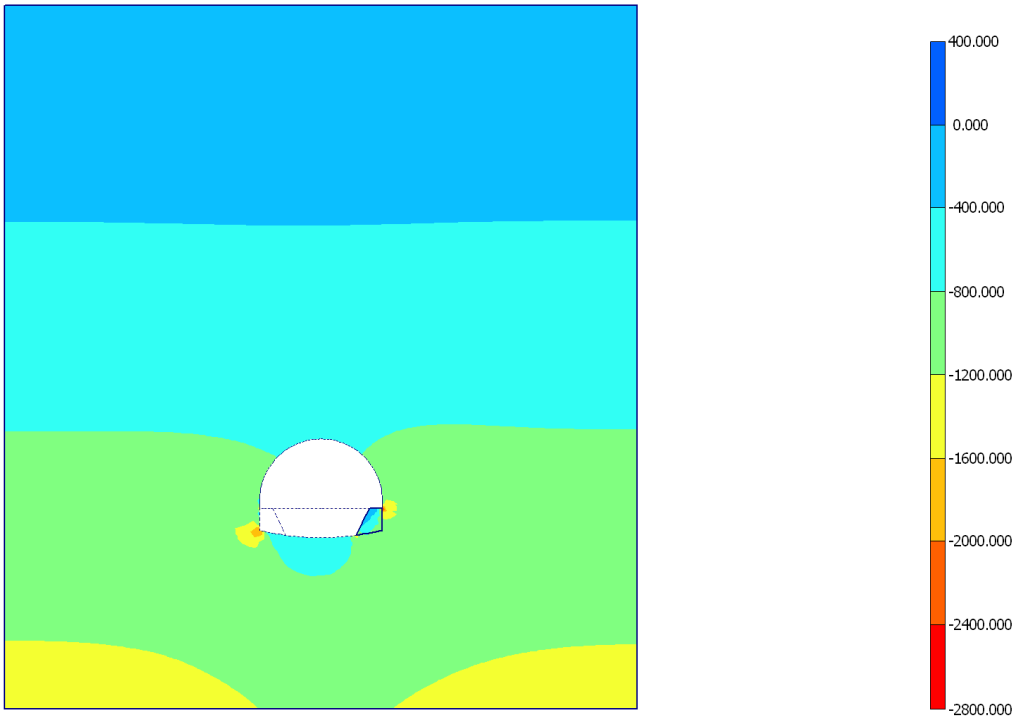


Fig. 13 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 42 - (Phase: 4)

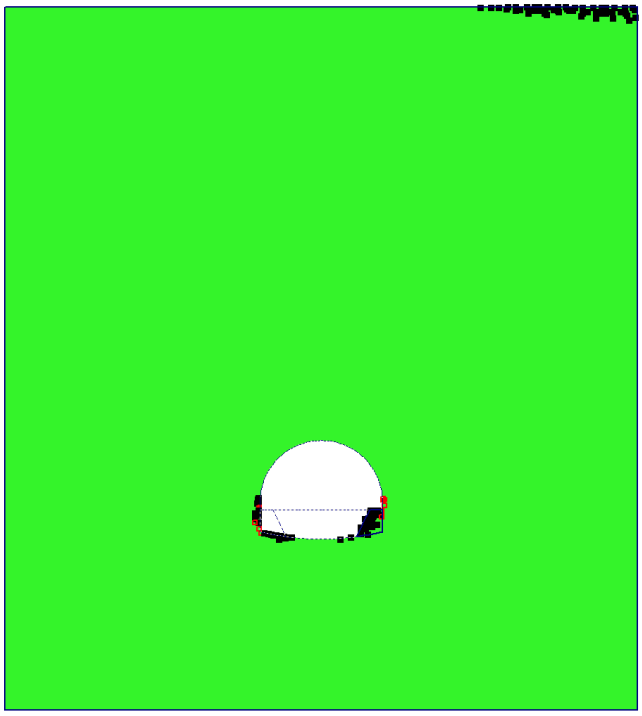
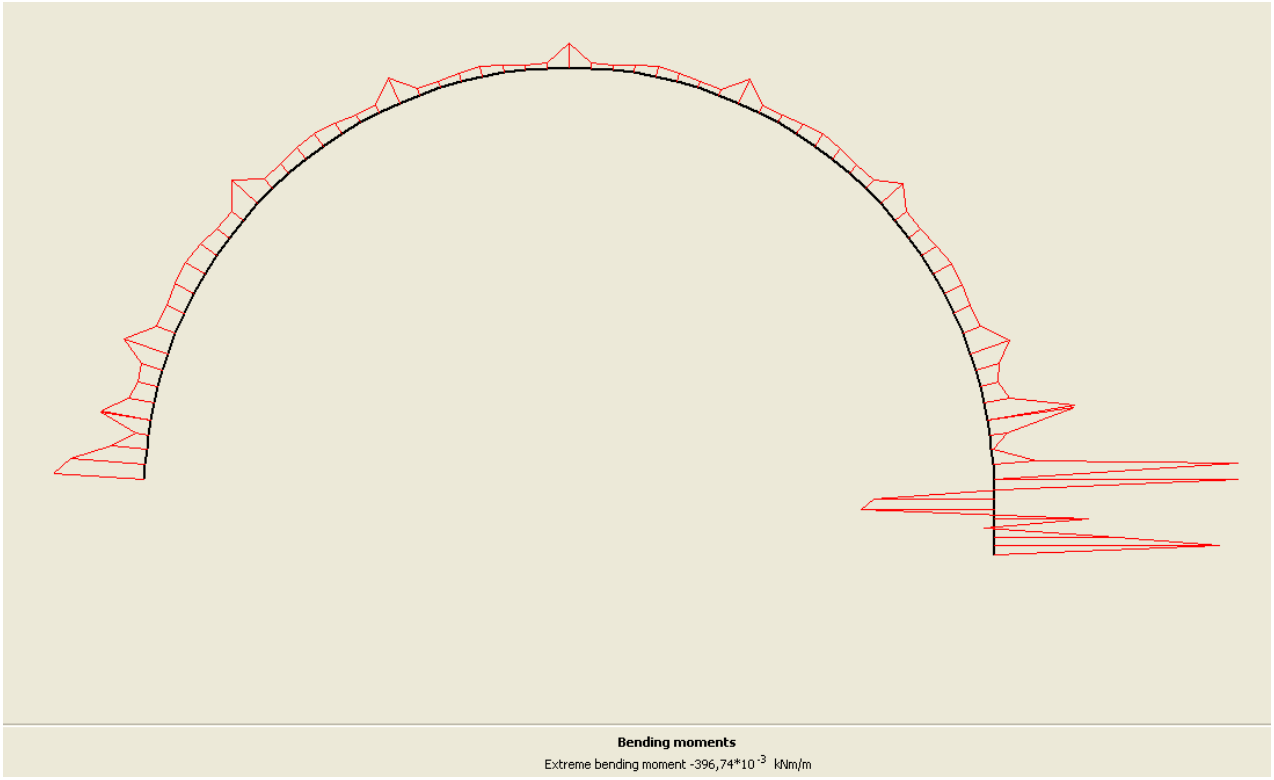
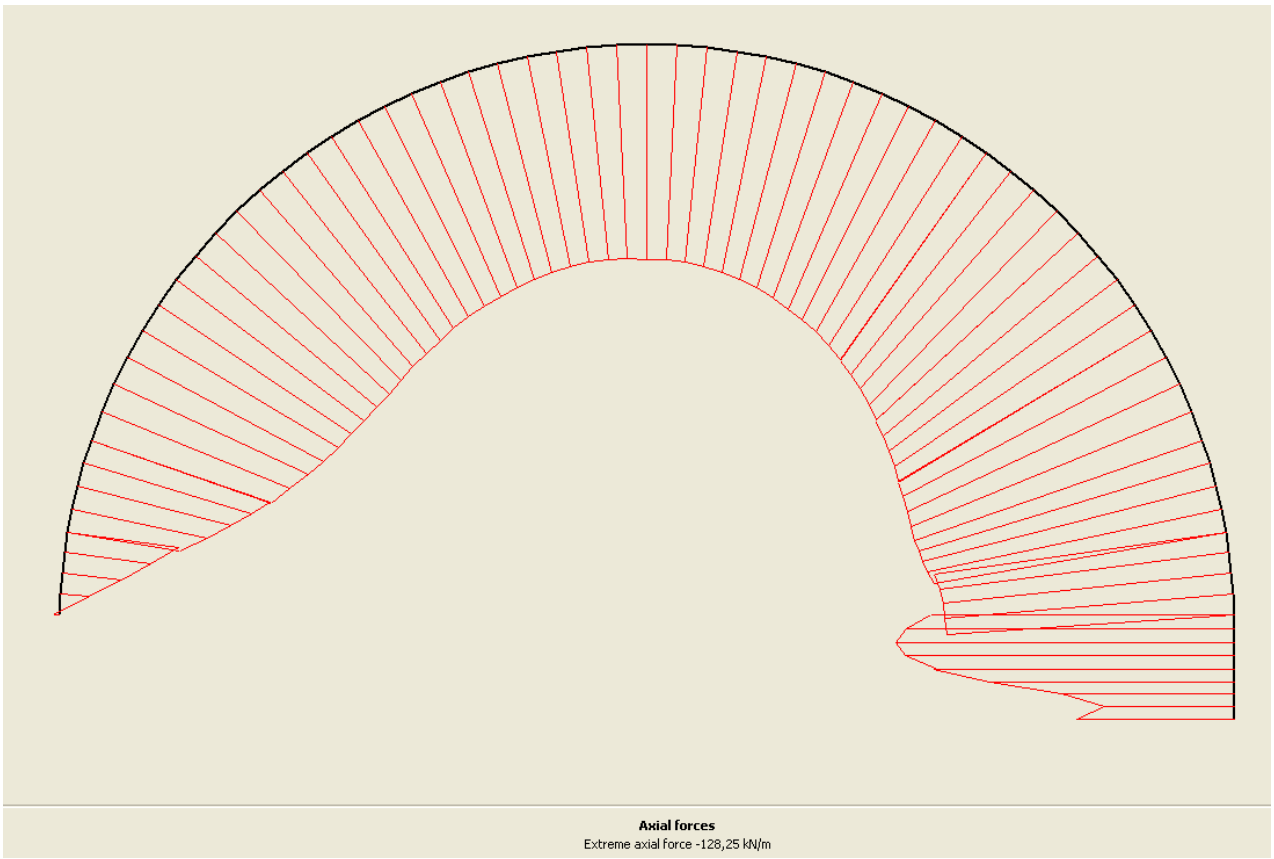


Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 42 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams





9.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	5043	-8,800	2,682	6,886	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4211	-4,799	3,046						
2	5545	-8,350	6,112	3,974	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4859	-4,536	4,911						
3	6133	-6,510	9,262	3,429	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	-3,519	6,606						
4	5931	-3,560	11,392	3,406	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4991	-1,917	7,742						
5	4487	3,560	11,392	3,363	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4115	1,917	7,742						
6	3781	6,510	9,262	3,240	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3469	3,519	6,606						
7	2641	8,350	6,112	3,267	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3153	4,536	4,911						
8	2071	8,800	2,682	4,240	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2545	4,799	3,046						
9	5381	0,000	12,142	3,429	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4685	0,000	8,142						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

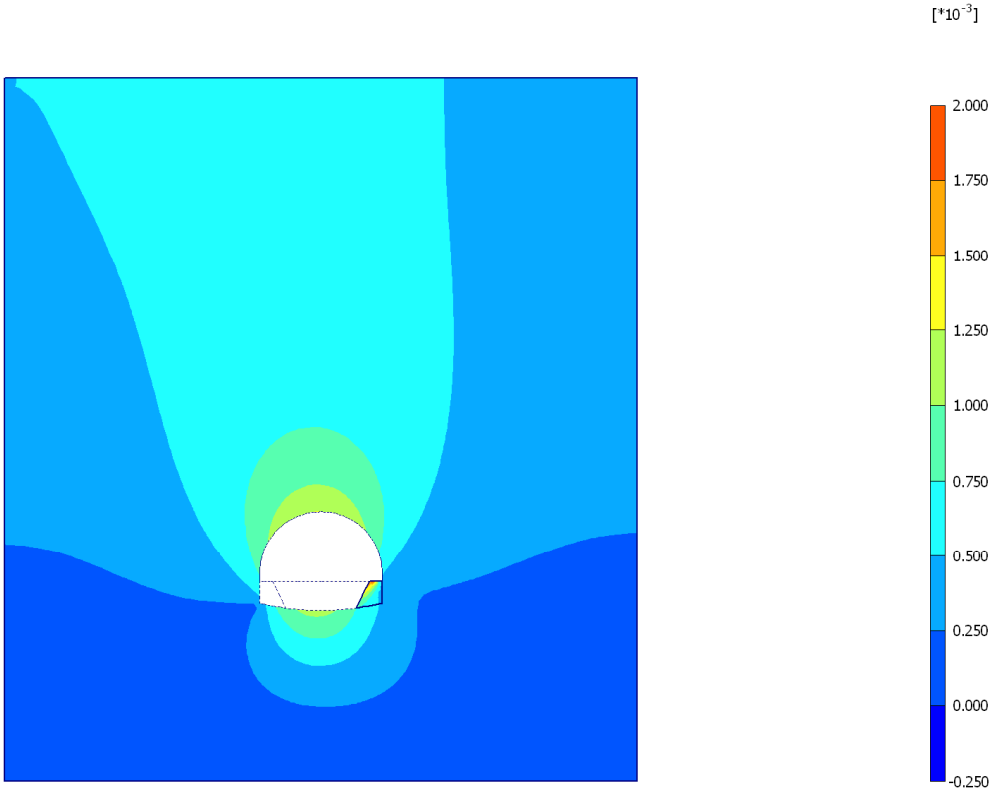


Fig. 15 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 46 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

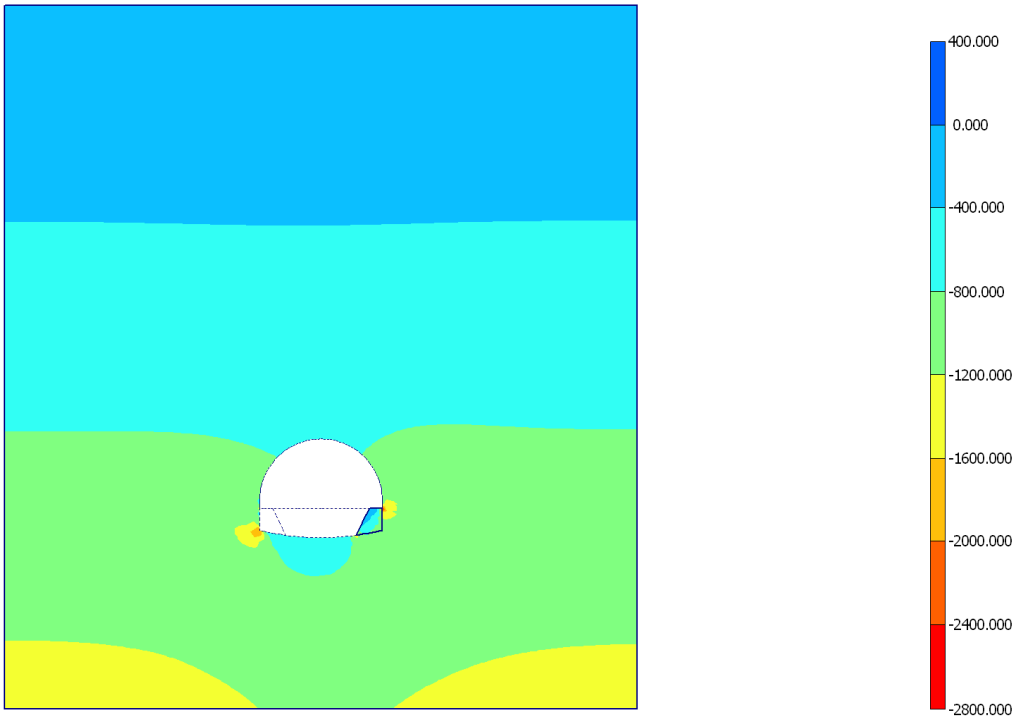


Fig. 16 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 46 - (Phase: 5)

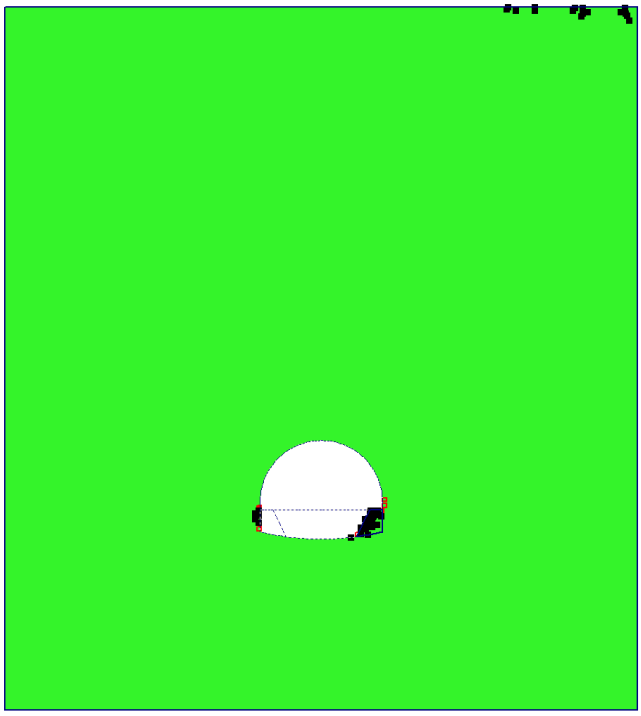
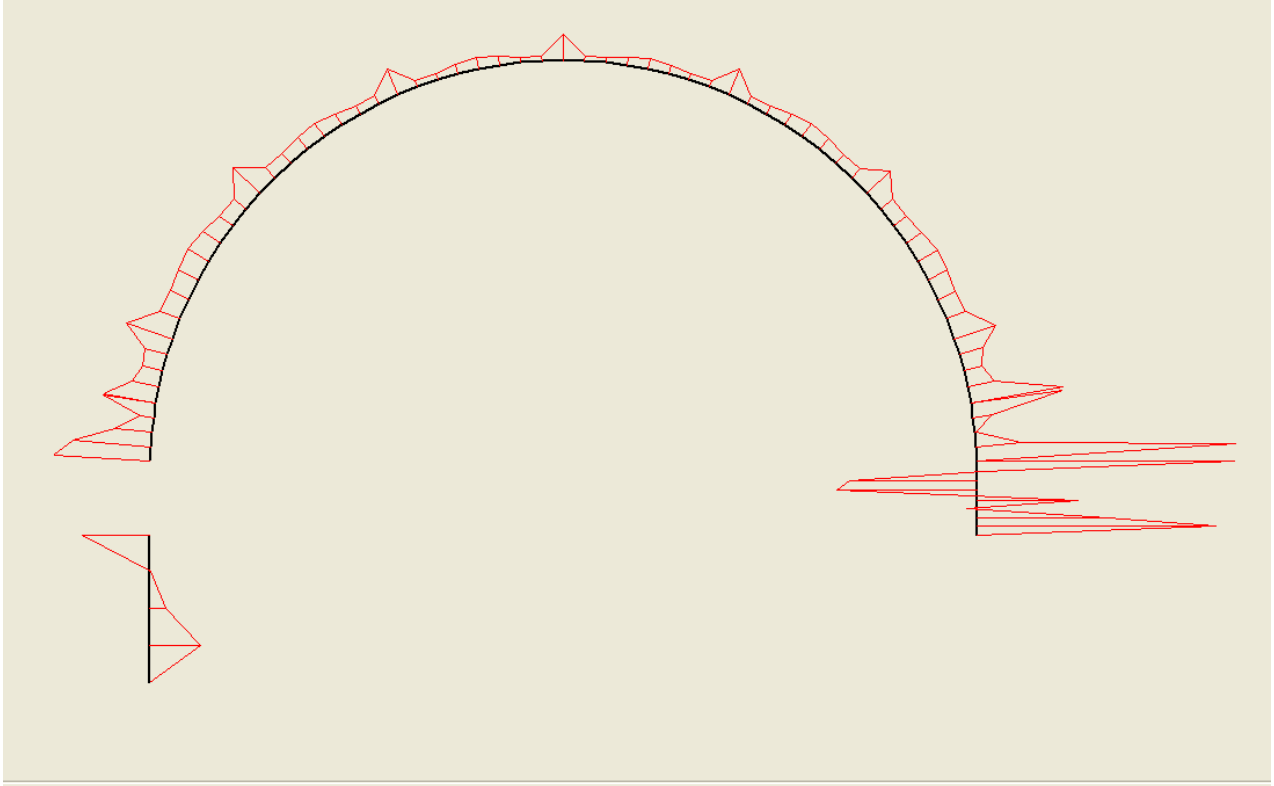


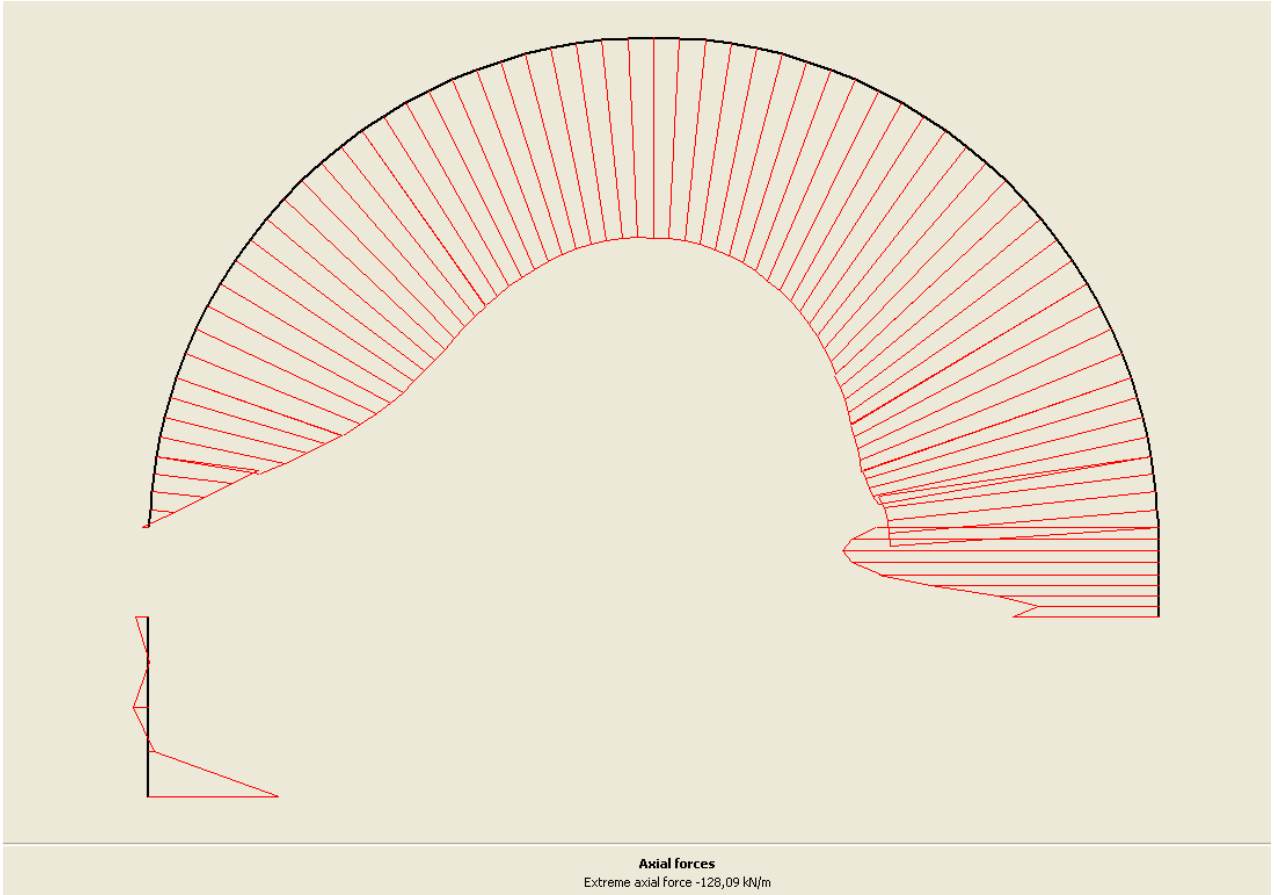
Fig. 17 Plot of plastic points
- Step no: 46 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -396,70*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -128,09 kN/m

10.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	5043	-8,800	2,682	6,894	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4211	-4,799	3,046						
2	5545	-8,350	6,112	3,978	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4859	-4,536	4,911						
3	6133	-6,510	9,262	3,431	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	-3,519	6,606						
4	5931	-3,560	11,392	3,407	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4991	-1,917	7,742						
5	4487	3,560	11,392	3,363	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4115	1,917	7,742						
6	3781	6,510	9,262	3,241	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3469	3,519	6,606						
7	2641	8,350	6,112	3,268	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3153	4,536	4,911						
8	2071	8,800	2,682	4,243	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2545	4,799	3,046						
9	5381	0,000	12,142	3,430	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4685	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

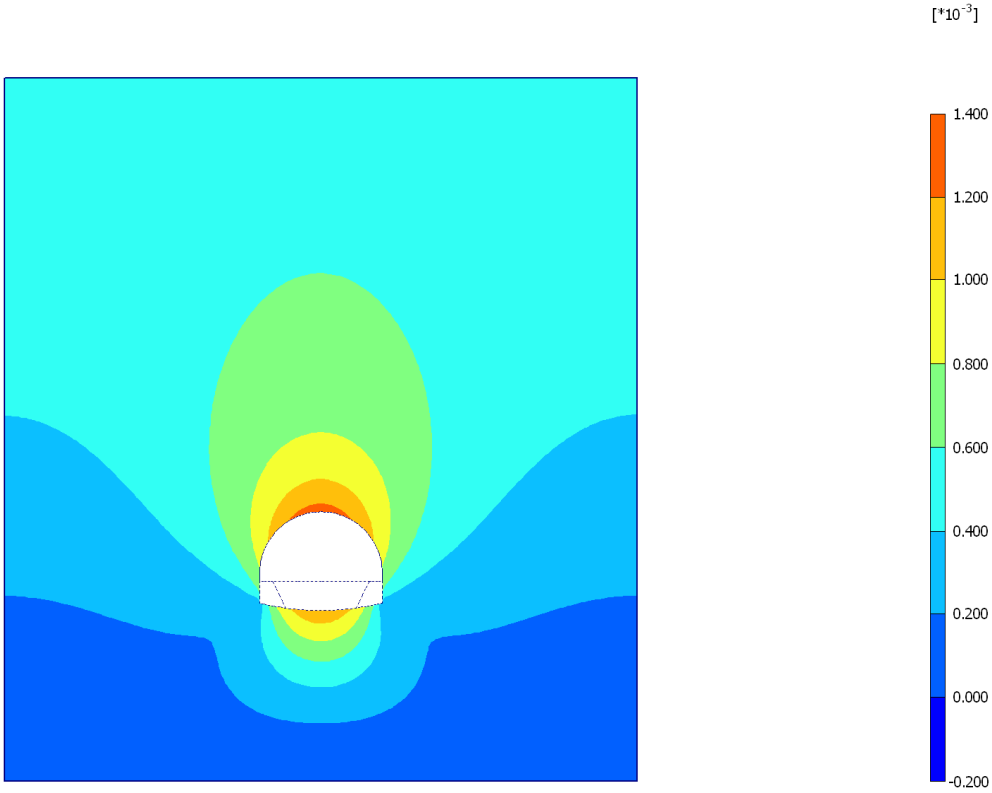


Fig. 18 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 49 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

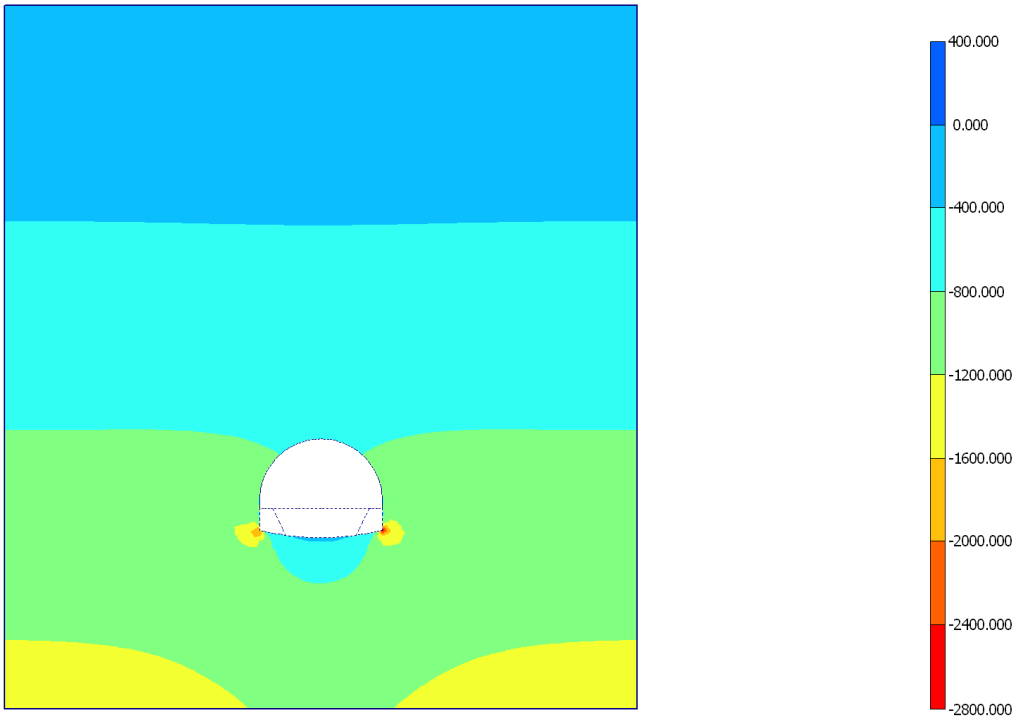


Fig. 19 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 49 - (Phase: 6)

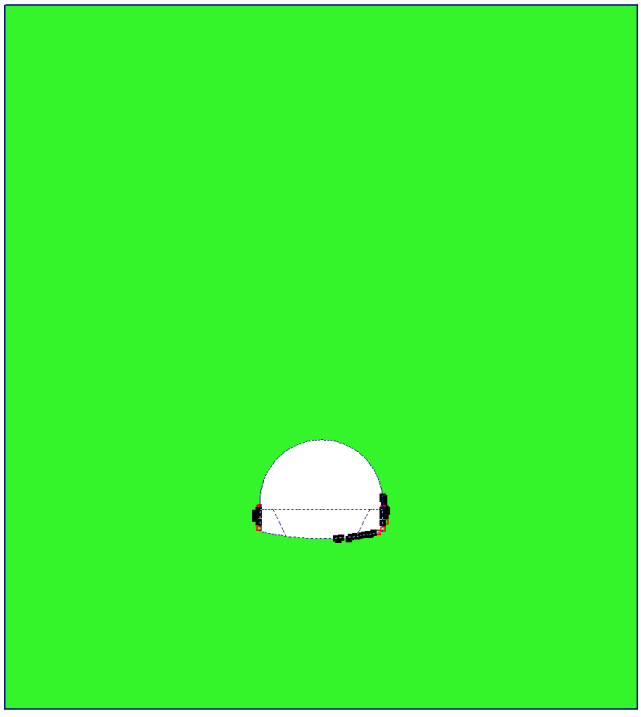
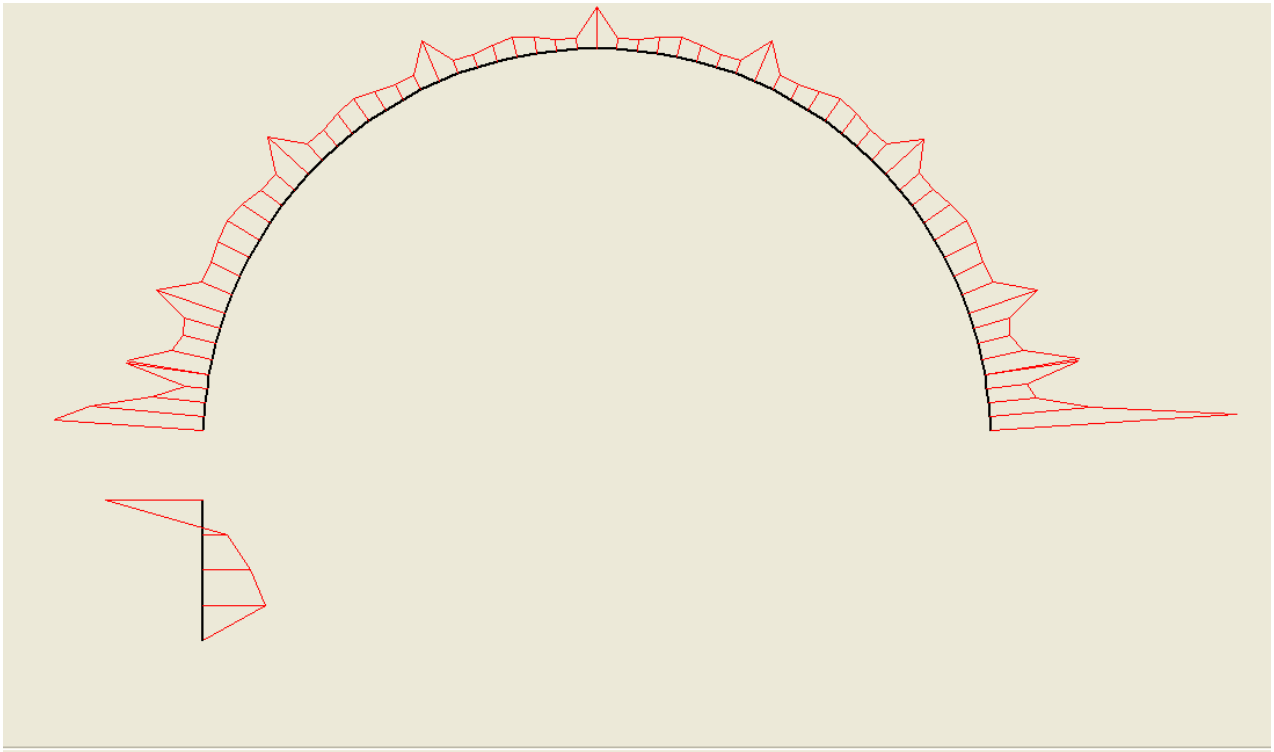


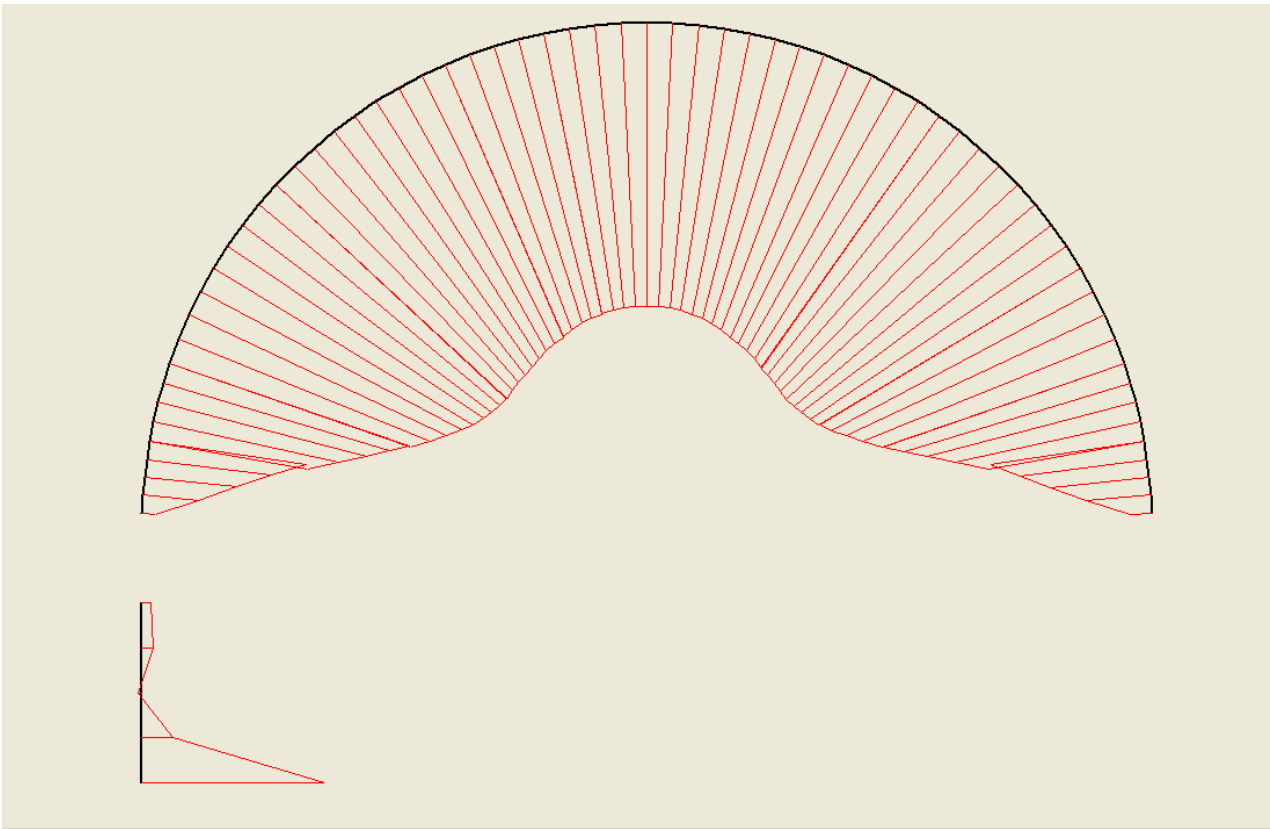
Fig. 20 Plot of plastic points
- Step no: 49 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -264,28*10 $^{-3}$ kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -99,29 kN/m

11.3.2 Anchors

Table [15] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	5043	-8,800	2,682	6,943	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4211	-4,799	3,046						
2	5545	-8,350	6,112	4,007	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4859	-4,536	4,911						
3	6133	-6,510	9,262	3,460	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	-3,519	6,606						
4	5931	-3,560	11,392	3,441	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4991	-1,917	7,742						
5	4487	3,560	11,392	3,441	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4115	1,917	7,742						
6	3781	6,510	9,262	3,459	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3469	3,519	6,606						
7	2641	8,350	6,112	4,005	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3153	4,536	4,911						
8	2071	8,800	2,682	6,918	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2545	4,799	3,046						
9	5381	0,000	12,142	3,470	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4685	0,000	8,142						

12.Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

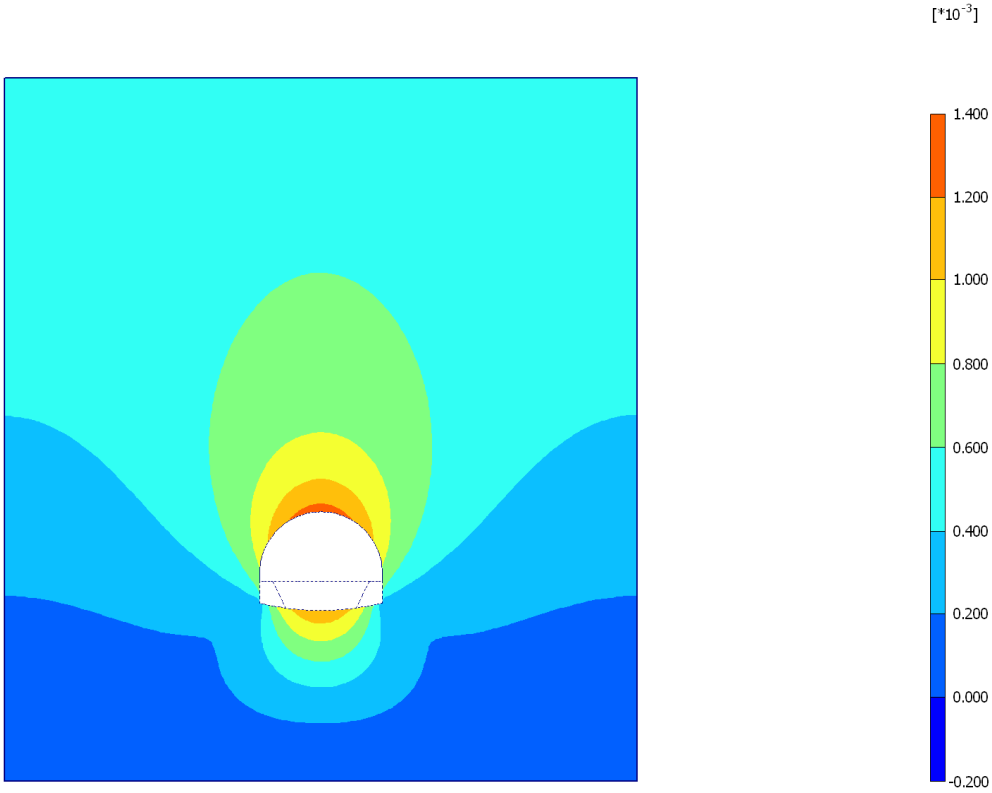


Fig. 21 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 51 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

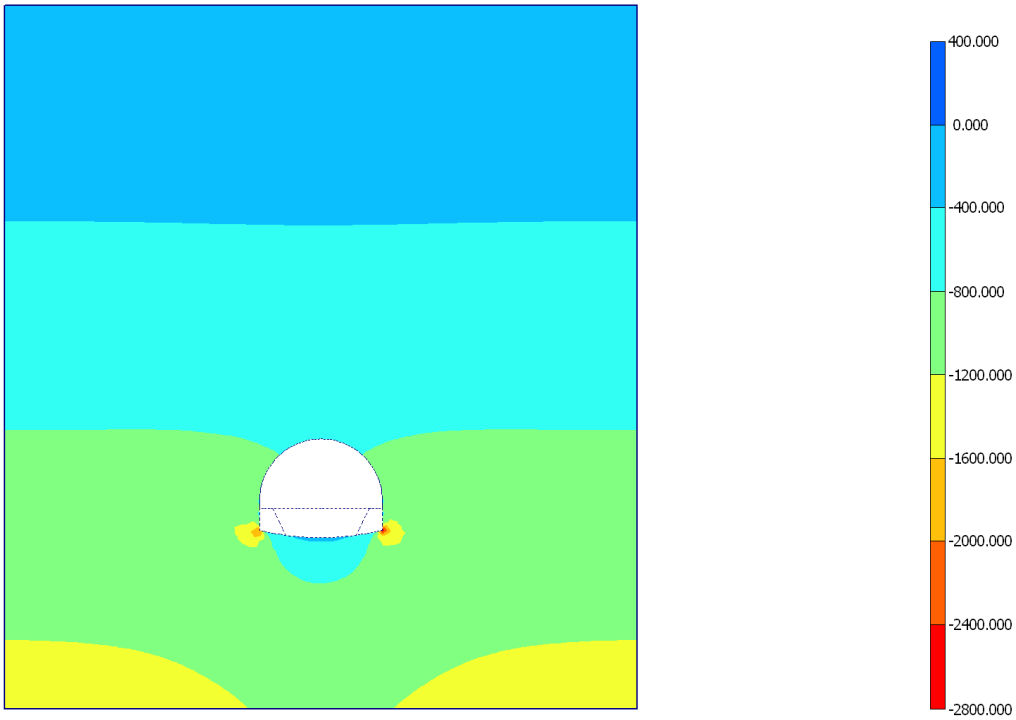


Fig. 22 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 51 - (Phase: 7)

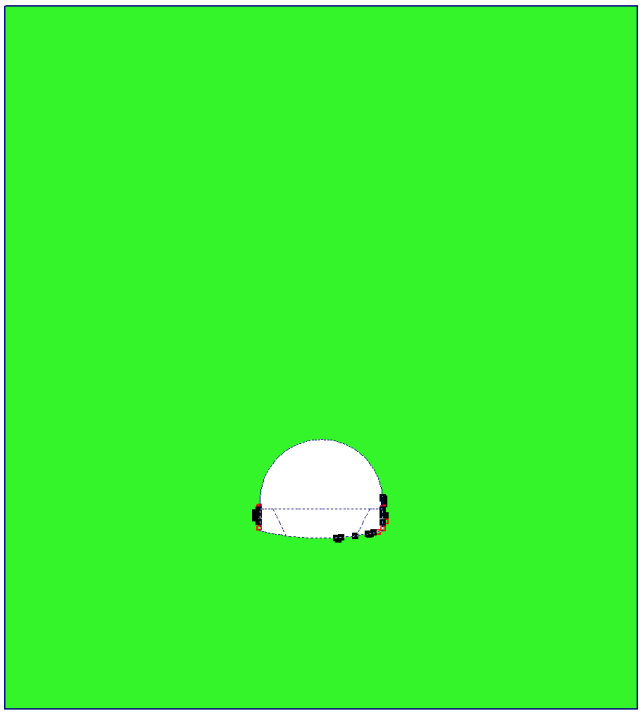
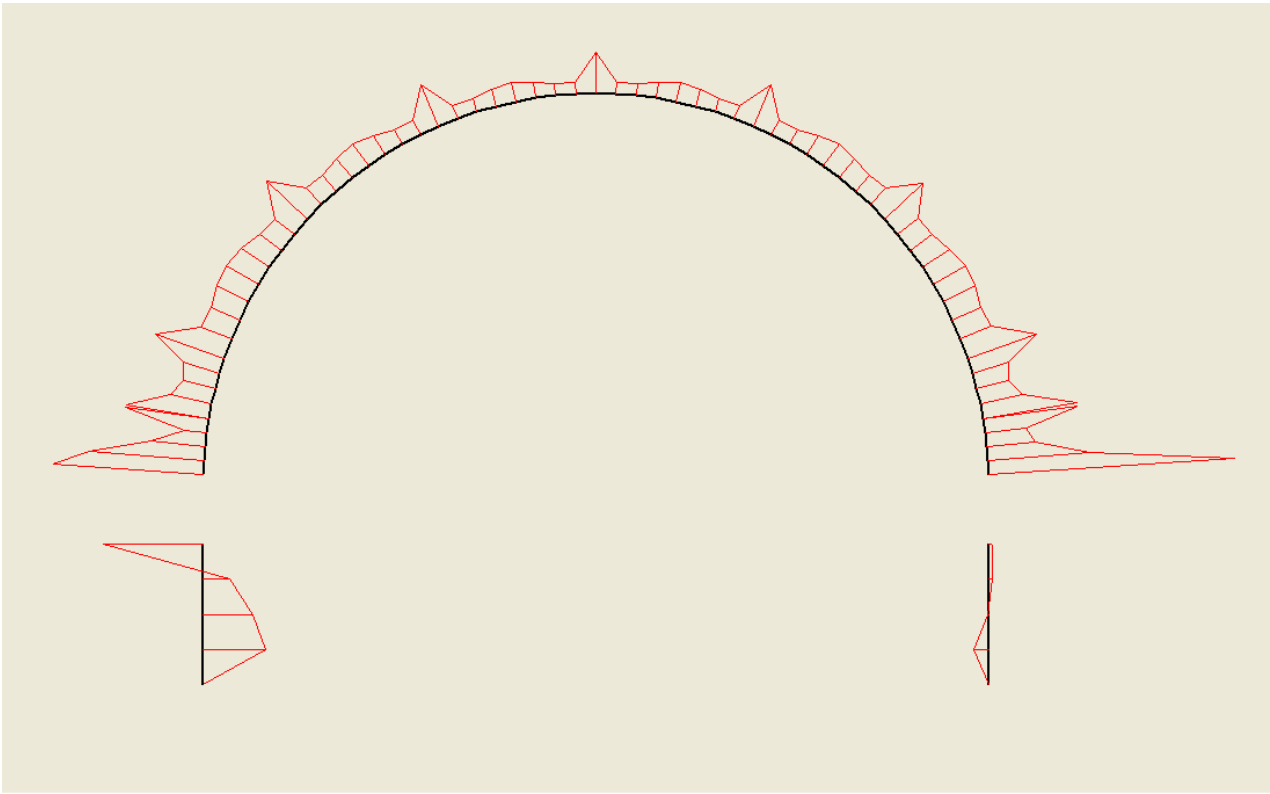


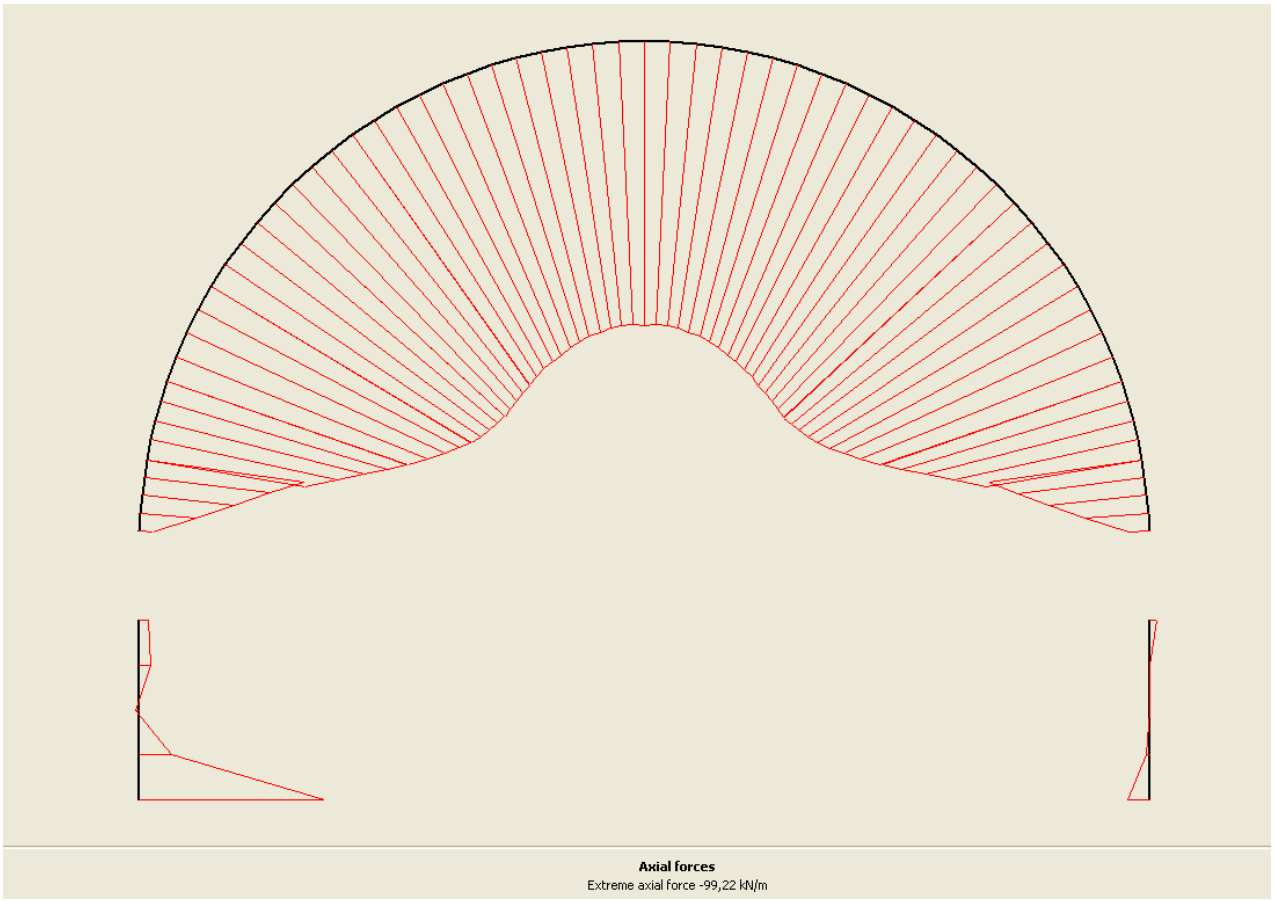
Fig. 23 Plot of plastic points
- Step no: 51 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -261,99*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -99,22 kN/m

12.3.2 Anchors

Table [16] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	5043	-8,800	2,682	6,943	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4211	-4,799	3,046						
2	5545	-8,350	6,112	4,007	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4859	-4,536	4,911						
3	6133	-6,510	9,262	3,461	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	-3,519	6,606						
4	5931	-3,560	11,392	3,442	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4991	-1,917	7,742						
5	4487	3,560	11,392	3,441	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4115	1,917	7,742						
6	3781	6,510	9,262	3,460	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3469	3,519	6,606						
7	2641	8,350	6,112	4,007	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3153	4,536	4,911						
8	2071	8,800	2,682	6,919	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2545	4,799	3,046						
9	5381	0,000	12,142	3,471	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4685	0,000	8,142						

REPORT

04/23/2021

User: EPTISA

Title: ST-III, CU-1 Margas. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	42,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

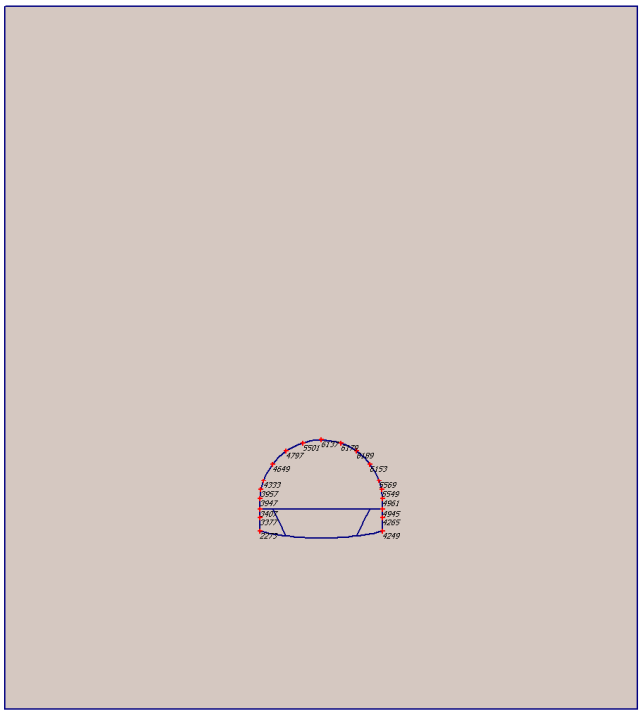


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

Table [4] Beams

Plate no.	Data set	Length [m]	Nodes
1	Gunita 0,12	1,708	4249, 4265, 4945.
2	Gunita 0,12	0,850	4945, 4961.
3	Gunita 0,12	0,680	4961, 5549.
4	Gunita 0,12	6,707	5549, 5569, 6153, 6189, 6179, 6137.
5	Gunita 0,12	6,707	4333, 4797, 4649, 5501, 6137, 5501.
6	Gunita 0,12	0,680	3957, 3947.
7	Gunita 0,12	0,850	3947, 3407.

Plate no.	Data set	Length [m]	Nodes
8	Gunita 0,12	1,708	3377, 3407, 3377.

Table [5] Node-to-node anchors

Anchor no.	Data set	Length [m]	First node	Last node
1	Bulon f25	4,003	1973	3377
2	Bulon f25	4,002	2675	3947
3	Bulon f25	3,999	3335	4333
4	Bulon f25	4,000	4043	4649
5	Bulon f25	4,004	4819	4797
6	Bulon f25	3,998	5387	5501
7	Bulon f25	3,999	6721	6179
8	Bulon f25	4,004	7115	6189
9	Bulon f25	4,000	7105	6153
10	Bulon f25	3,999	6895	5569
11	Bulon f25	4,002	6031	4961
12	Bulon f25	4,000	5355	4265
13	Bulon f25	4,000	6451	6137

3. Mesh data

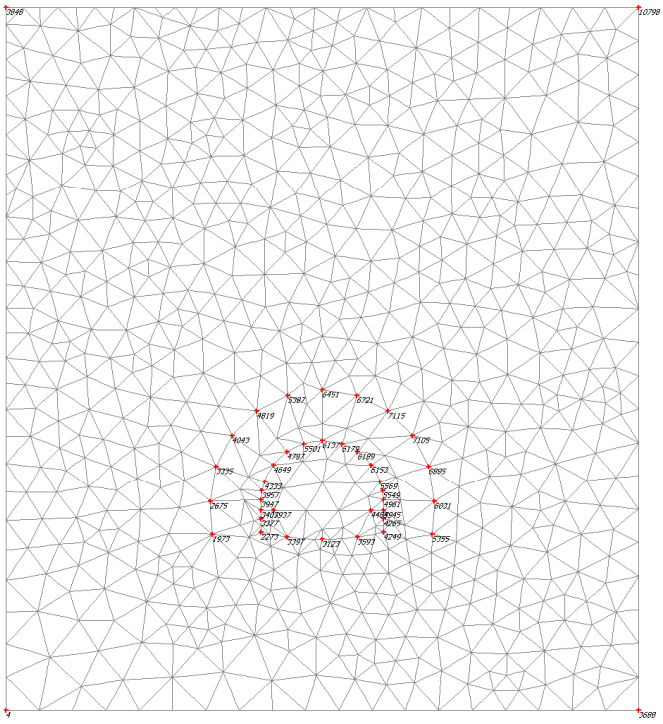


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

Table [6] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Margas RMR_45**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	27,00
γ_{sat}	[kN/m³]	27,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	3500000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	1346153,846
E_{oed}	[kN/m²]	4711538,462
c_{ref}	[kN/m²]	240,00
φ	[°]	46,50
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [7] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	Gunita 0,12	1,74E6	2090,00	3,00	0,20	1E15	1E15

Table [8] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,50

5. Calculation phases

Table [9] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	4
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	5	19
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	20	23
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	24	28
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	29	32
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	33	35

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

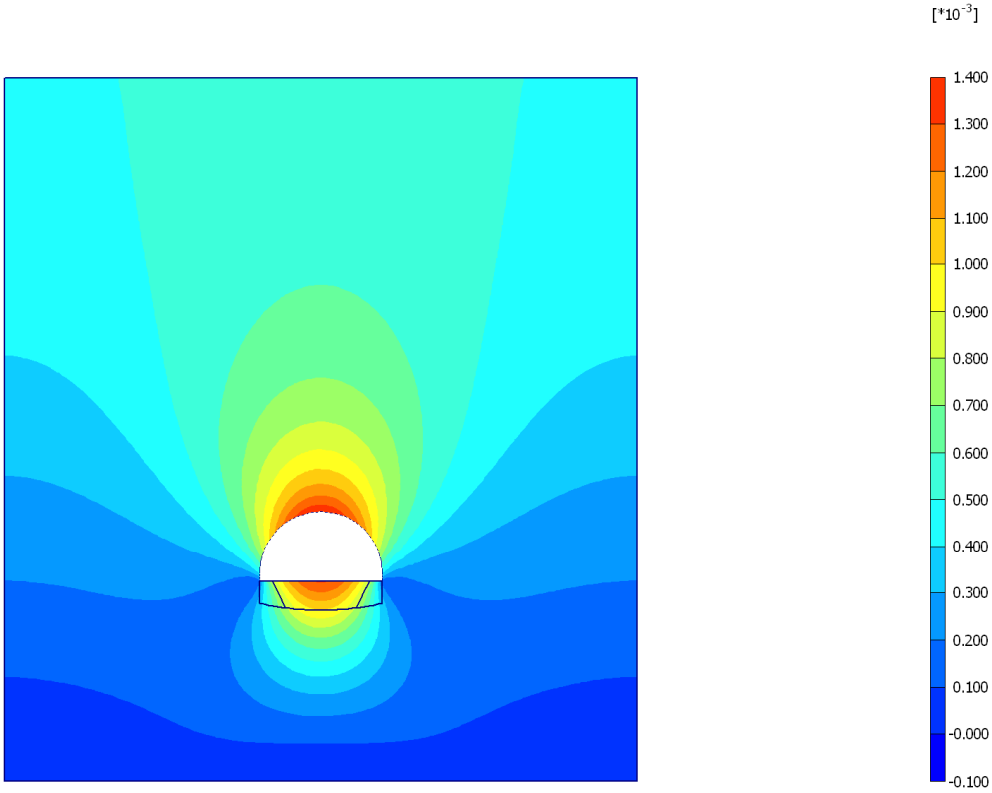


Fig. 3 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

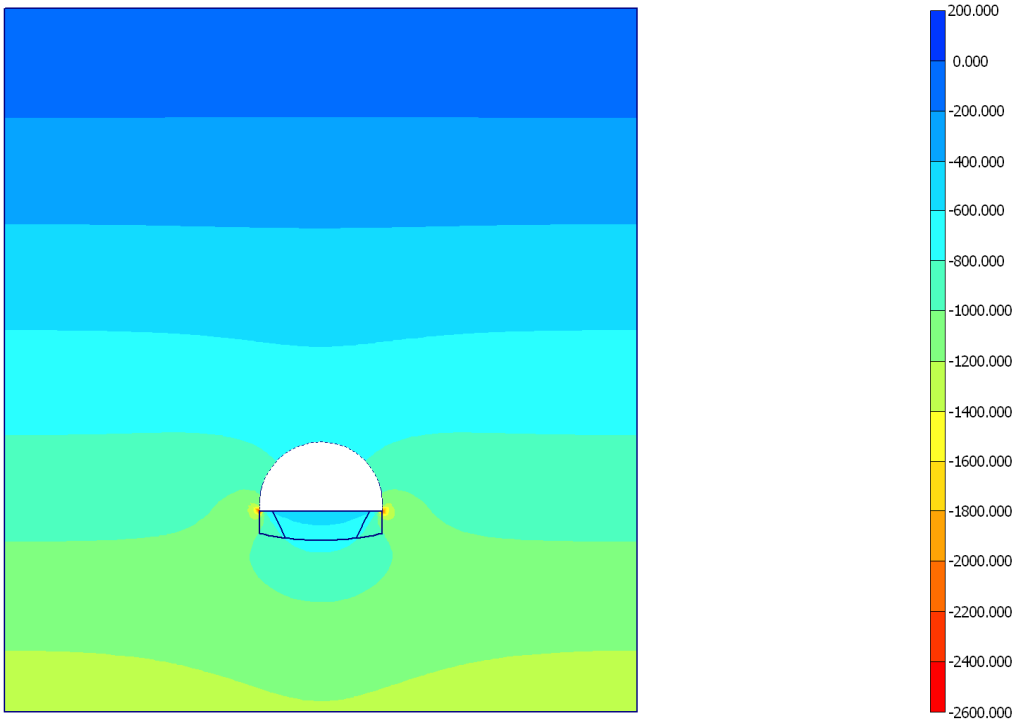


Fig. 4 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

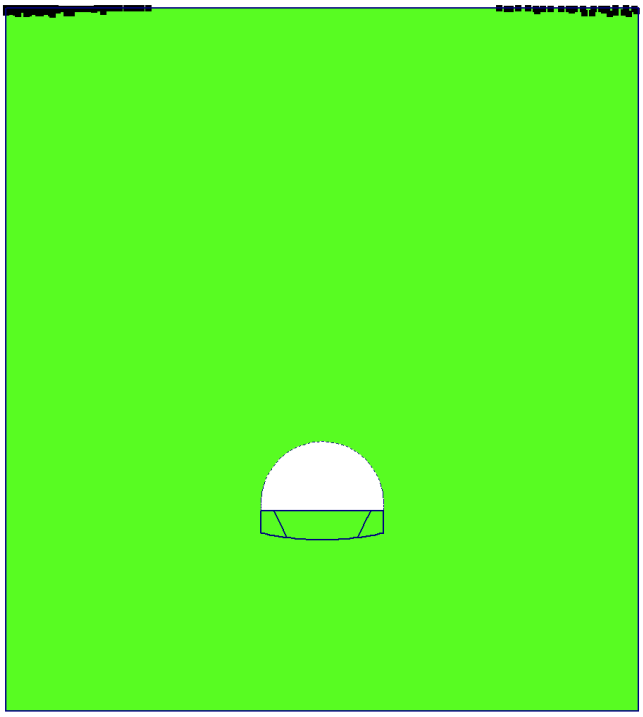


Fig. 5 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1973	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	-4,799	1,992						
2	2675	-8,800	3,382	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3947	-4,799	3,492						
3	3335	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4333	-4,536	4,911						
4	4043	-7,090	8,552	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4649	-3,837	6,226						
5	4819	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4797	-2,777	7,257						
6	5387	-2,710	11,712	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5501	-1,460	7,914						
7	6721	2,710	11,712	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	6179	1,551	7,884						
8	7115	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6189	2,777	7,257						
9	7105	7,090	8,552	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6153	3,837	6,226						
10	6895	8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5569	4,536	4,911						
11	6031	8,800	3,382	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4961	4,799	3,492						
12	5355	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4265	4,799	1,982						
13	6451	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6137	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

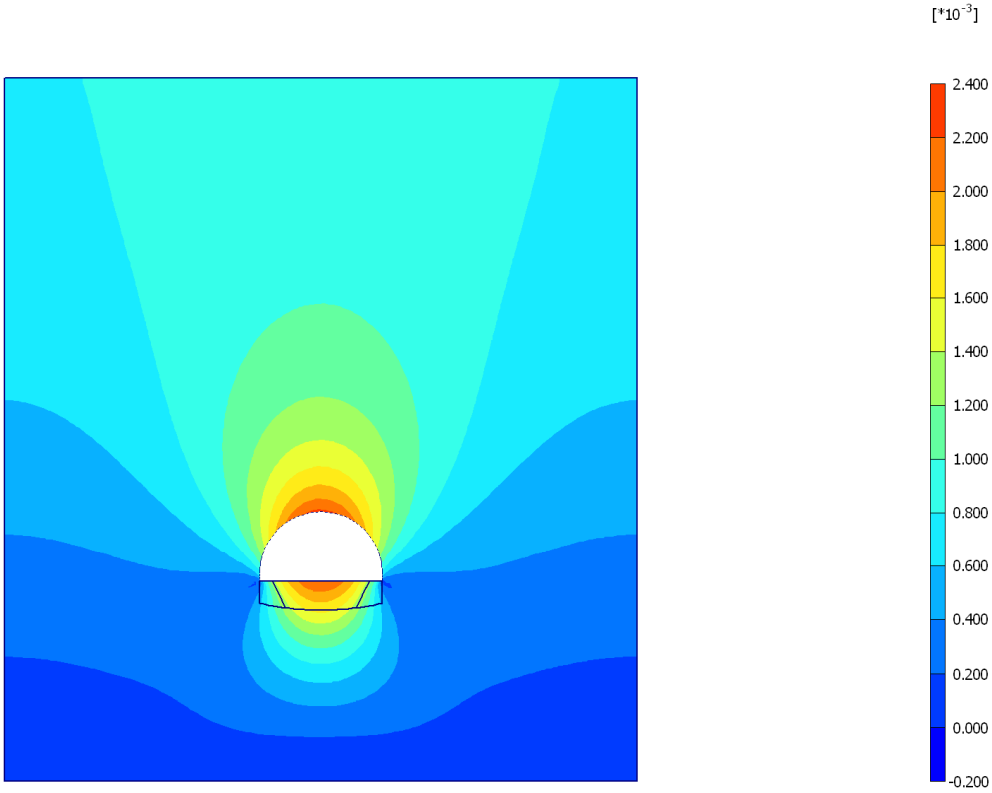


Fig. 6 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 4 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

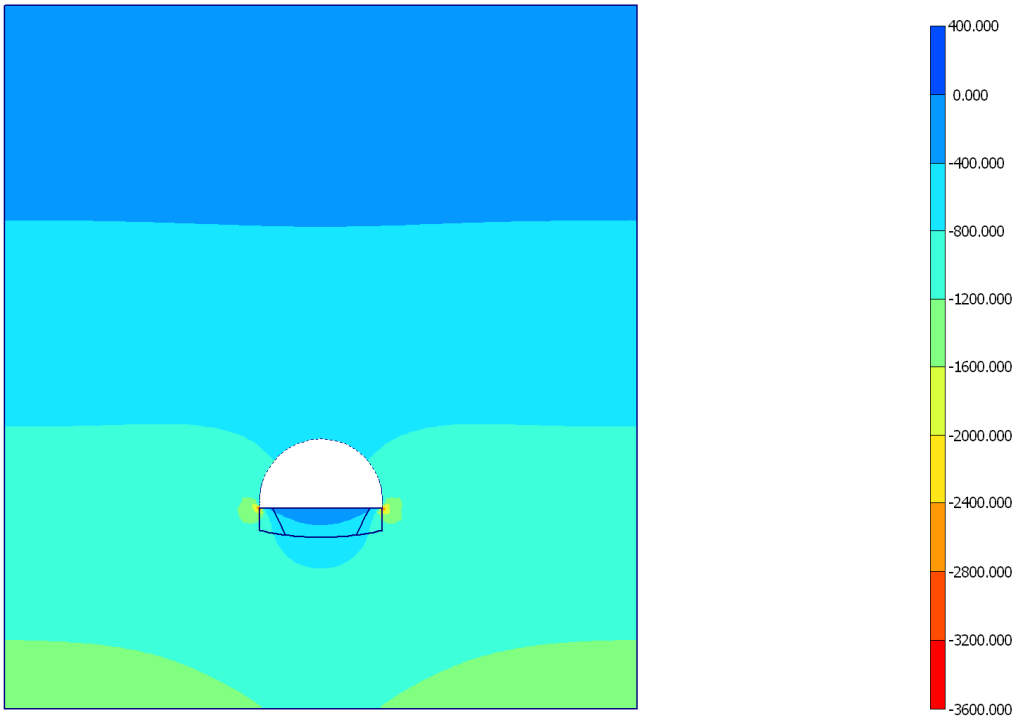


Fig. 7 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 4 - (Phase: 2)

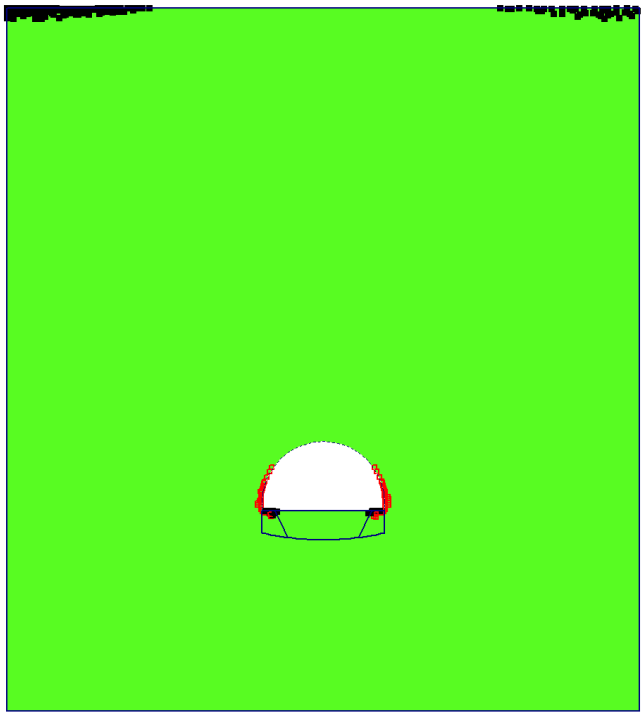
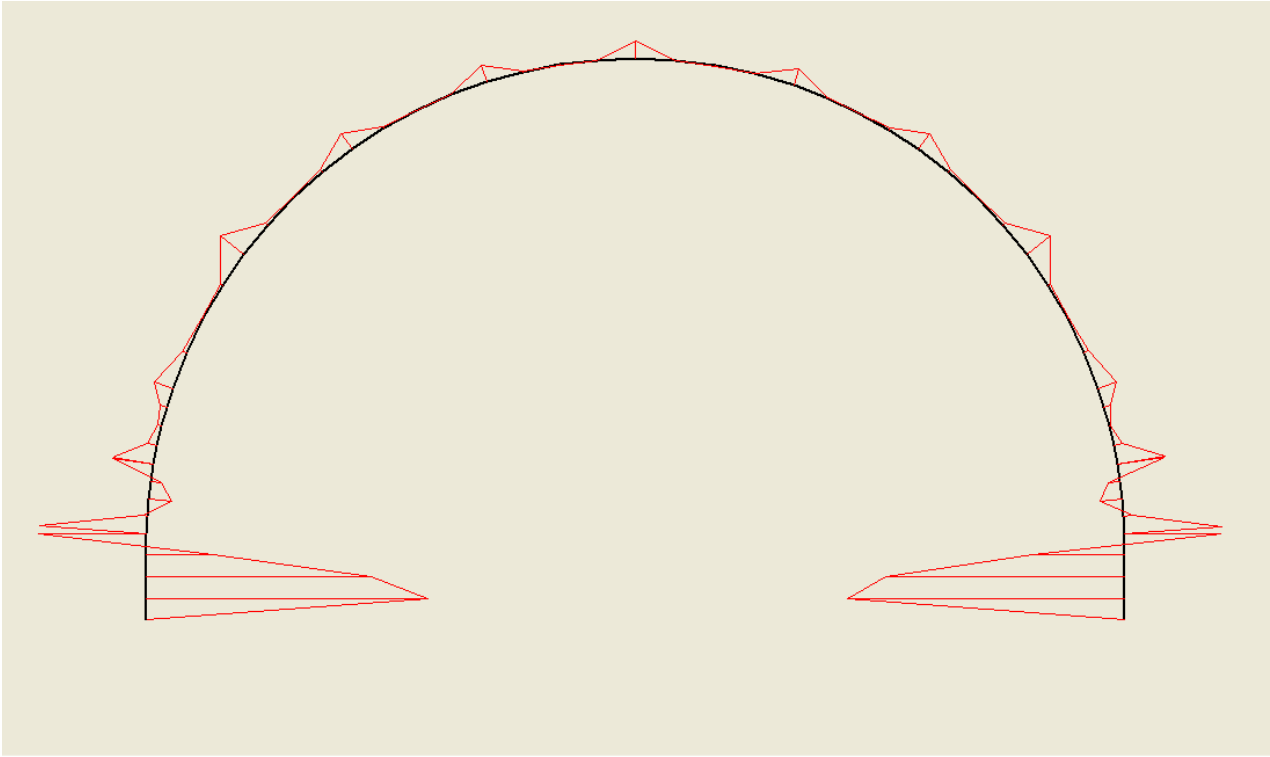


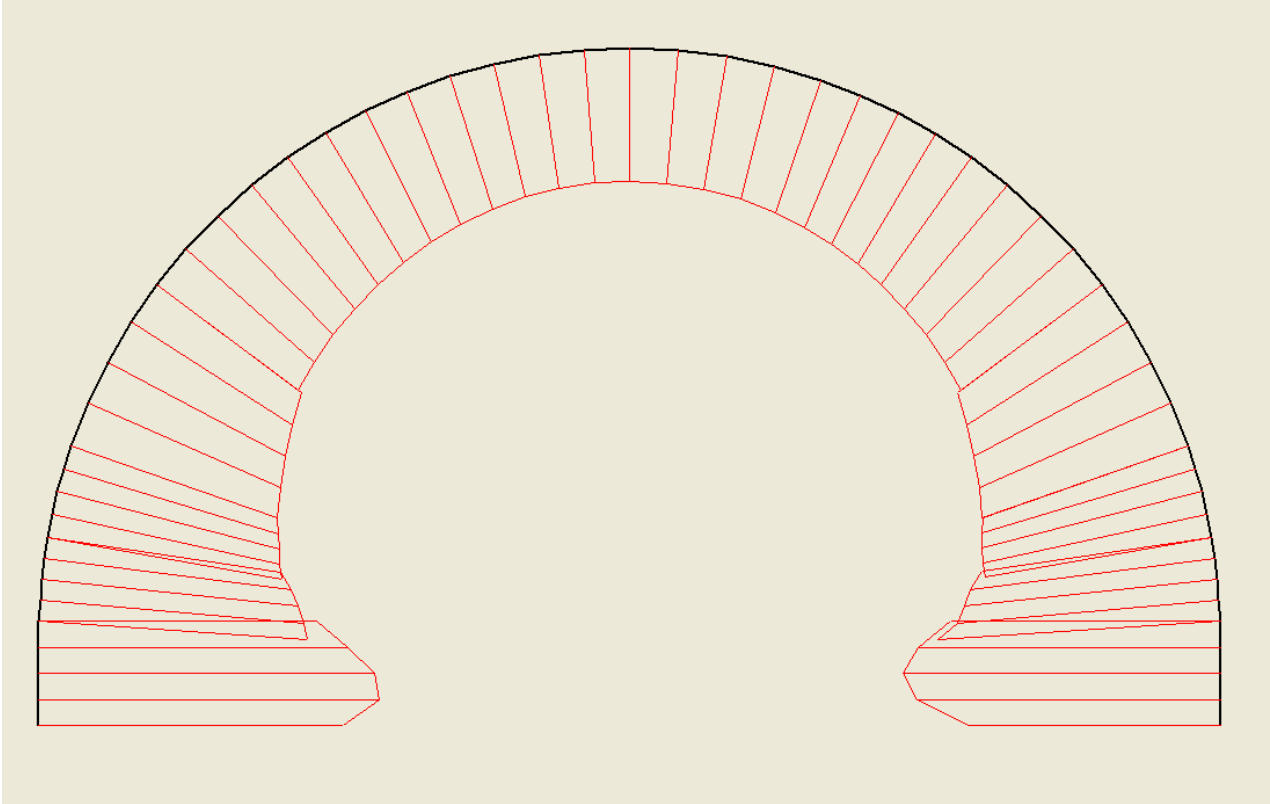
Fig. 8 Plot of plastic points
- Step no: 4 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment 2,80 kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -364,57 kN/m

7.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1973	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	-4,799	1,992						
2	2675	-8,800	3,382	5,193	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3947	-4,799	3,492						
3	3335	-8,350	6,112	5,884	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4333	-4,536	4,911						
4	4043	-7,090	8,552	6,150	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4649	-3,837	6,226						
5	4819	-5,150	10,482	6,466	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4797	-2,777	7,257						
6	5387	-2,710	11,712	6,700	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5501	-1,460	7,914						
7	6721	2,710	11,712	6,678	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	6179	1,551	7,884						
8	7115	5,150	10,482	6,467	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6189	2,777	7,257						
9	7105	7,090	8,552	6,154	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6153	3,837	6,226						
10	6895	8,350	6,112	5,898	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5569	4,536	4,911						
11	6031	8,800	3,382	5,204	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4961	4,799	3,492						
12	5355	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4265	4,799	1,982						
13	6451	0,000	12,142	6,787	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6137	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

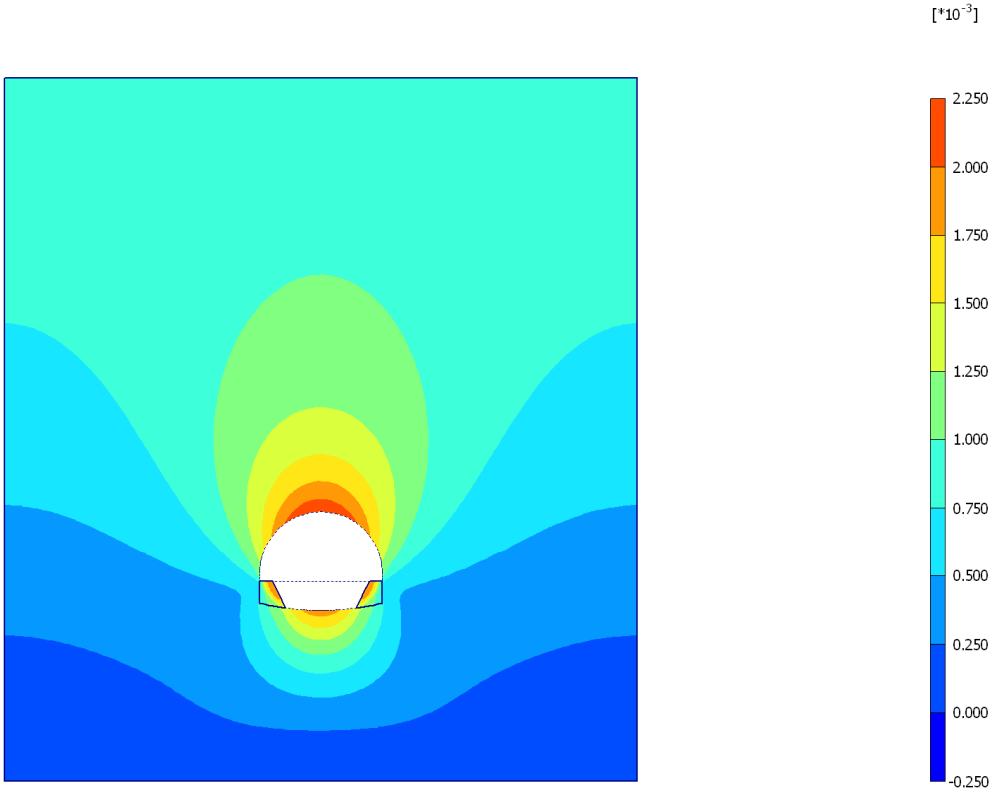


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 19 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

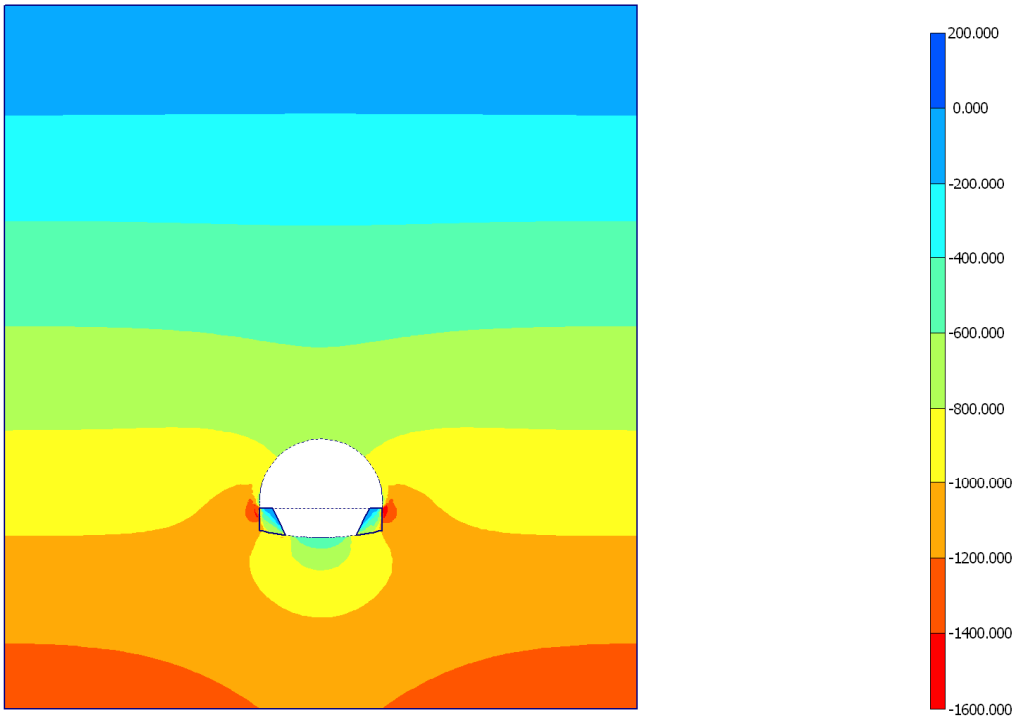


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 19 - (Phase: 3)

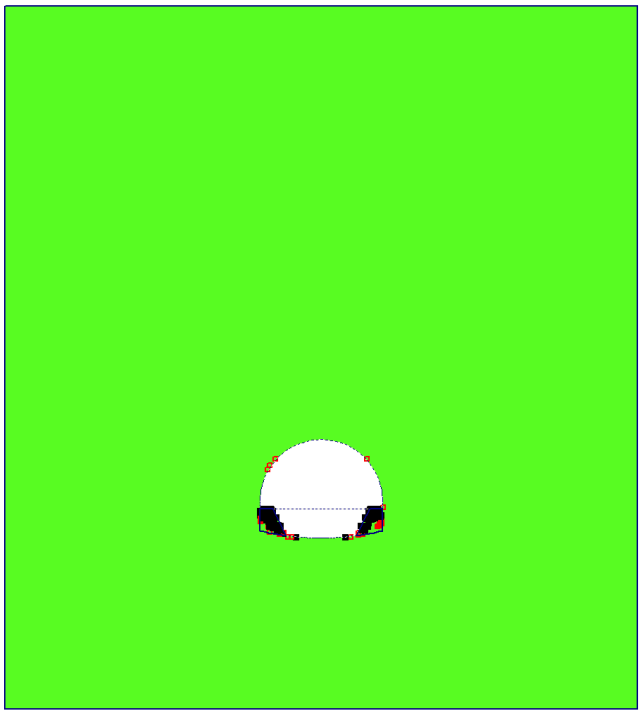
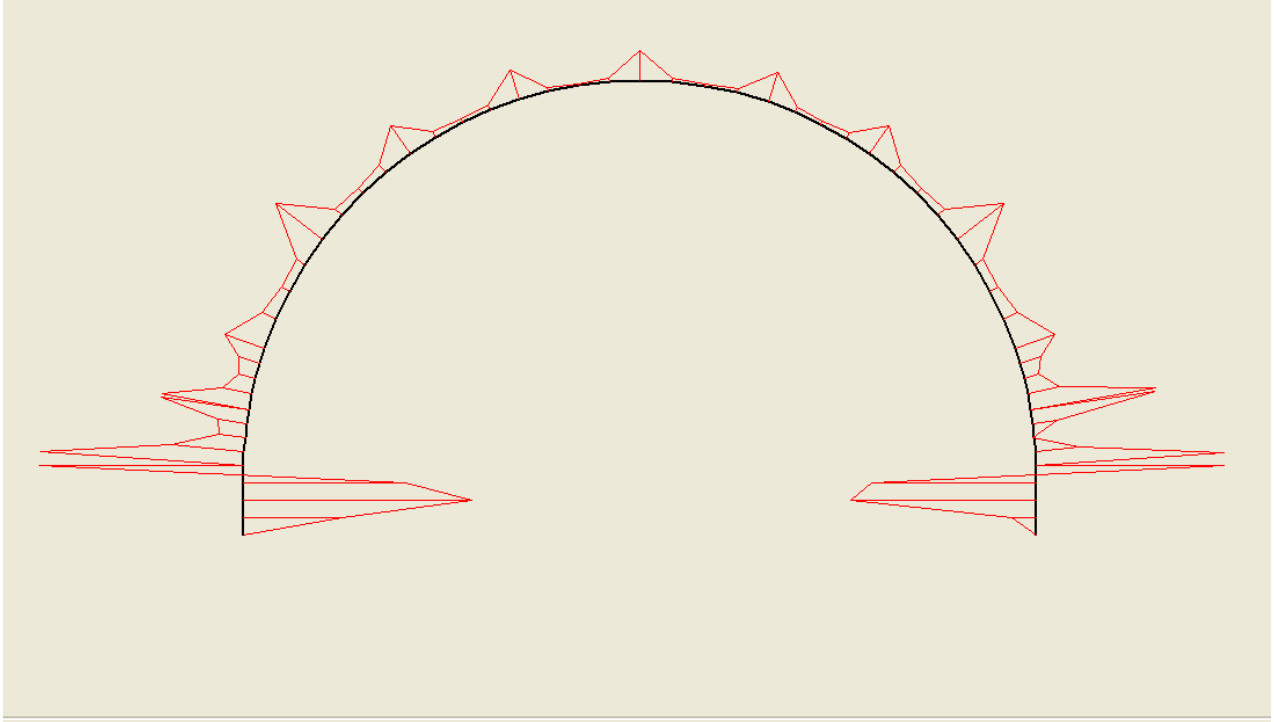


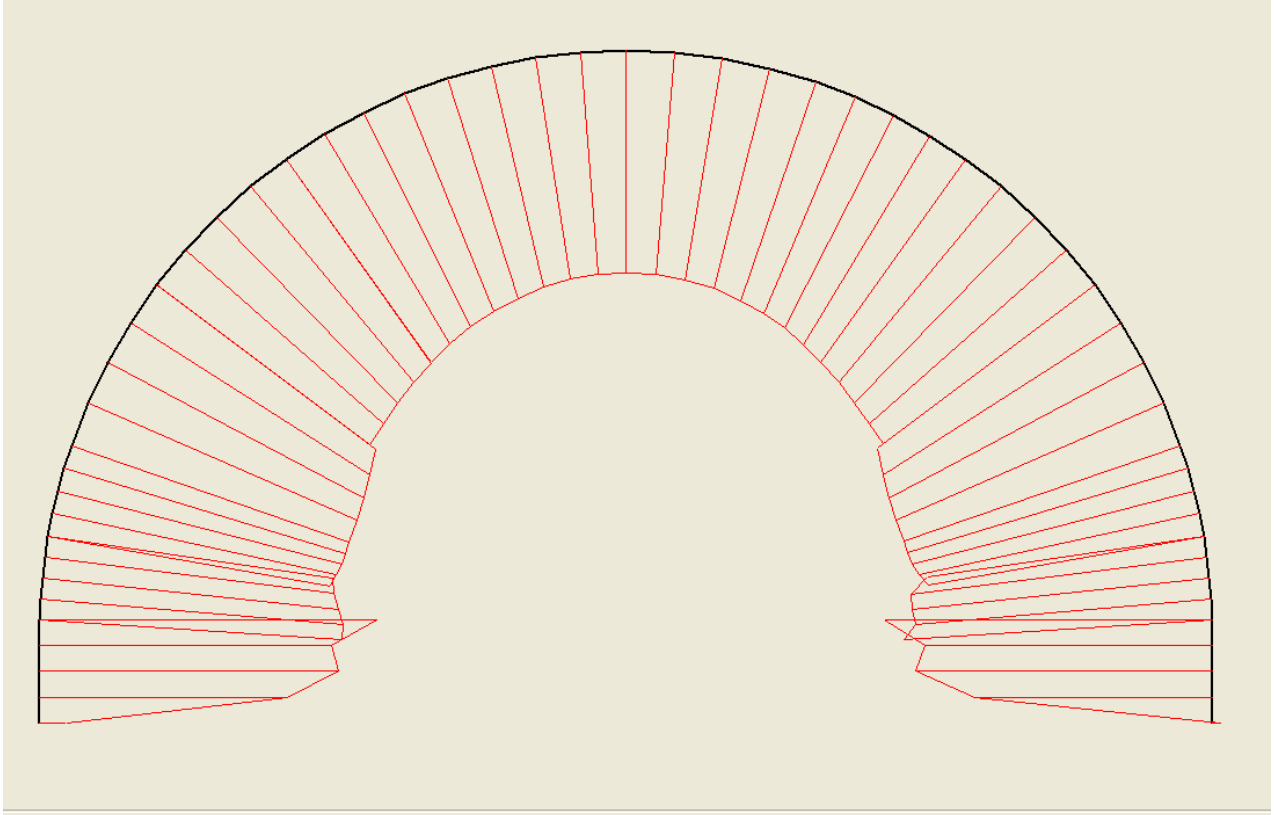
Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 19 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment 1,48 kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -272,51 kN/m

8.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1973	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	-4,799	1,992						
2	2675	-8,800	3,382	9,123	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3947	-4,799	3,492						
3	3335	-8,350	6,112	7,001	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4333	-4,536	4,911						
4	4043	-7,090	8,552	6,516	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4649	-3,837	6,226						
5	4819	-5,150	10,482	6,570	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4797	-2,777	7,257						
6	5387	-2,710	11,712	6,705	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5501	-1,460	7,914						
7	6721	2,710	11,712	6,692	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	6179	1,551	7,884						
8	7115	5,150	10,482	6,574	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6189	2,777	7,257						
9	7105	7,090	8,552	6,525	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6153	3,837	6,226						
10	6895	8,350	6,112	7,021	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5569	4,536	4,911						
11	6031	8,800	3,382	9,192	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4961	4,799	3,492						
12	5355	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4265	4,799	1,982						
13	6451	0,000	12,142	6,767	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6137	0,000	8,142						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

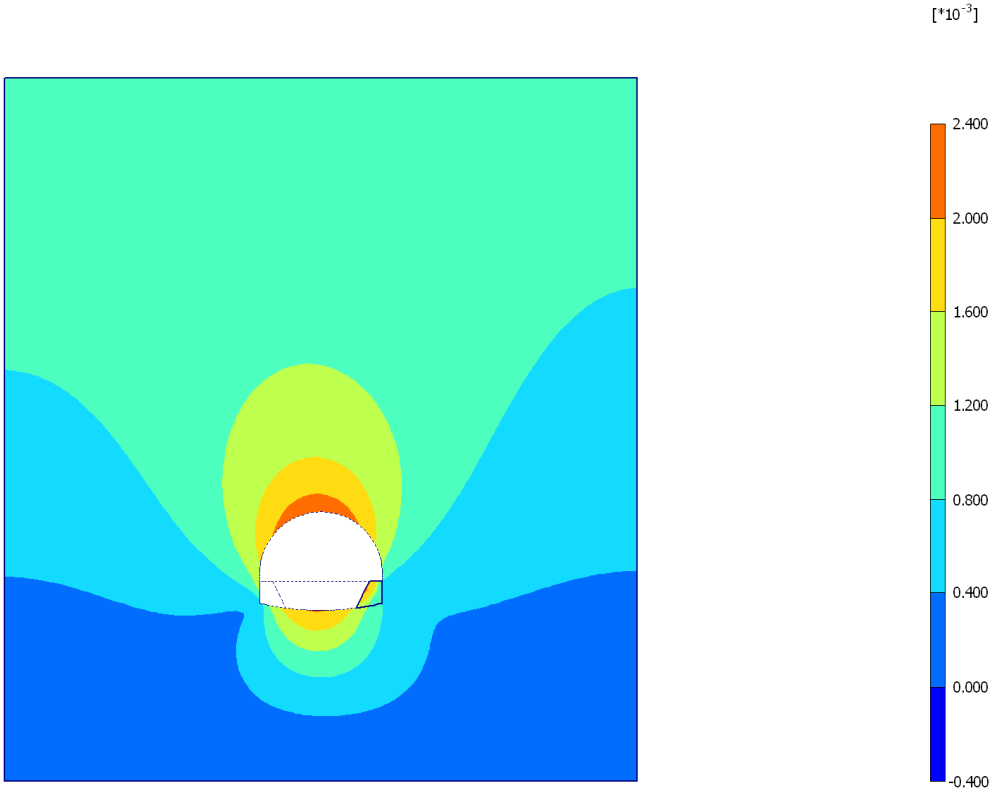


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 23 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

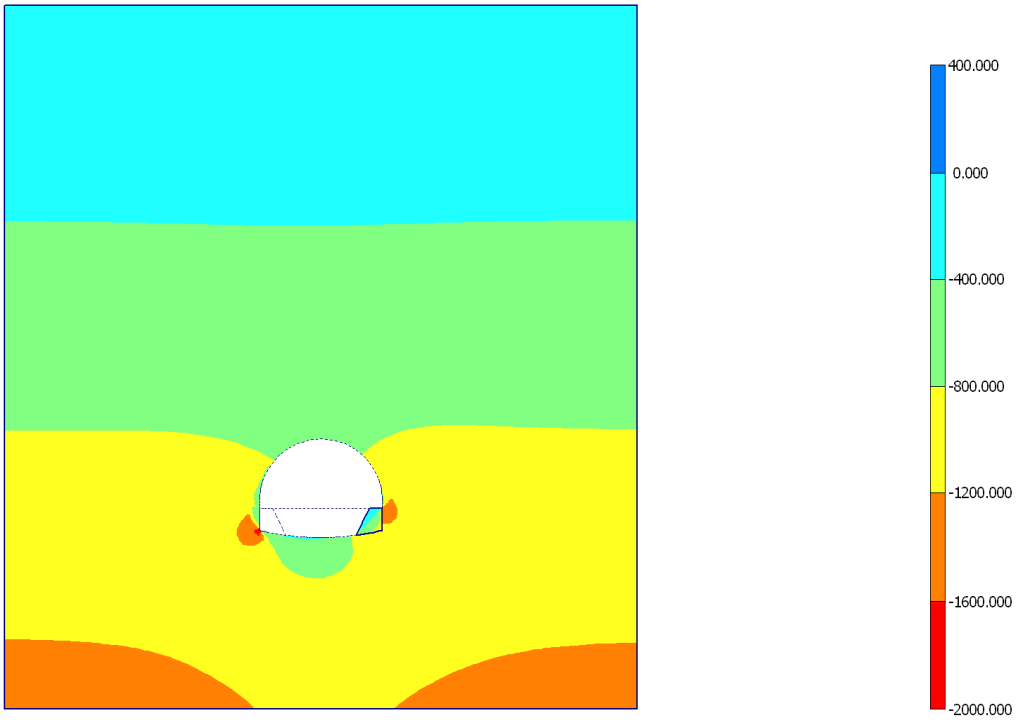


Fig. 13 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 23 - (Phase: 4)

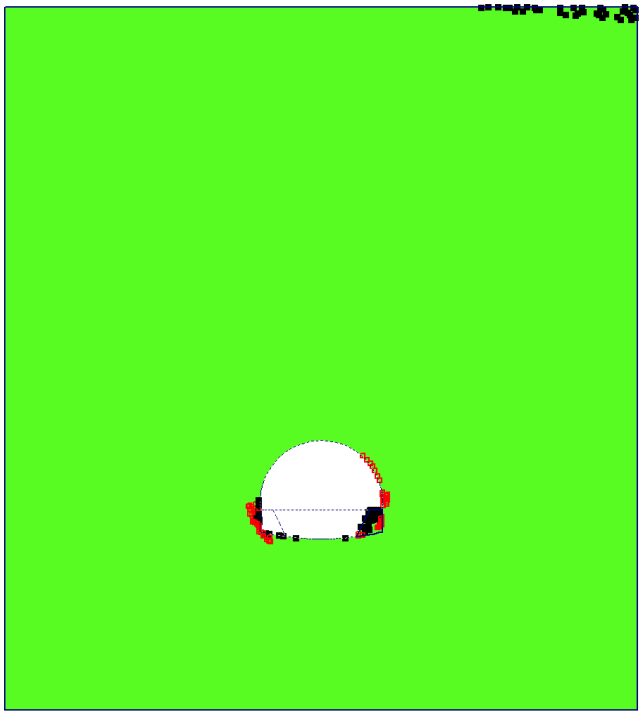
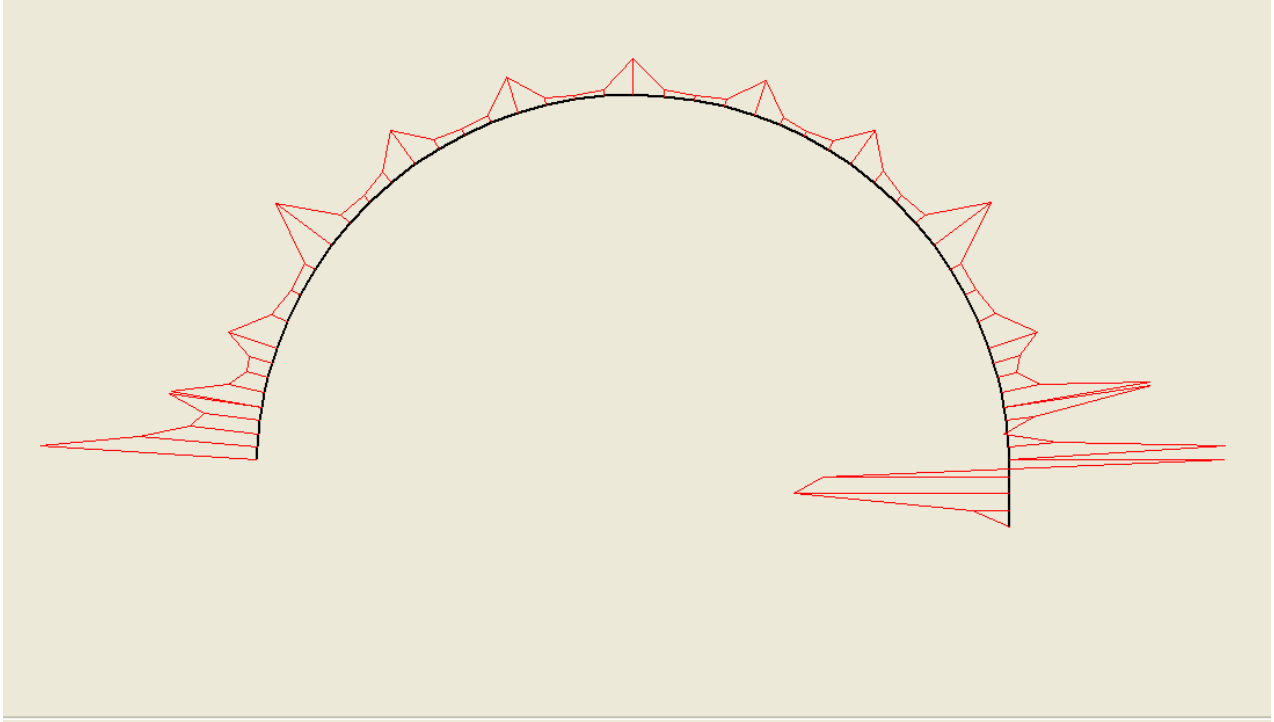


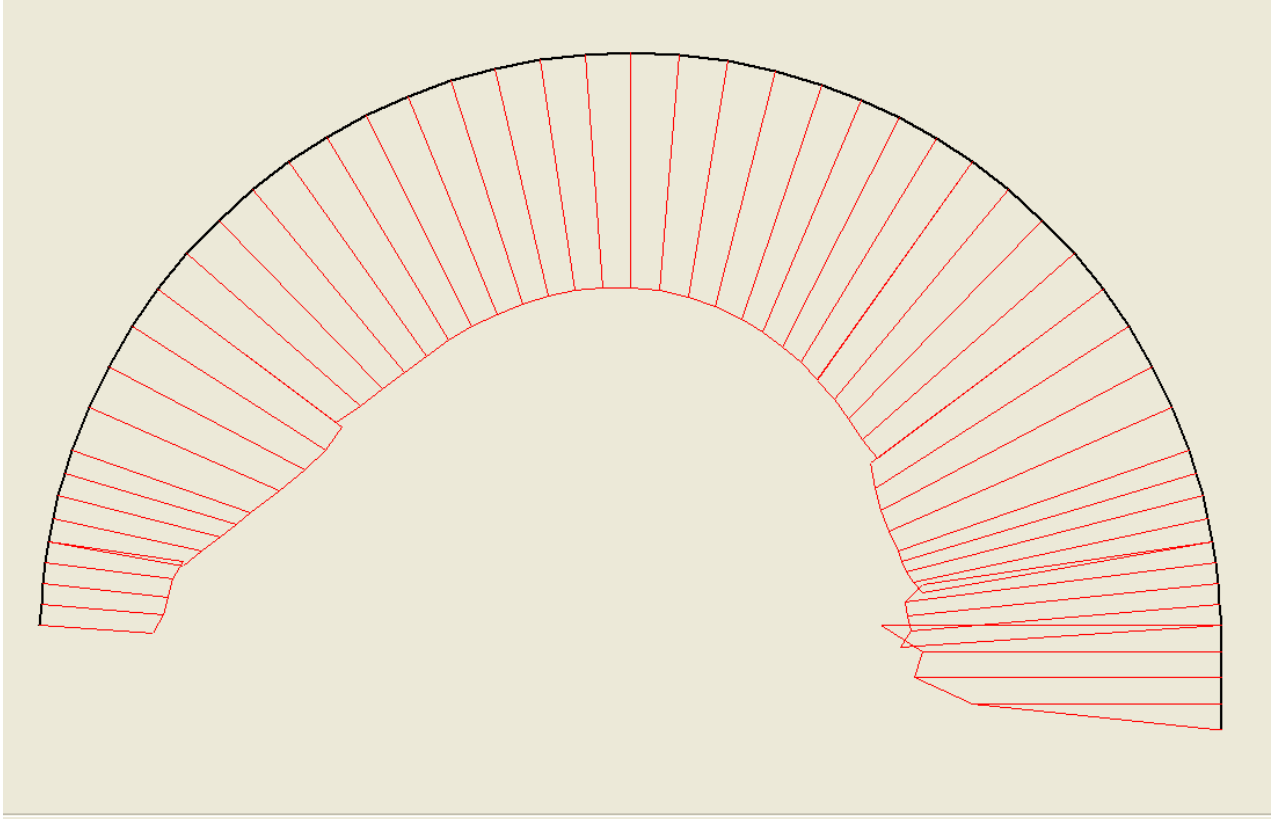
Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 23 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -1,25 kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -280,26 kN/m

9.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1973	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	-4,799	1,992						
2	2675	-8,800	3,382	12,551	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3947	-4,799	3,492						
3	3335	-8,350	6,112	8,409	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4333	-4,536	4,911						
4	4043	-7,090	8,552	7,163	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4649	-3,837	6,226						
5	4819	-5,150	10,482	6,868	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4797	-2,777	7,257						
6	5387	-2,710	11,712	6,843	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5501	-1,460	7,914						
7	6721	2,710	11,712	6,728	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	6179	1,551	7,884						
8	7115	5,150	10,482	6,608	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6189	2,777	7,257						
9	7105	7,090	8,552	6,552	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6153	3,837	6,226						
10	6895	8,350	6,112	7,045	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5569	4,536	4,911						
11	6031	8,800	3,382	9,232	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4961	4,799	3,492						
12	5355	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4265	4,799	1,982						
13	6451	0,000	12,142	6,838	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6137	0,000	8,142						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

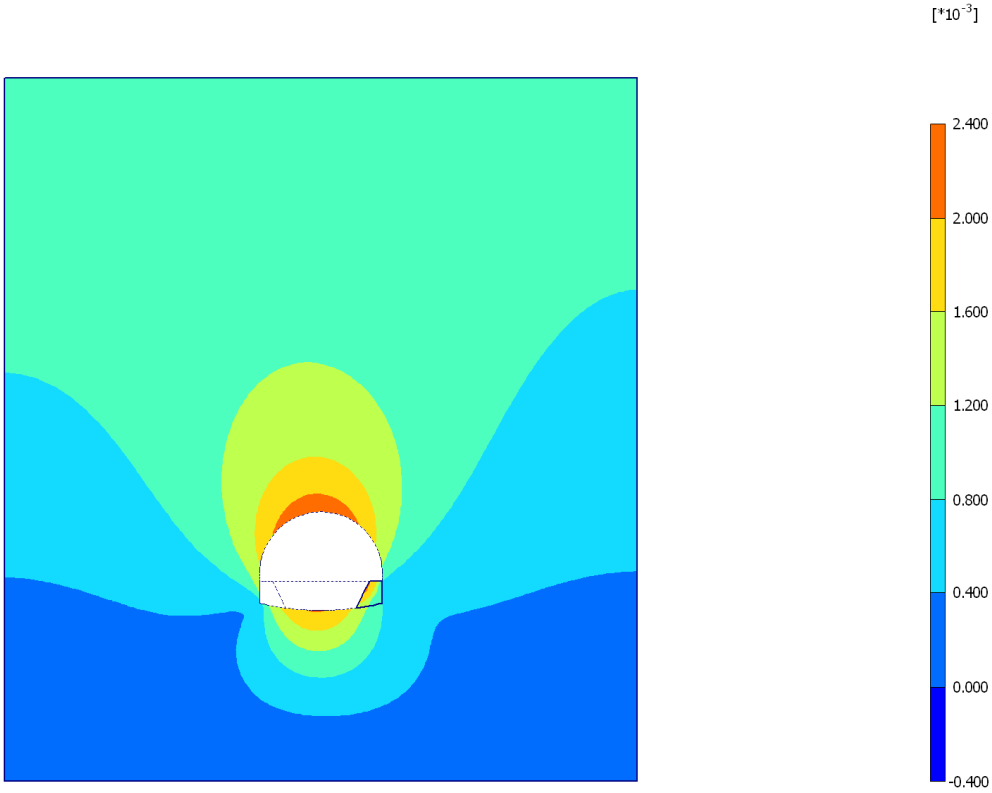


Fig. 15 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

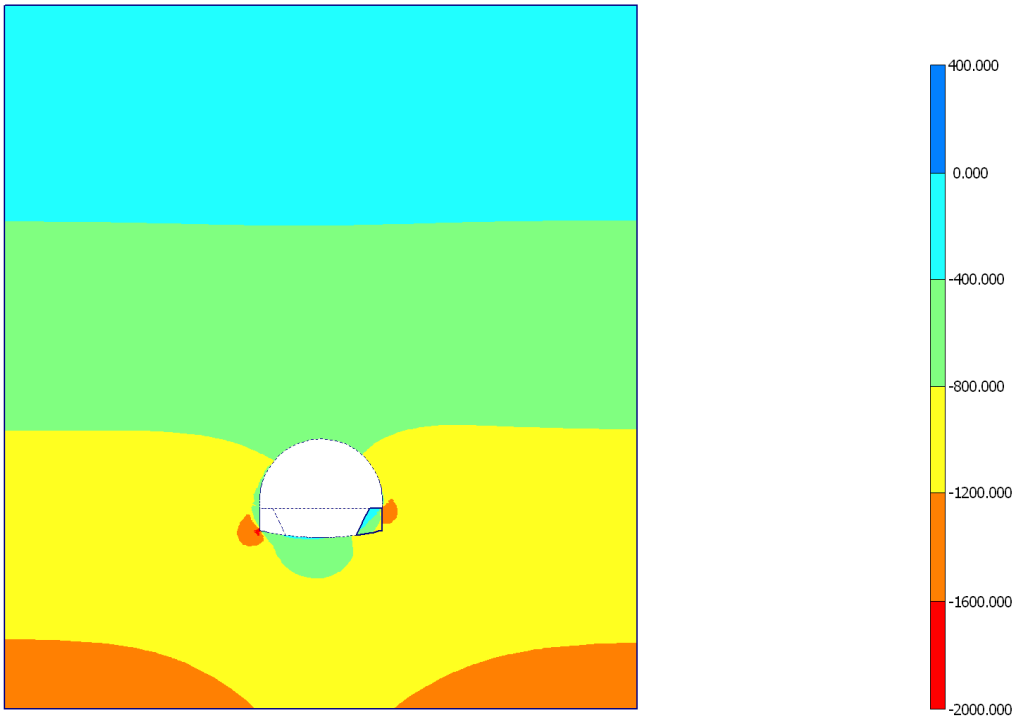


Fig. 16 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 5)

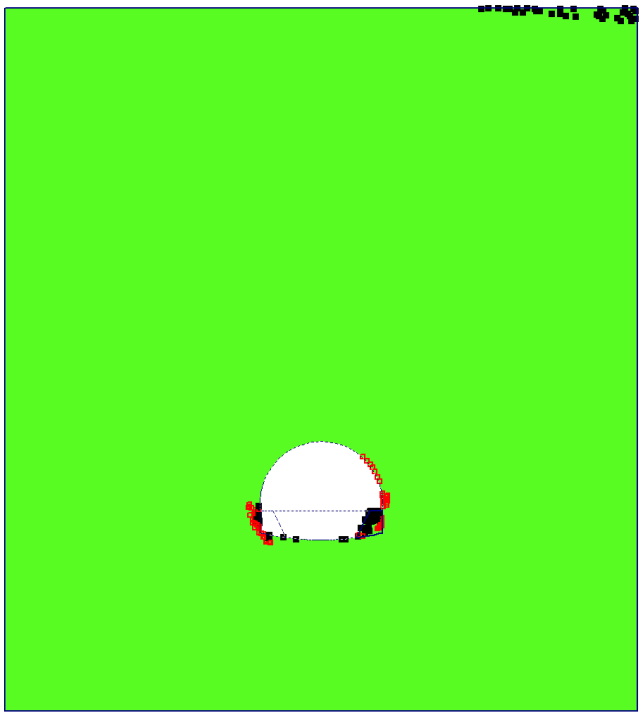
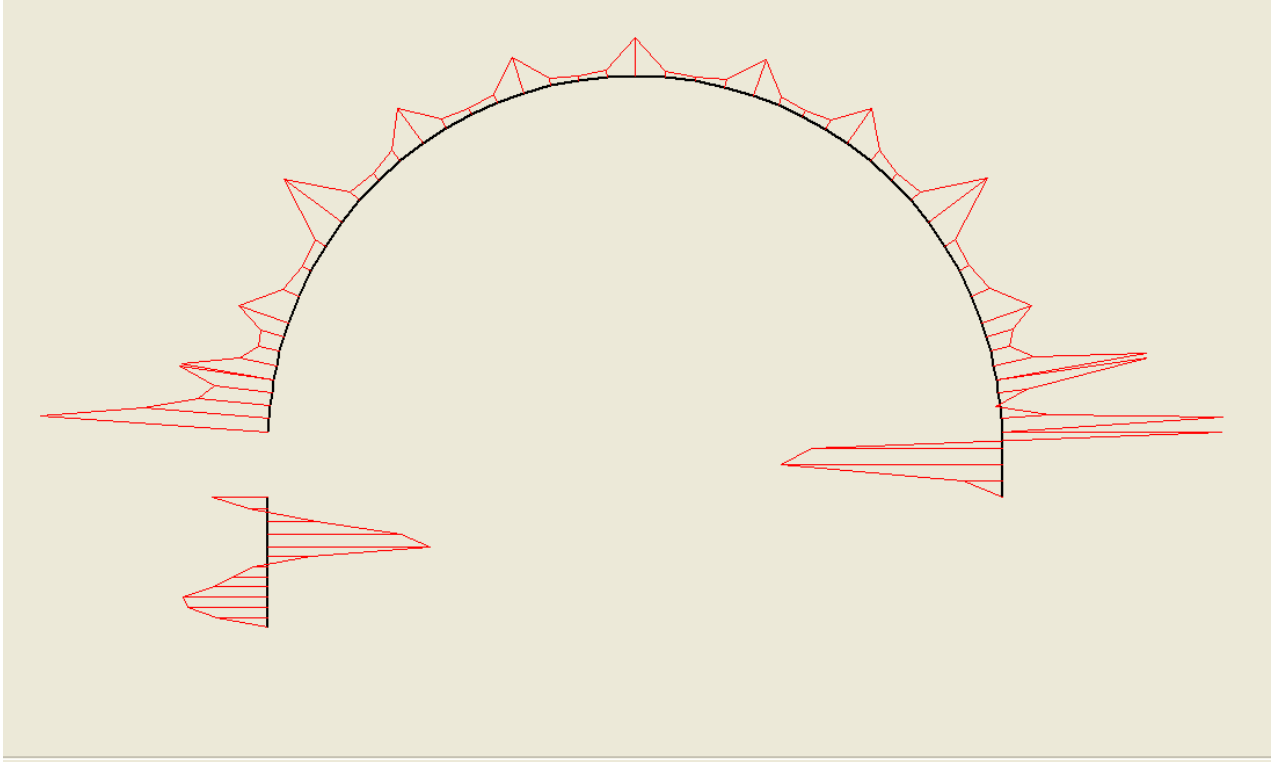


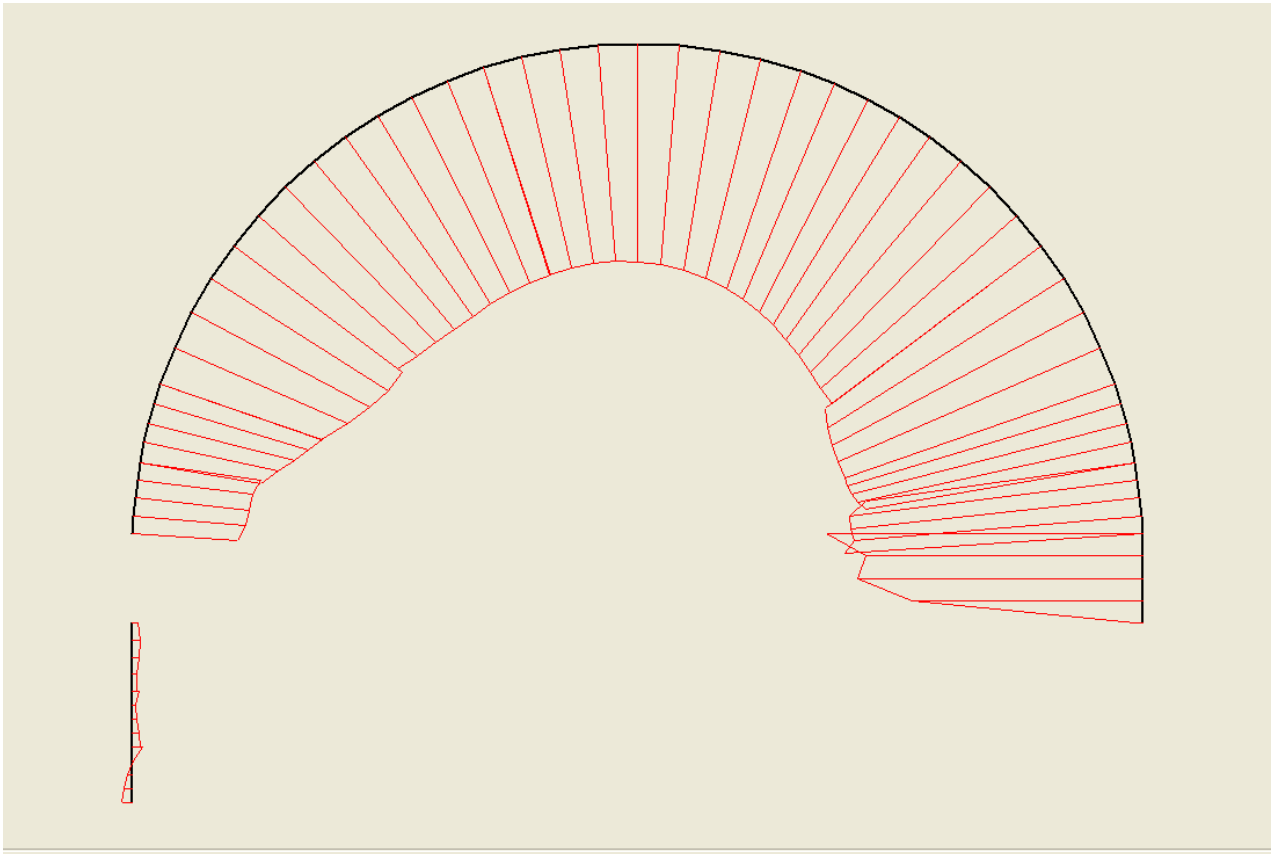
Fig. 17 Plot of plastic points
- Step no: 28 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -1,29 kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -280,75 kN/m

10.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1973	-8,617	0,789	1,310	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	-4,799	1,992						
2	2675	-8,800	3,382	12,603	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3947	-4,799	3,492						
3	3335	-8,350	6,112	8,448	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4333	-4,536	4,911						
4	4043	-7,090	8,552	7,187	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4649	-3,837	6,226						
5	4819	-5,150	10,482	6,881	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4797	-2,777	7,257						
6	5387	-2,710	11,712	6,850	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5501	-1,460	7,914						
7	6721	2,710	11,712	6,730	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	6179	1,551	7,884						
8	7115	5,150	10,482	6,611	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6189	2,777	7,257						
9	7105	7,090	8,552	6,554	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6153	3,837	6,226						
10	6895	8,350	6,112	7,047	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5569	4,536	4,911						
11	6031	8,800	3,382	9,238	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4961	4,799	3,492						
12	5355	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4265	4,799	1,982						
13	6451	0,000	12,142	6,841	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6137	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

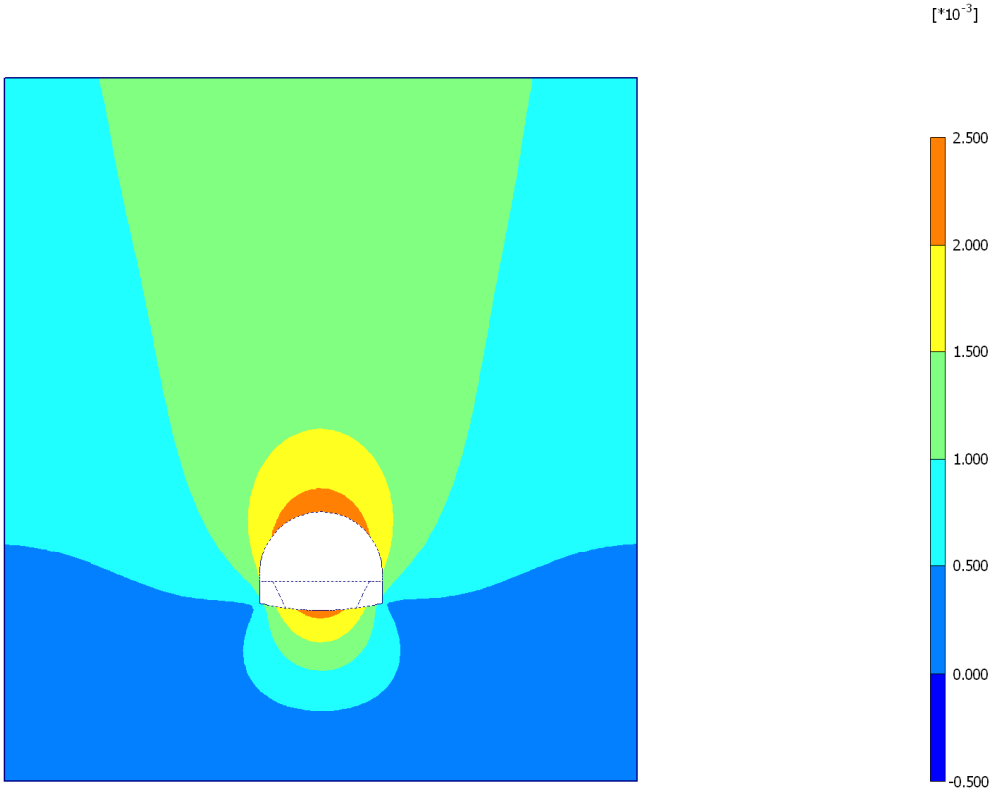


Fig. 18 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

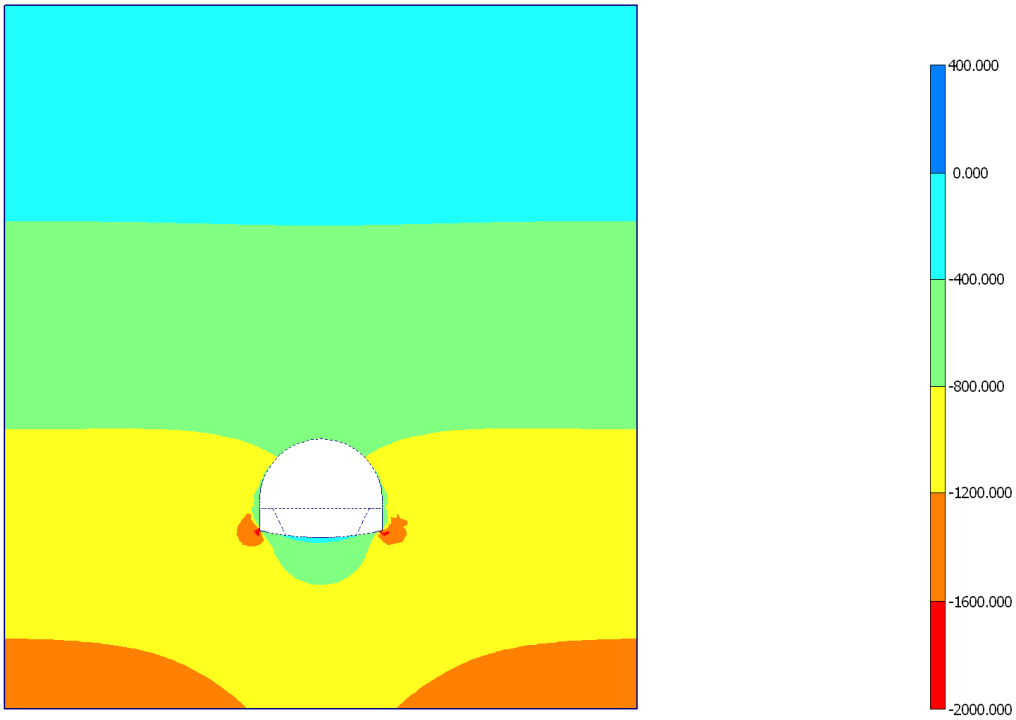


Fig. 19 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 6)

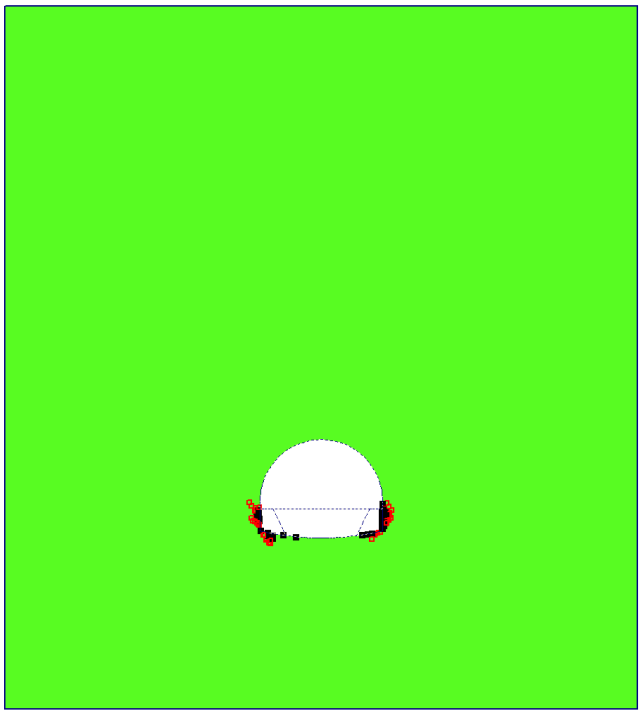
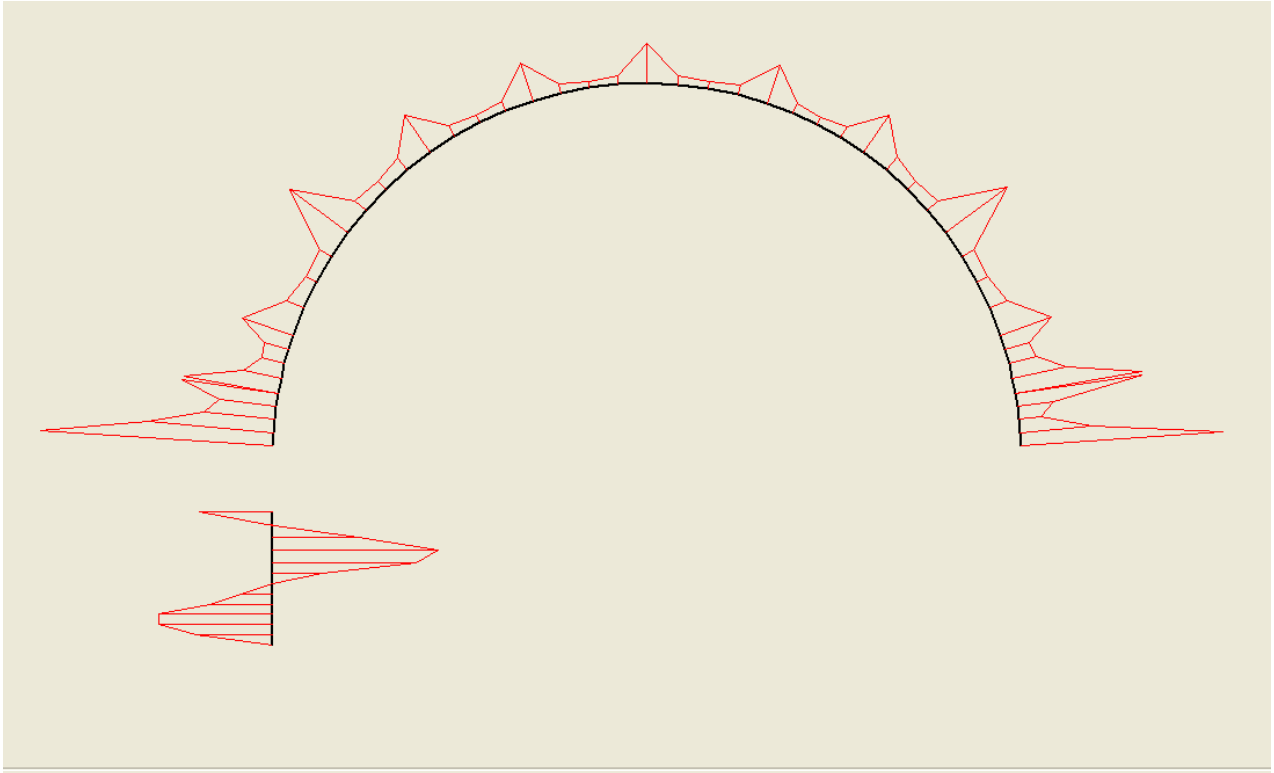


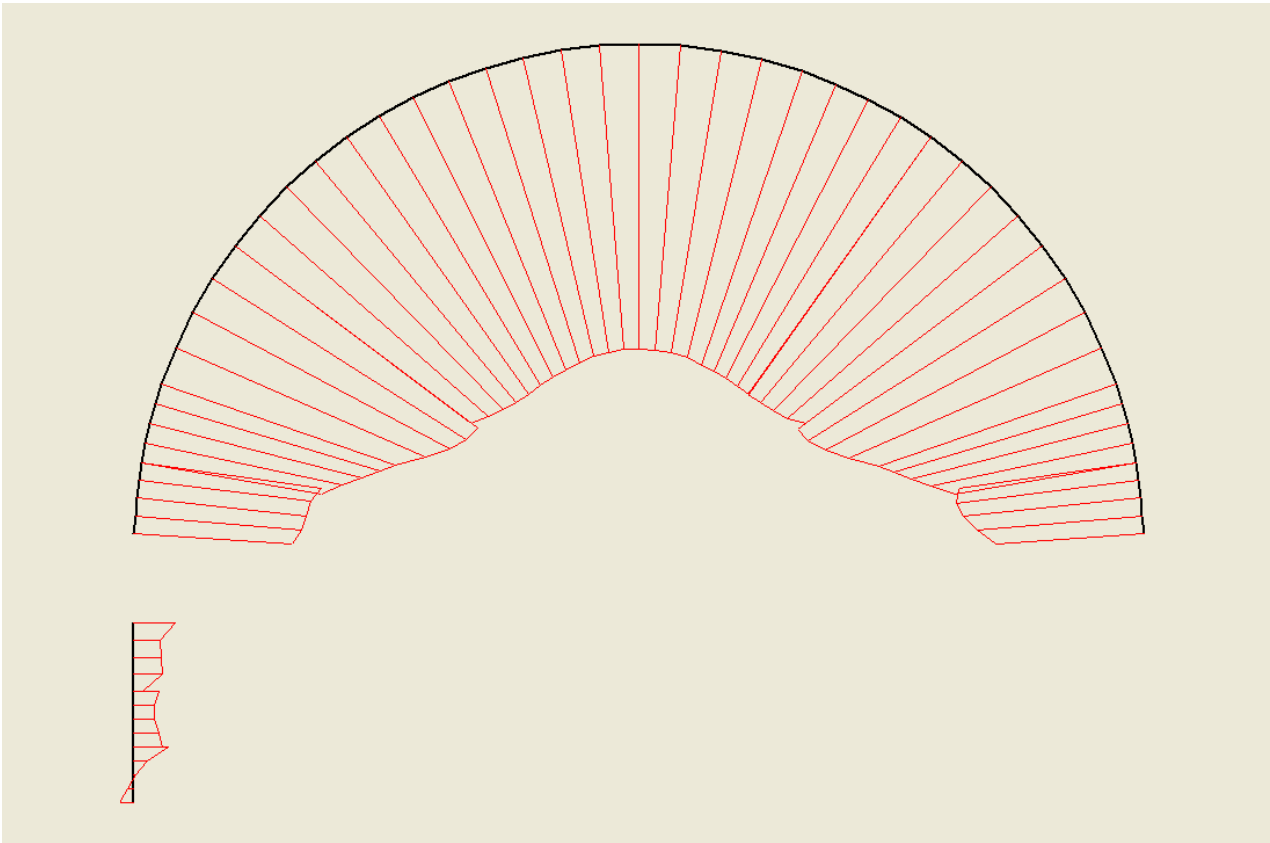
Fig. 20 Plot of plastic points
- Step no: 32 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -1,34 kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -215,25 kN/m

11.3.2 Anchors

Table [15] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1973	-8,617	0,789	1,771	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	-4,799	1,992						
2	2675	-8,800	3,382	12,663	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3947	-4,799	3,492						
3	3335	-8,350	6,112	8,489	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4333	-4,536	4,911						
4	4043	-7,090	8,552	7,221	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4649	-3,837	6,226						
5	4819	-5,150	10,482	6,920	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4797	-2,777	7,257						
6	5387	-2,710	11,712	6,899	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5501	-1,460	7,914						
7	6721	2,710	11,712	6,905	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	6179	1,551	7,884						
8	7115	5,150	10,482	6,914	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6189	2,777	7,257						
9	7105	7,090	8,552	7,210	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6153	3,837	6,226						
10	6895	8,350	6,112	8,467	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5569	4,536	4,911						
11	6031	8,800	3,382	12,653	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4961	4,799	3,492						
12	5355	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4265	4,799	1,982						
13	6451	0,000	12,142	6,915	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6137	0,000	8,142						

12.Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

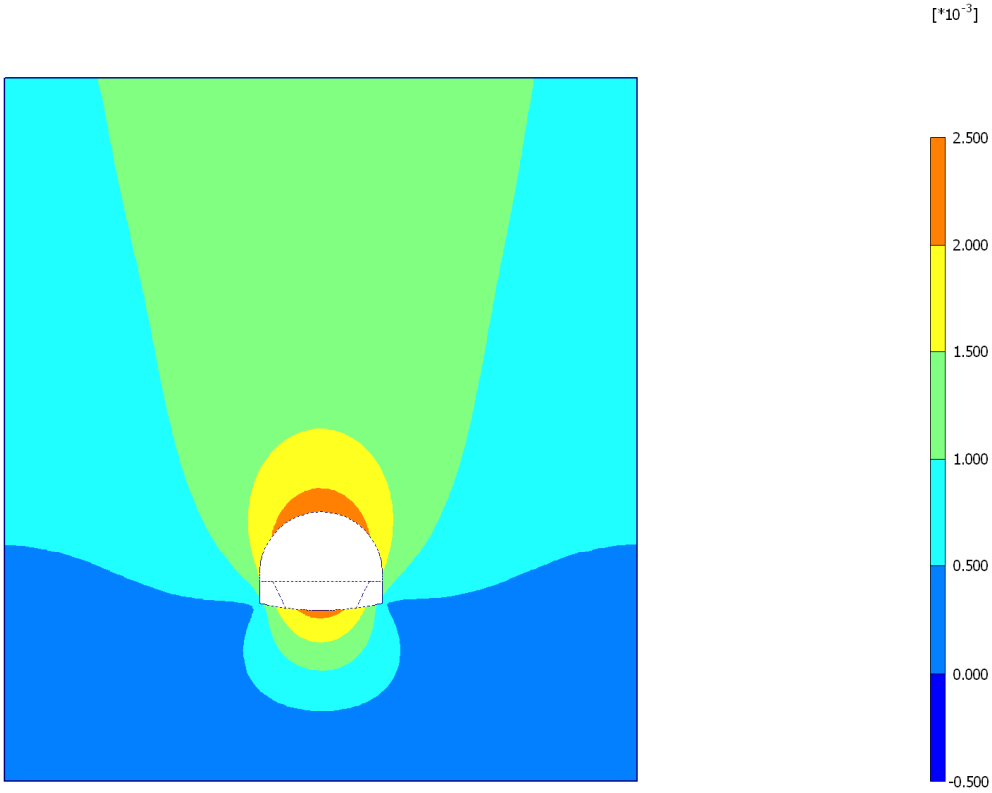


Fig. 21 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 35 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

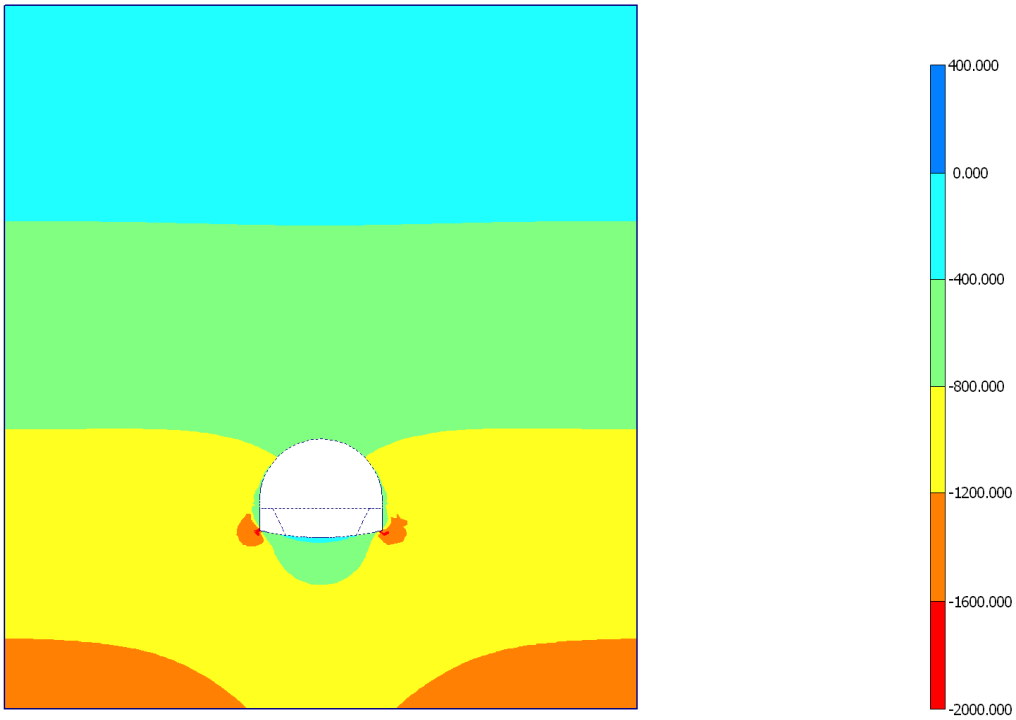


Fig. 22 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 35 - (Phase: 7)

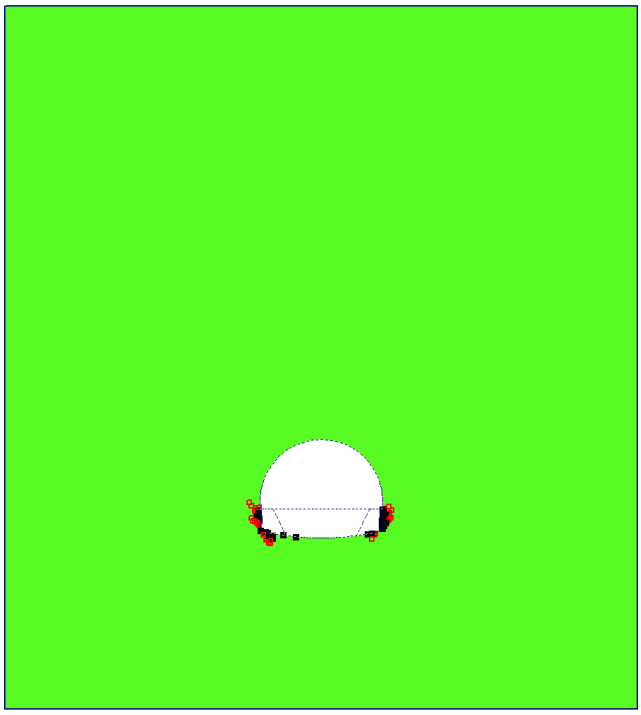
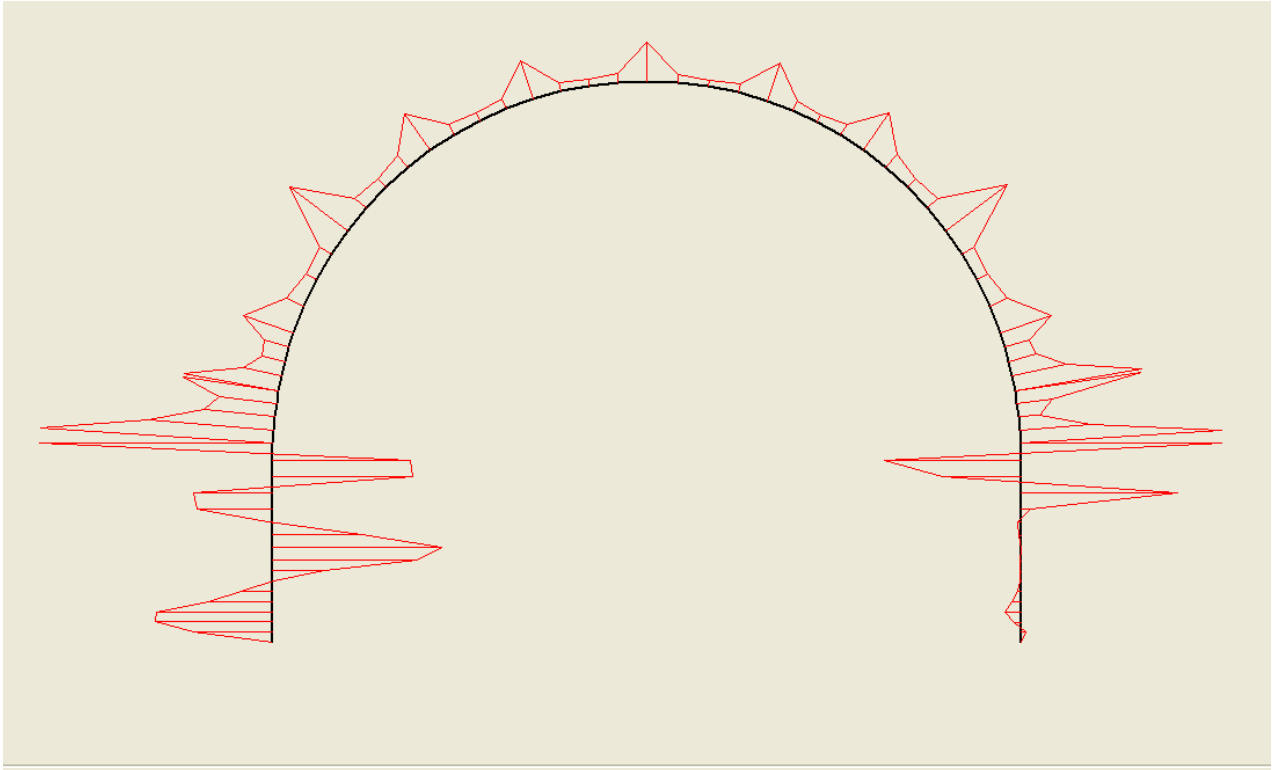


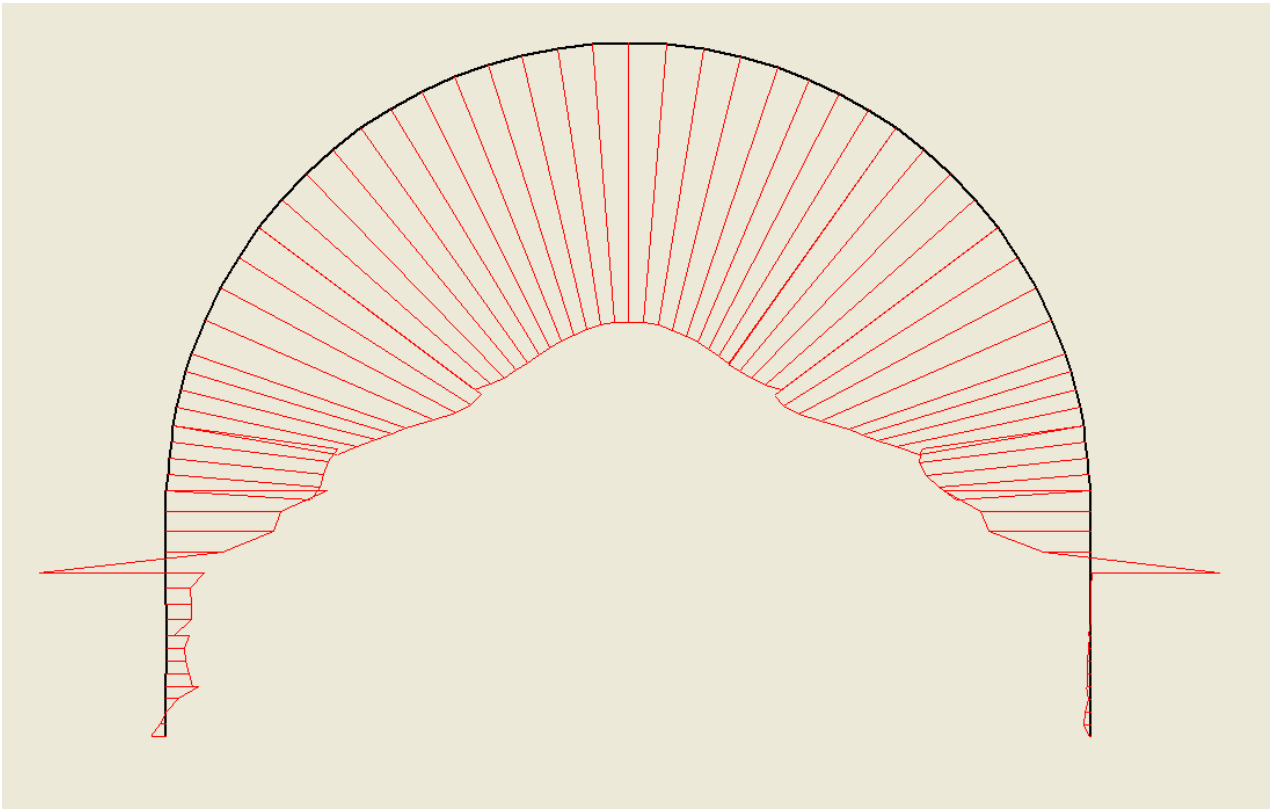
Fig. 23 Plot of plastic points
- Step no: 35 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -1,34 kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -215,17 kN/m

12.3.2 Anchors

Table [16] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1973	-8,617	0,789	1,815	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	-4,799	1,992						
2	2675	-8,800	3,382	12,666	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3947	-4,799	3,492						
3	3335	-8,350	6,112	8,491	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4333	-4,536	4,911						
4	4043	-7,090	8,552	7,223	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4649	-3,837	6,226						
5	4819	-5,150	10,482	6,921	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4797	-2,777	7,257						
6	5387	-2,710	11,712	6,899	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5501	-1,460	7,914						
7	6721	2,710	11,712	6,907	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	6179	1,551	7,884						
8	7115	5,150	10,482	6,916	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6189	2,777	7,257						
9	7105	7,090	8,552	7,214	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6153	3,837	6,226						
10	6895	8,350	6,112	8,472	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5569	4,536	4,911						
11	6031	8,800	3,382	12,658	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4961	4,799	3,492						
12	5355	8,617	0,789	0,055	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4265	4,799	1,982						
13	6451	0,000	12,142	6,916	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6137	0,000	8,142						

REPORT

04/23/2021

User: EPTISA

Title: ST-IV, CU-1 Margas. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	42,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

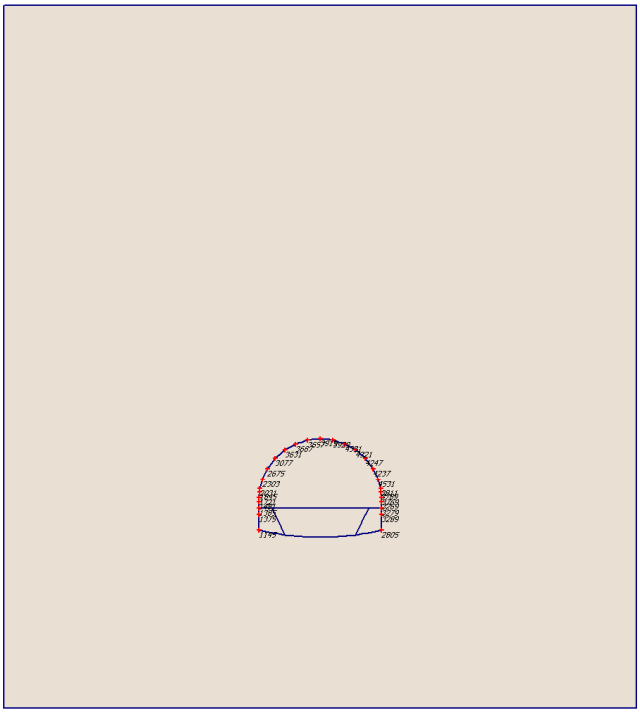


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

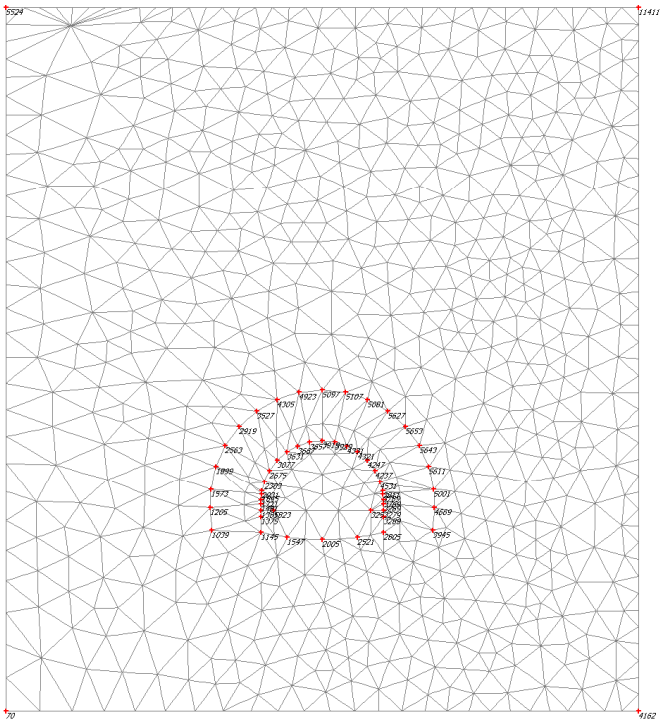


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Margas RMR_20**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	27,00
γ_{sat}	[kN/m³]	27,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	730000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	280769,231
E_{oed}	[kN/m²]	982692,308
c_{ref}	[kN/m²]	100,00
φ	[°]	38,00
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	ST_IV Gunita 0,18 + Cercha TH_21	3,18E6	7760,00	4,70	0,20	1E15	1E15
2	ST_V Gunita 0,30 + Cercha HEB_180	5,72E6	40700,00	7,99	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	8
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	9	31
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	32	42
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	43	44
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	45	53
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	54	55

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

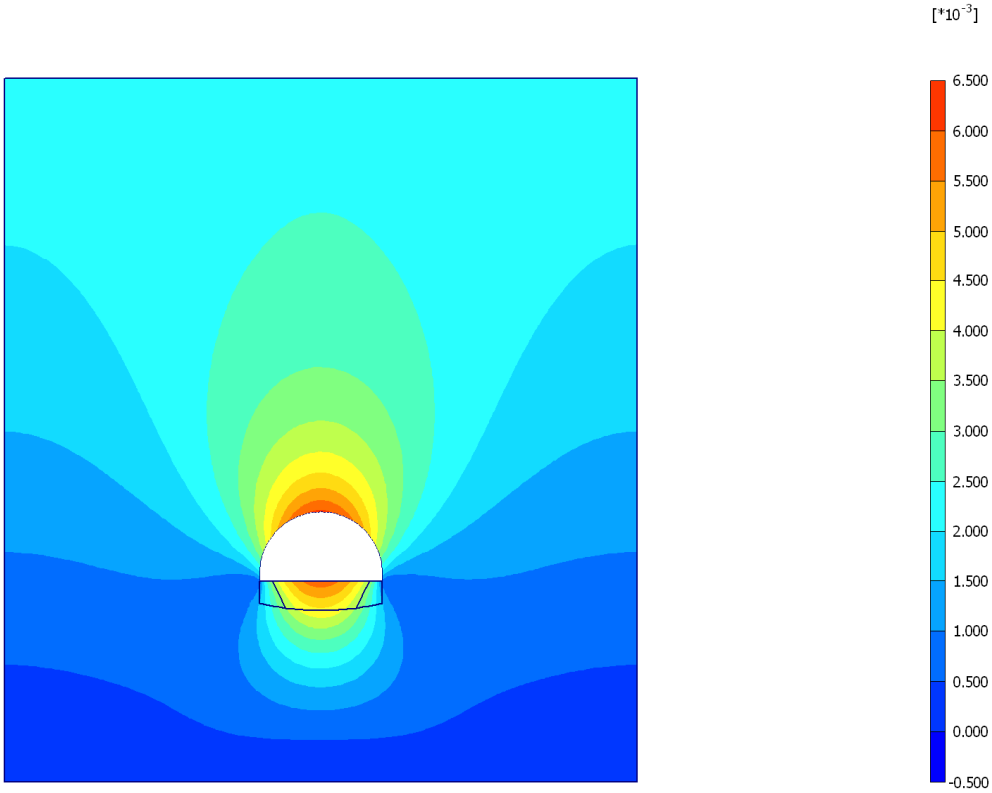


Fig. 3 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

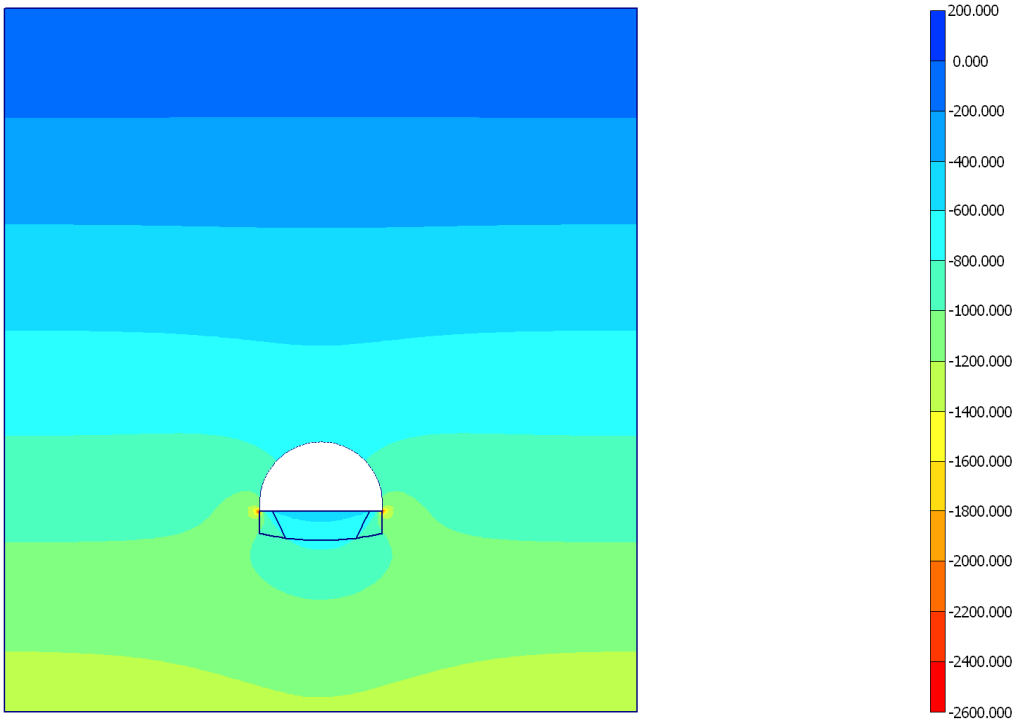


Fig. 4 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

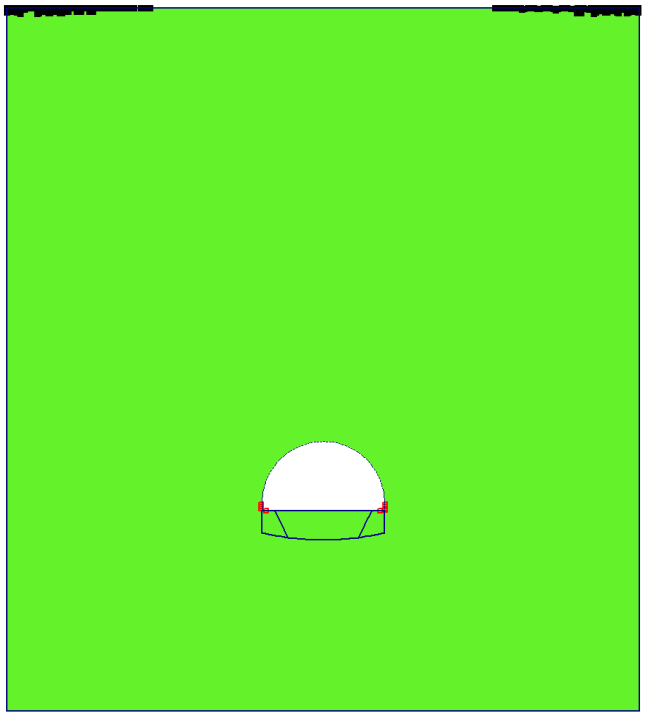


Fig. 5 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

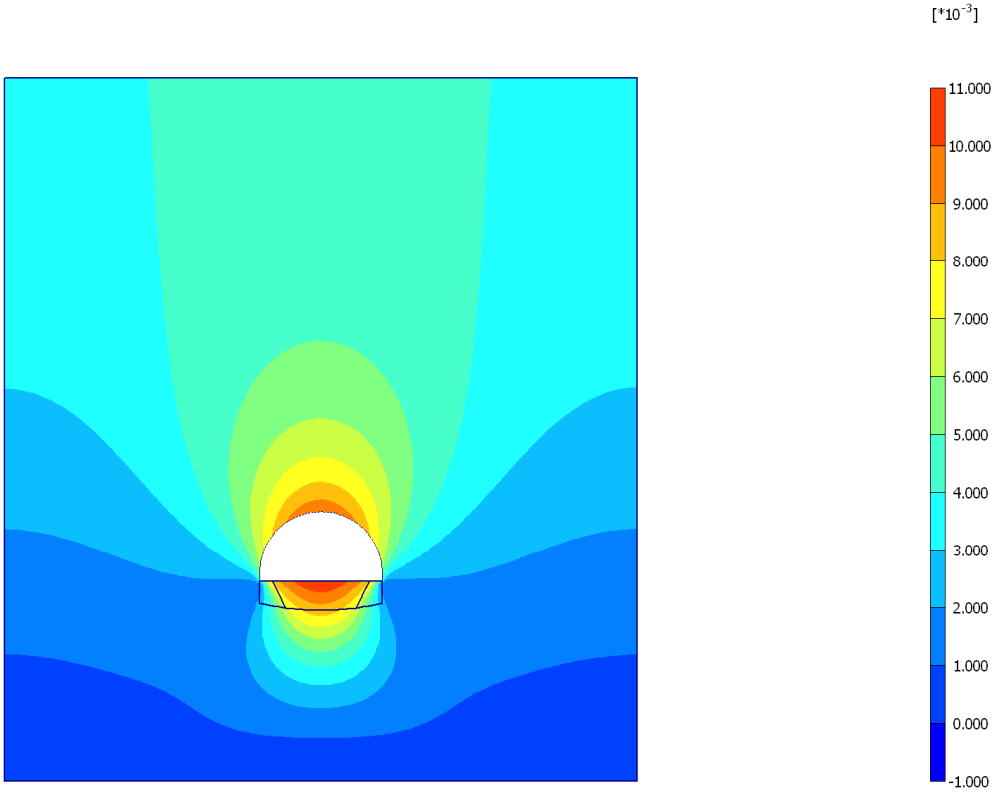


Fig. 8 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

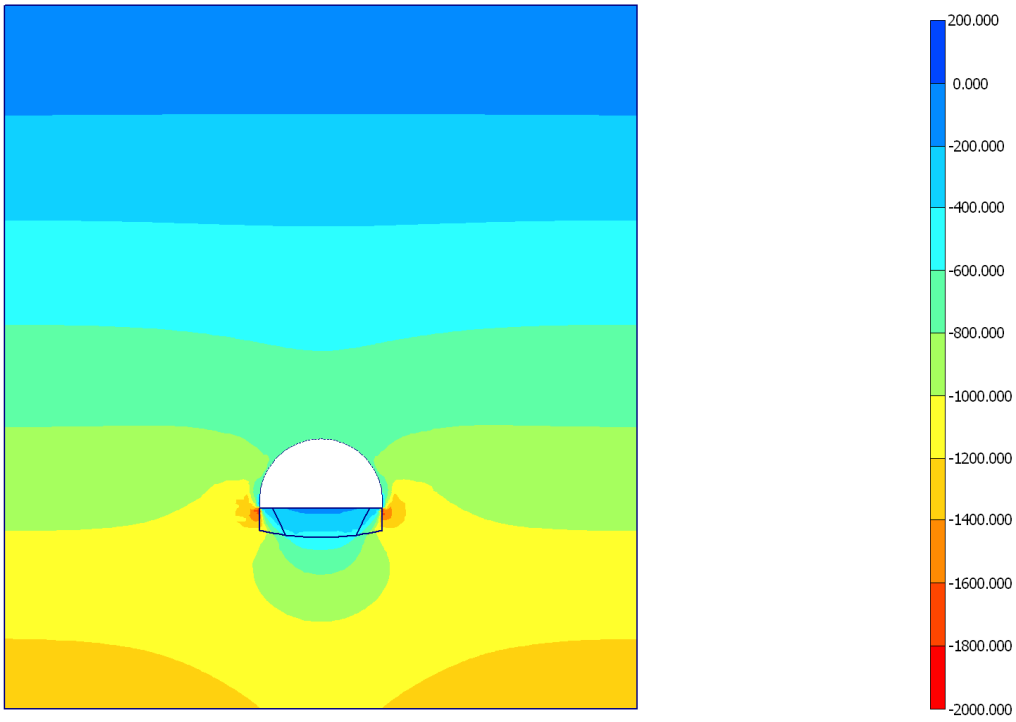


Fig. 9 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 2)

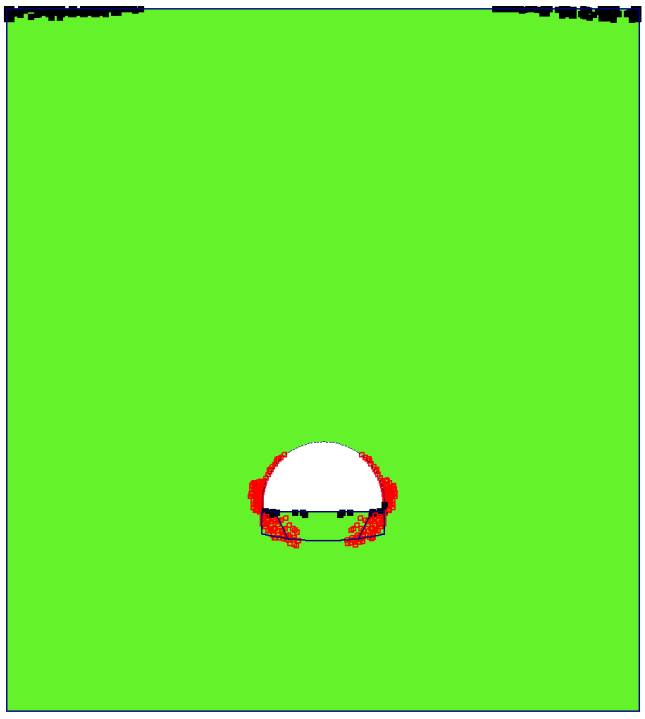


Fig. 10 Plot of plastic points
- Step no: 8 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

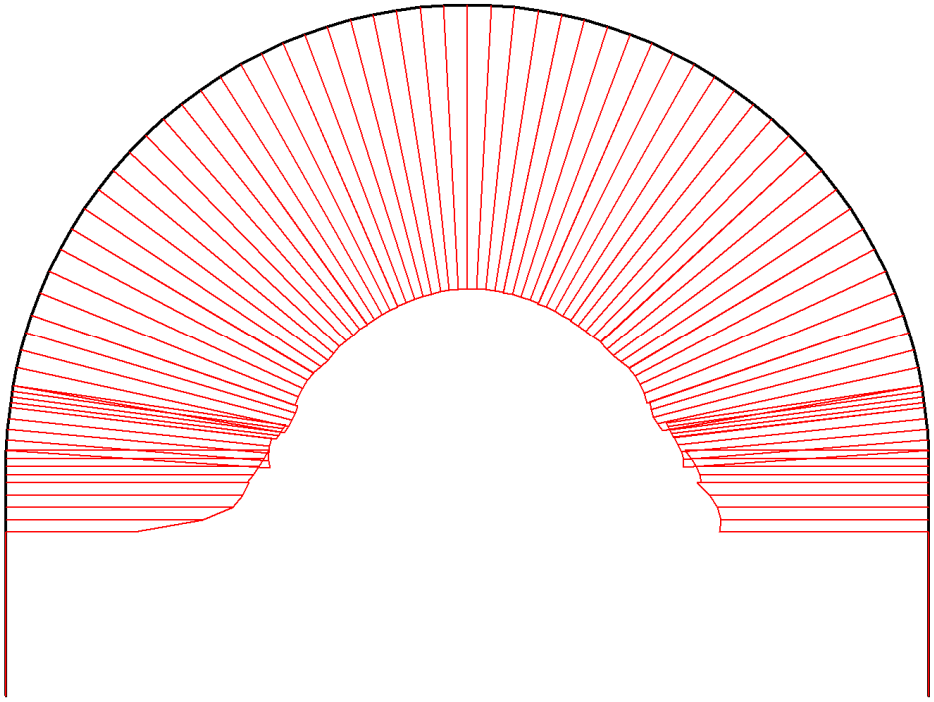


Fig. 11 Axial forces in beam
Extreme value -877,54 kN/m (Phase: 2)

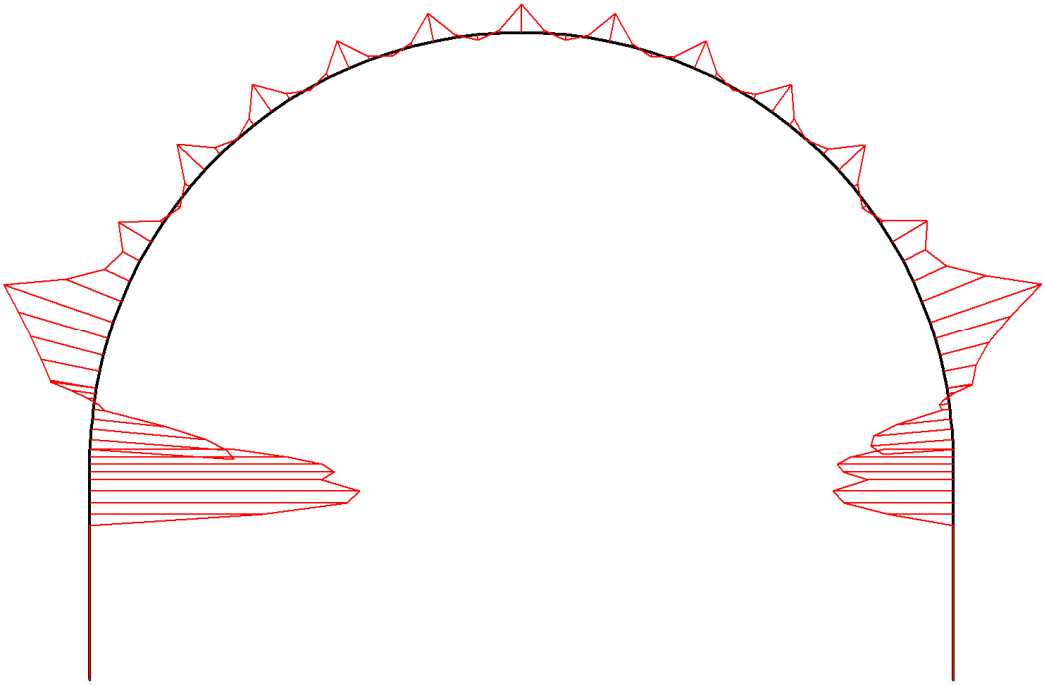


Fig. 12 Bending moments in beam
Extreme value 18,07 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	47,300	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	42,030	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	26,586	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	23,058	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	22,007	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	21,648	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	21,983	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	22,088	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	21,995	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	21,979	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	22,521	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	27,866	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	23,636	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	42,697	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	48,289	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	21,771	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	22,105	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

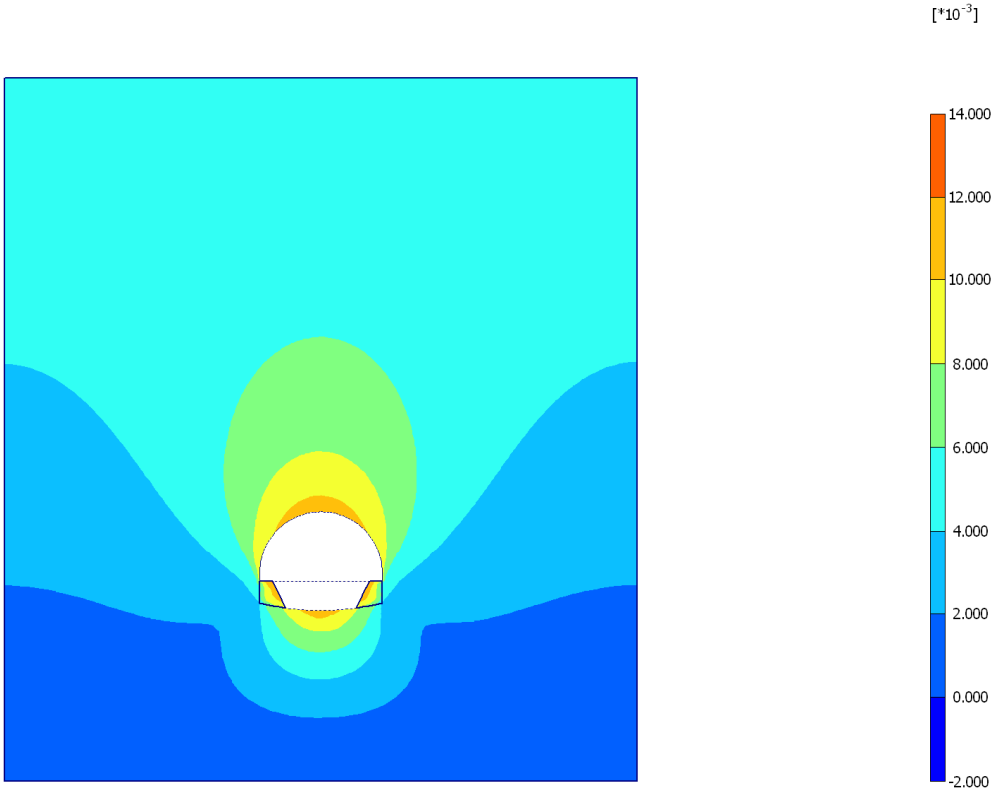


Fig. 13 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 31 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

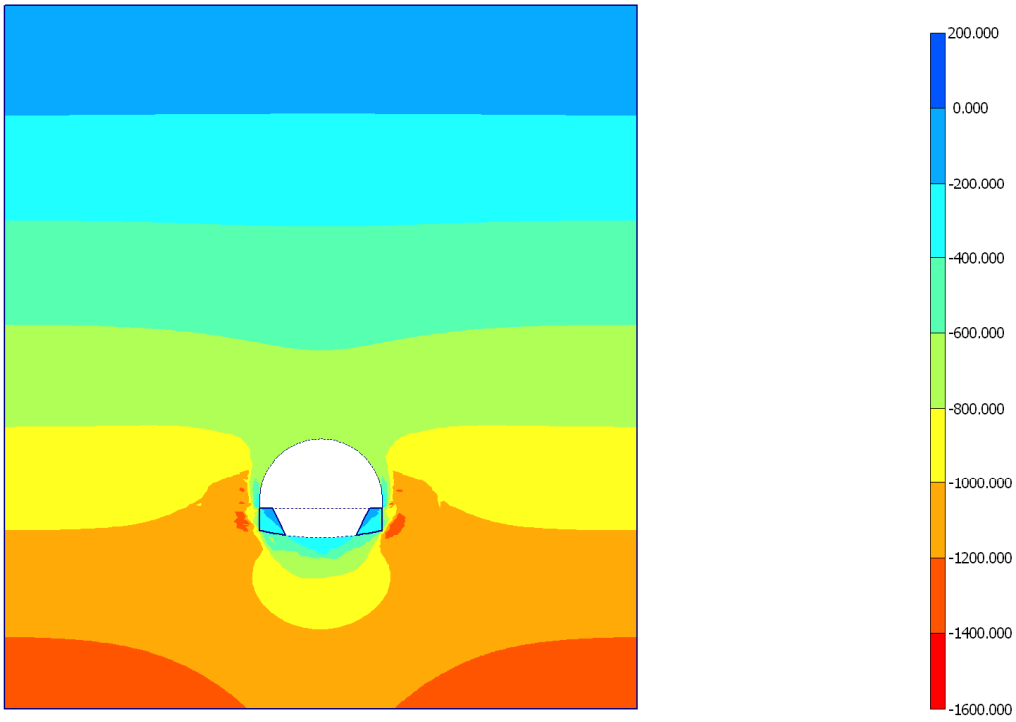


Fig. 14 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 31 - (Phase: 3)

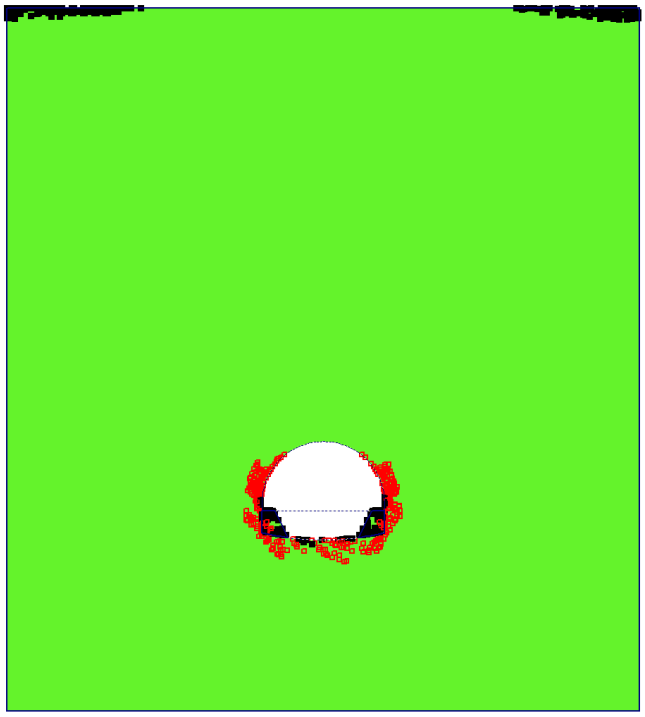


Fig. 15 Plot of plastic points
- Step no: 31 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

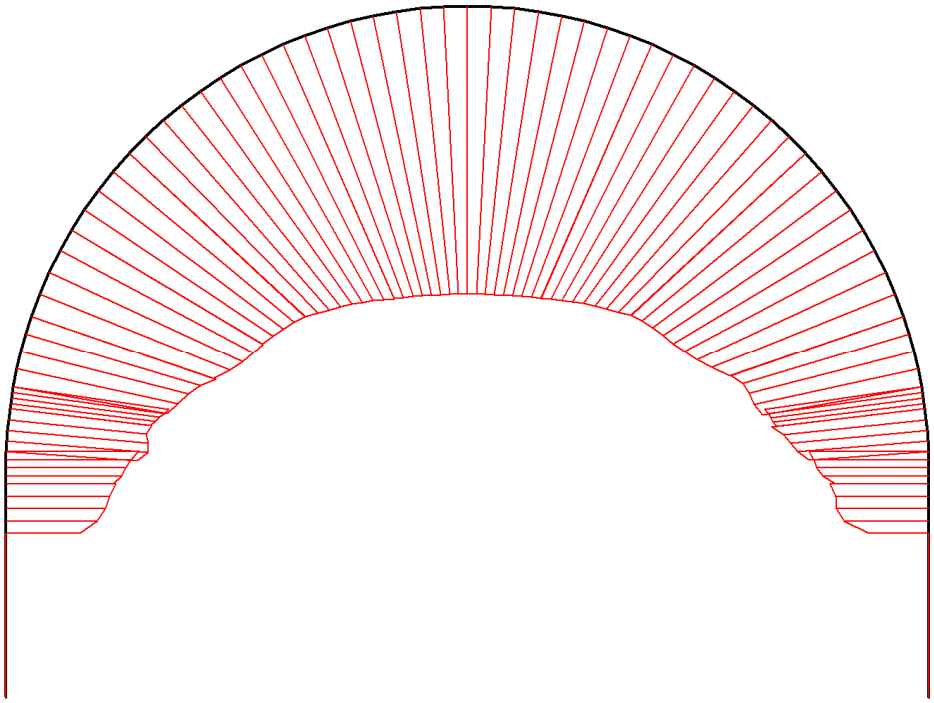


Fig. 16 Axial forces in beam
Extreme value -935,86 kN/m (Phase: 3)

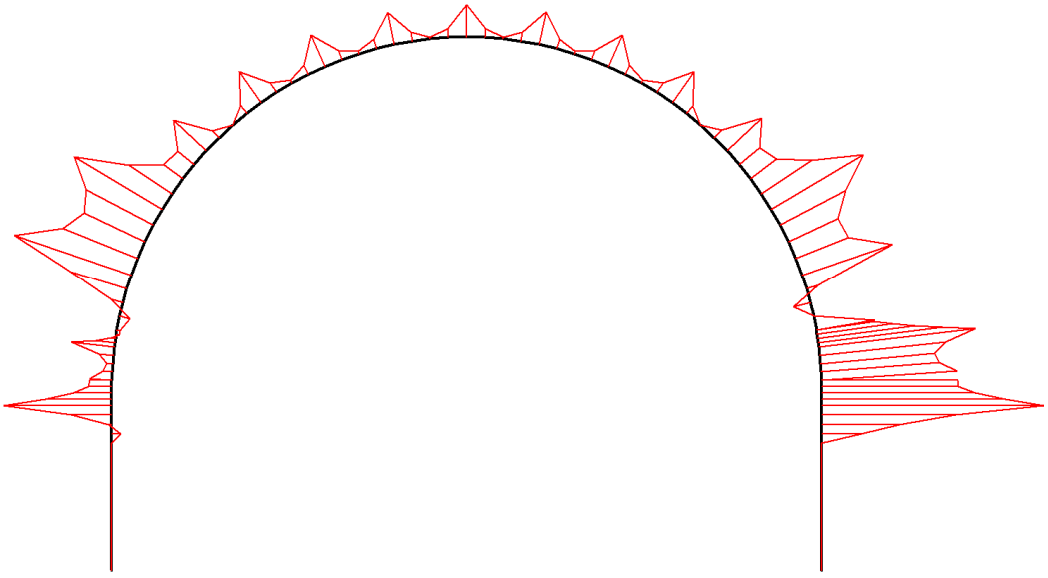


Fig. 17 Bending moments in beam
Extreme value -17,40 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	92,953	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	76,181	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	50,748	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	33,188	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	27,796	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	25,699	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	23,925	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	23,980	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	24,640	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	25,900	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	28,069	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	52,025	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	34,133	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	72,808	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	98,589	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	24,507	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	23,765	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

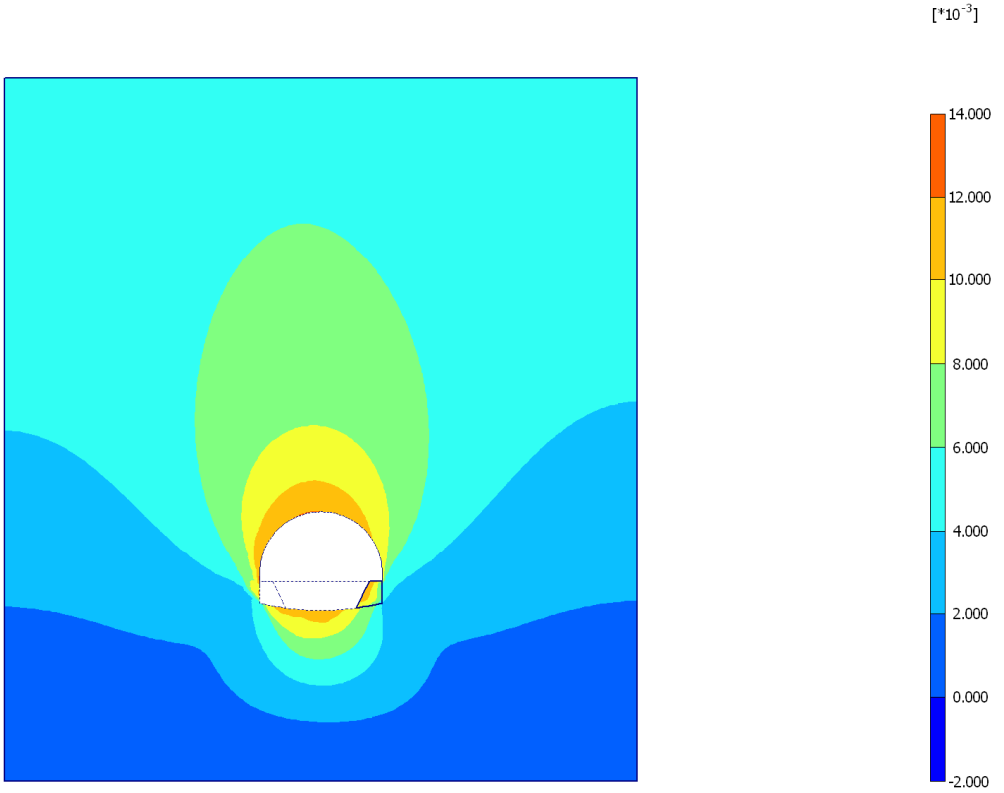


Fig. 18 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 42 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

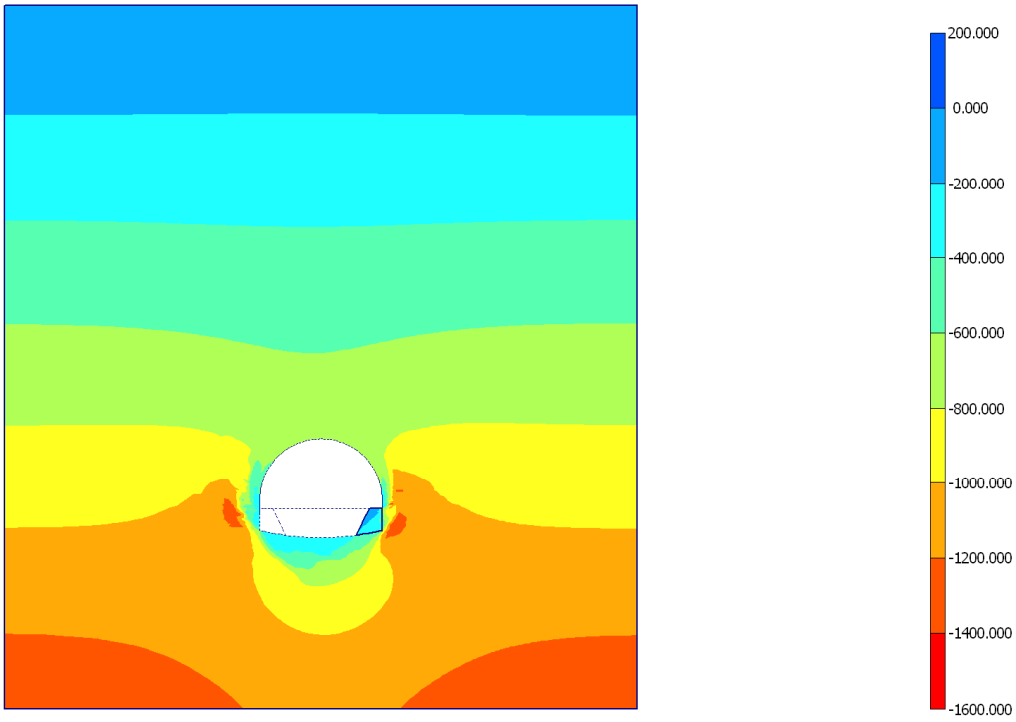


Fig. 19 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 42 - (Phase: 4)

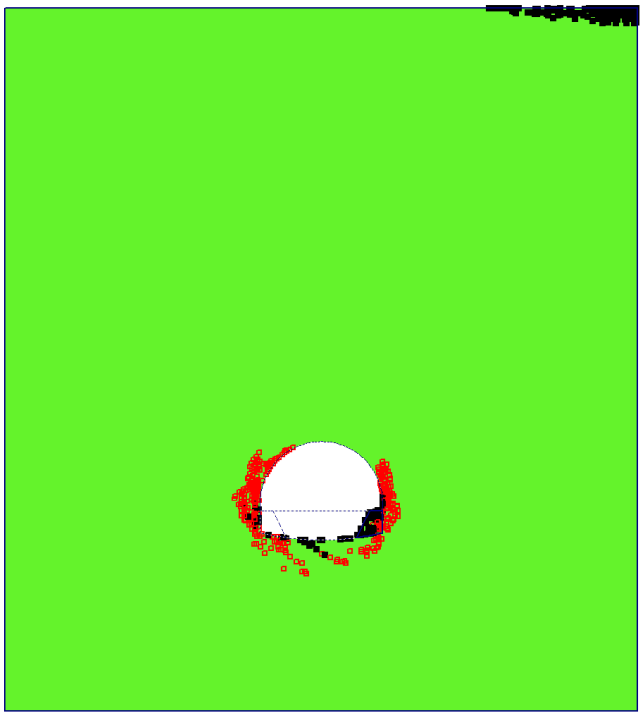


Fig. 20 Plot of plastic points
- Step no: 42 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

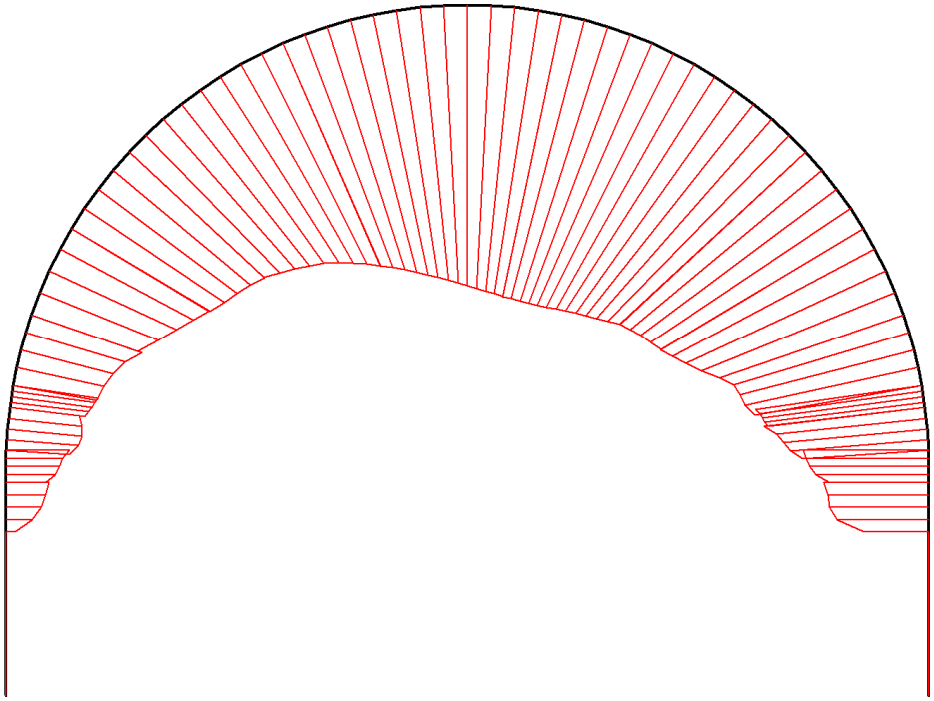


Fig. 21 Axial forces in beam
Extreme value -937,26 kN/m (Phase: 4)

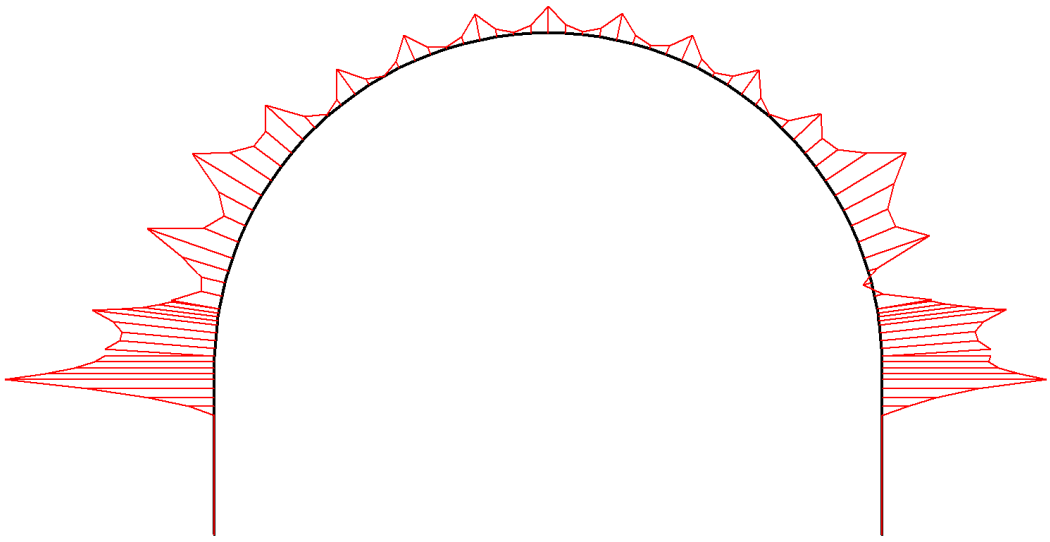


Fig. 22 Bending moments in beam
Extreme value -22,50 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	133,242	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	97,363	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	66,739	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	44,727	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	33,396	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	29,696	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	26,210	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	25,099	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	25,426	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	26,503	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	28,621	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	53,561	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	35,015	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	74,534	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	102,028	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	27,577	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	25,385	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

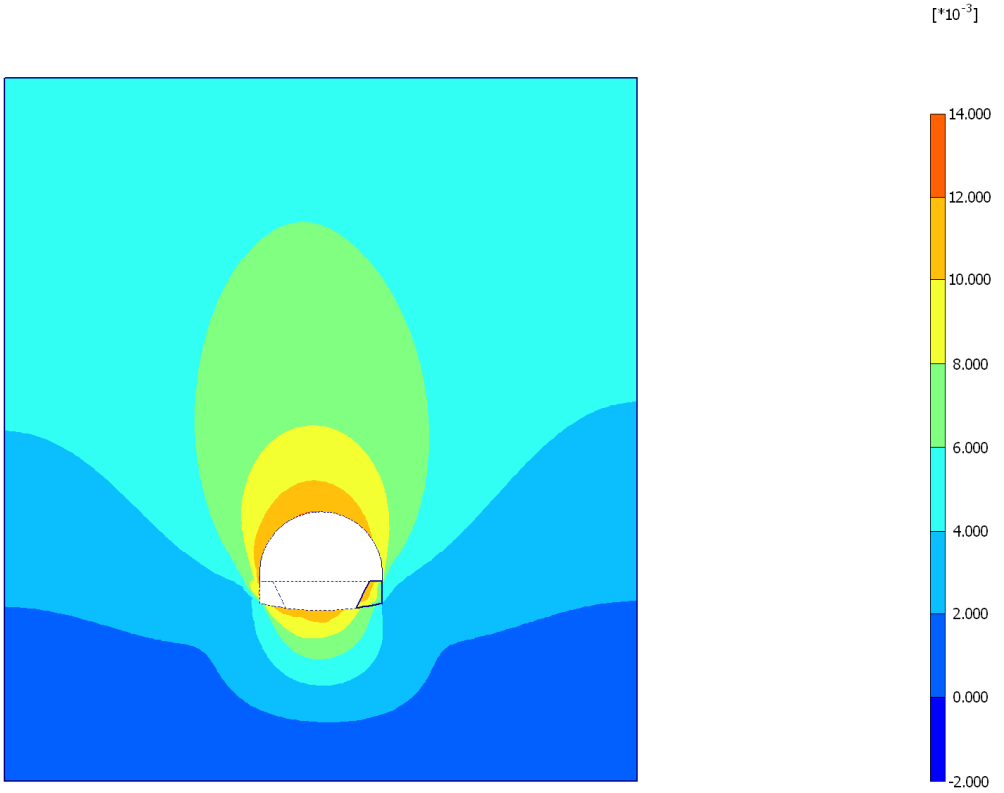


Fig. 23 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 44 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

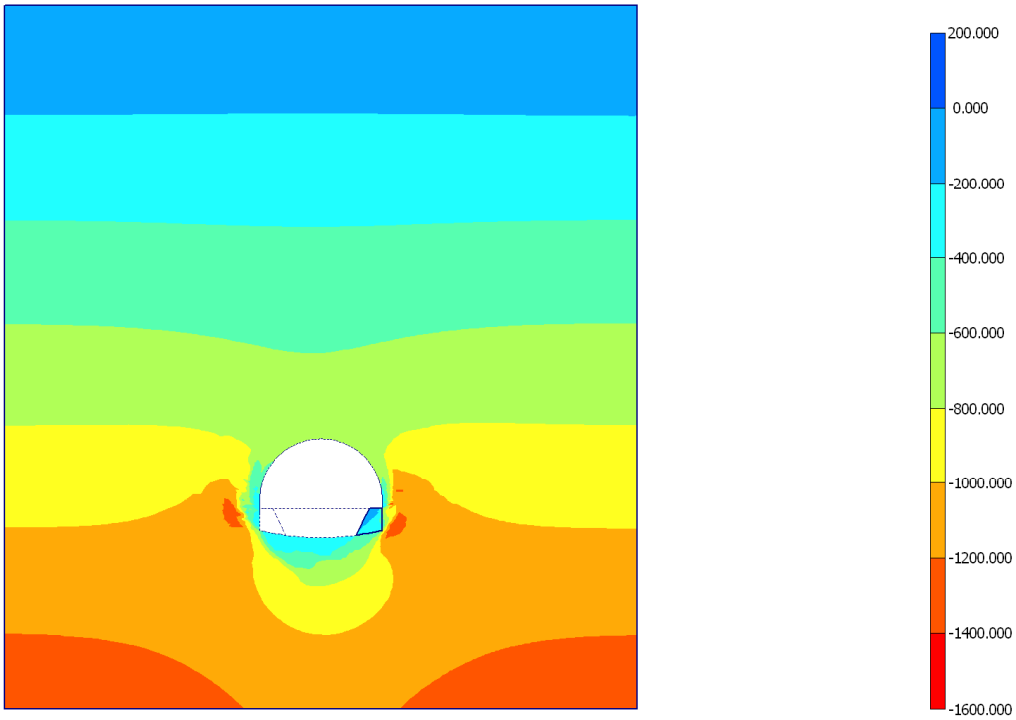


Fig. 24 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 44 - (Phase: 5)

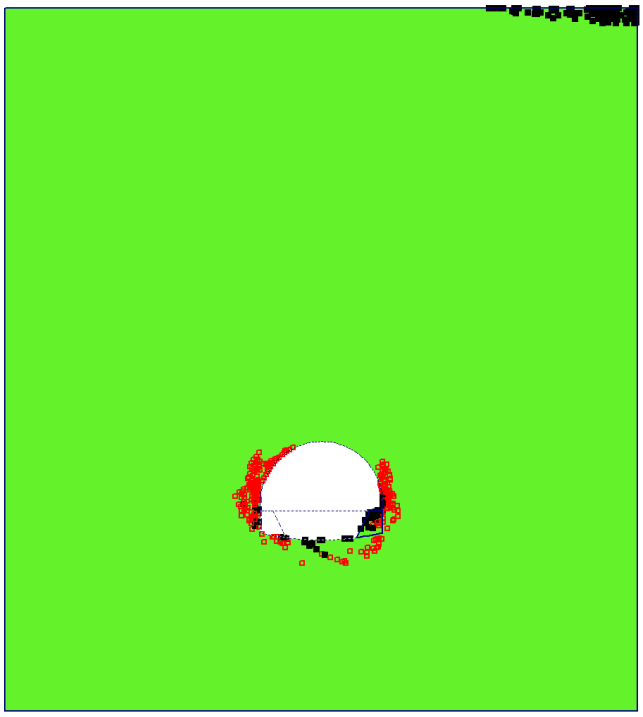


Fig. 25 Plot of plastic points
- Step no: 44 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

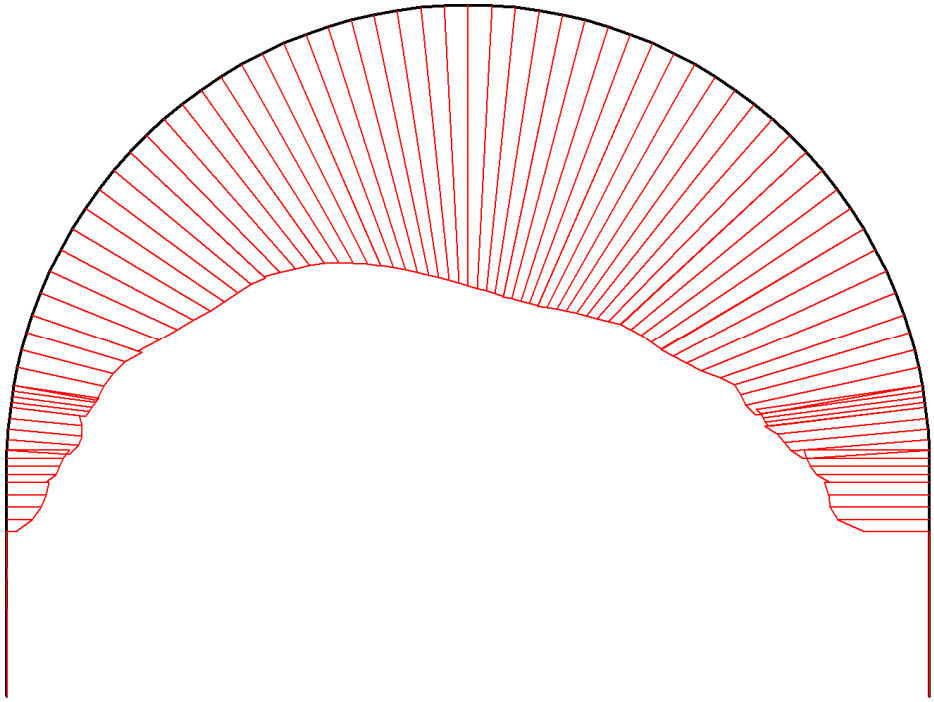


Fig. 26 Axial forces in beam
Extreme value -937,09 kN/m (Phase: 5)

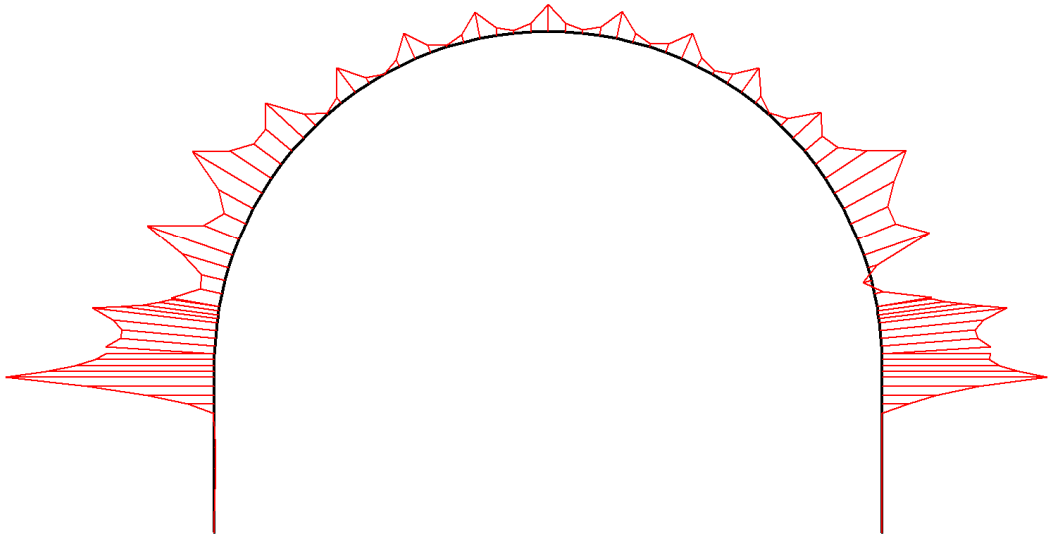


Fig. 27 Bending moments in beam
Extreme value -22,44 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	0,123	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	133,396	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	97,501	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	66,847	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	44,821	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	33,452	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	29,732	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	26,231	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	25,111	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	25,435	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	26,511	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	28,628	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	53,576	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	35,025	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	74,546	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	102,049	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	27,603	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	25,401	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

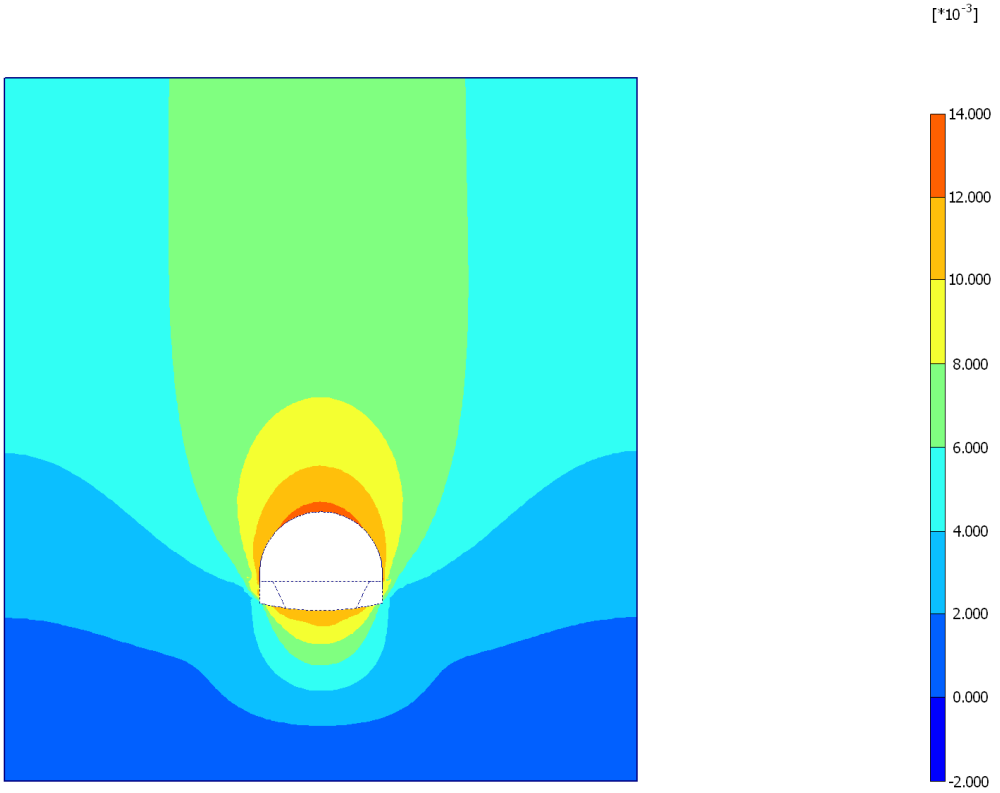


Fig. 28 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 53 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

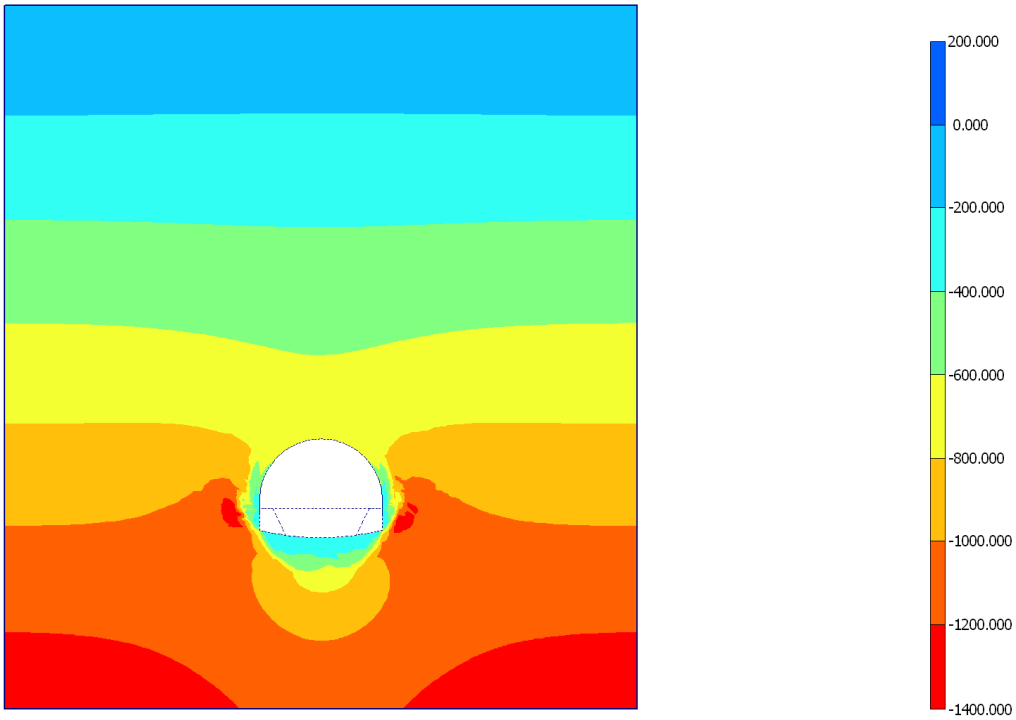


Fig. 29 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 53 - (Phase: 6)

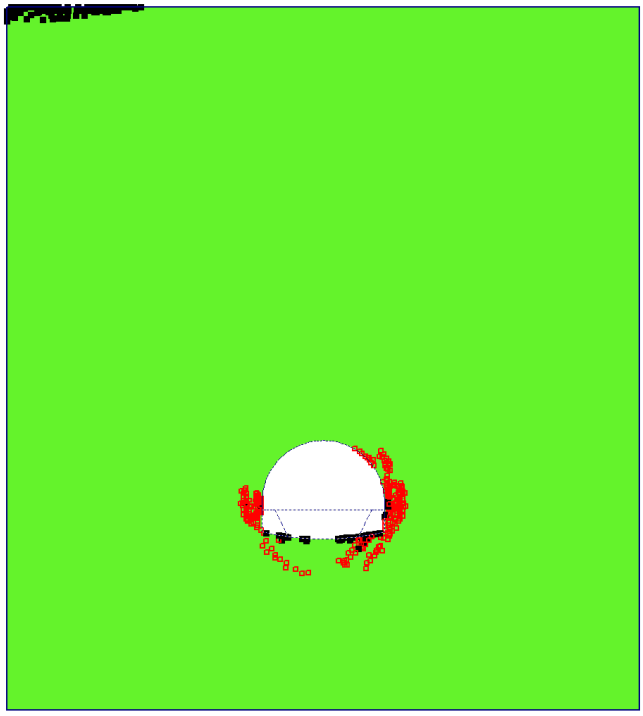


Fig. 30 Plot of plastic points
- Step no: 53 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

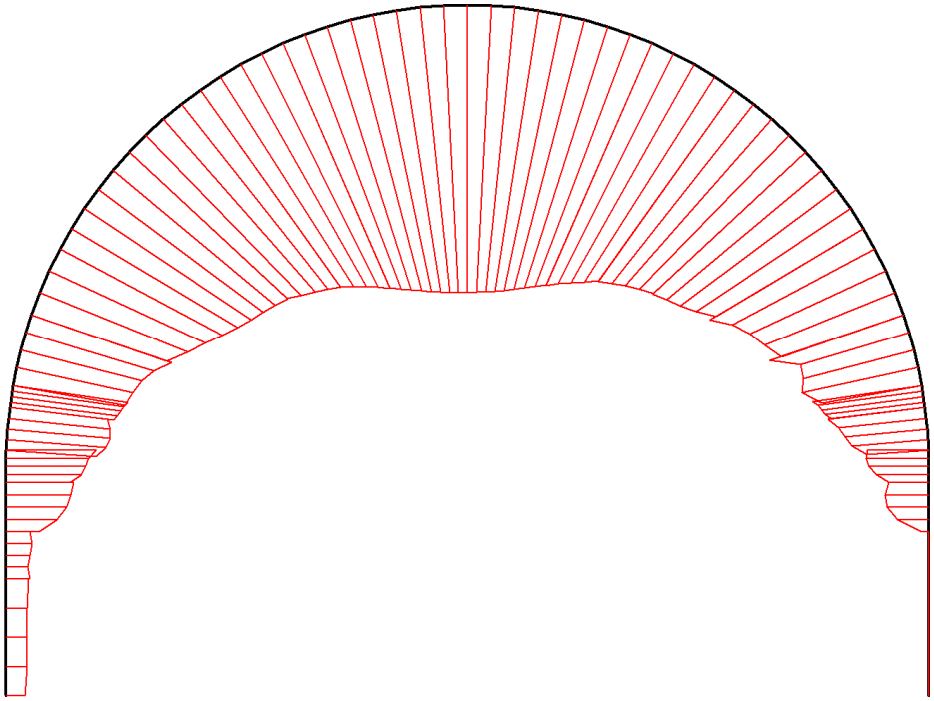


Fig. 31 Axial forces in beam
Extreme value -896,50 kN/m (Phase: 6)

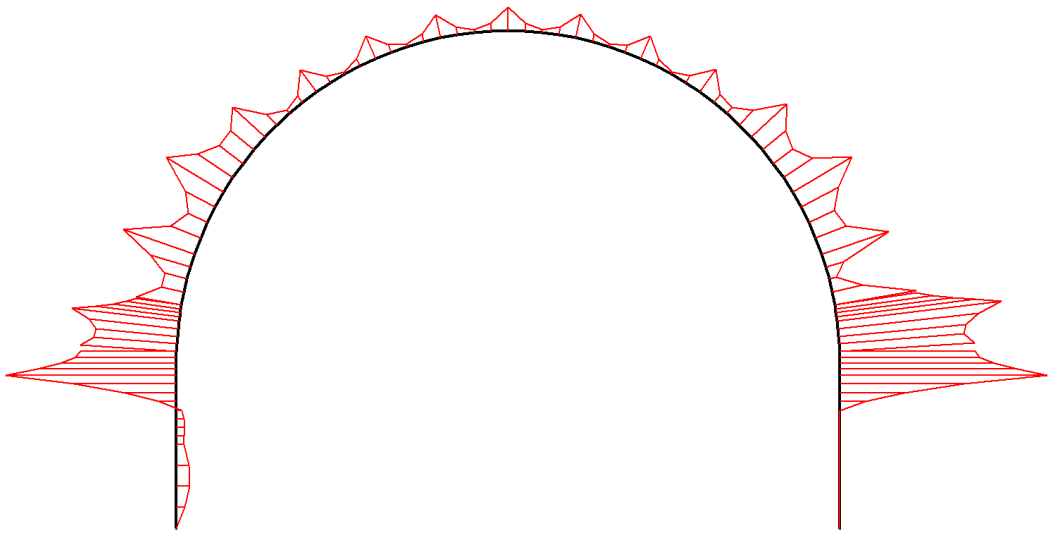


Fig. 32 Bending moments in beam
Extreme value -27,47 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	2,302	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	134,595	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	97,470	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	66,472	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	44,512	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	33,298	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	29,810	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	27,085	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	27,286	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	28,456	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	30,407	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	34,696	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	69,426	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	46,818	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	98,903	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	144,042	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	28,011	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	26,841	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

12.Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

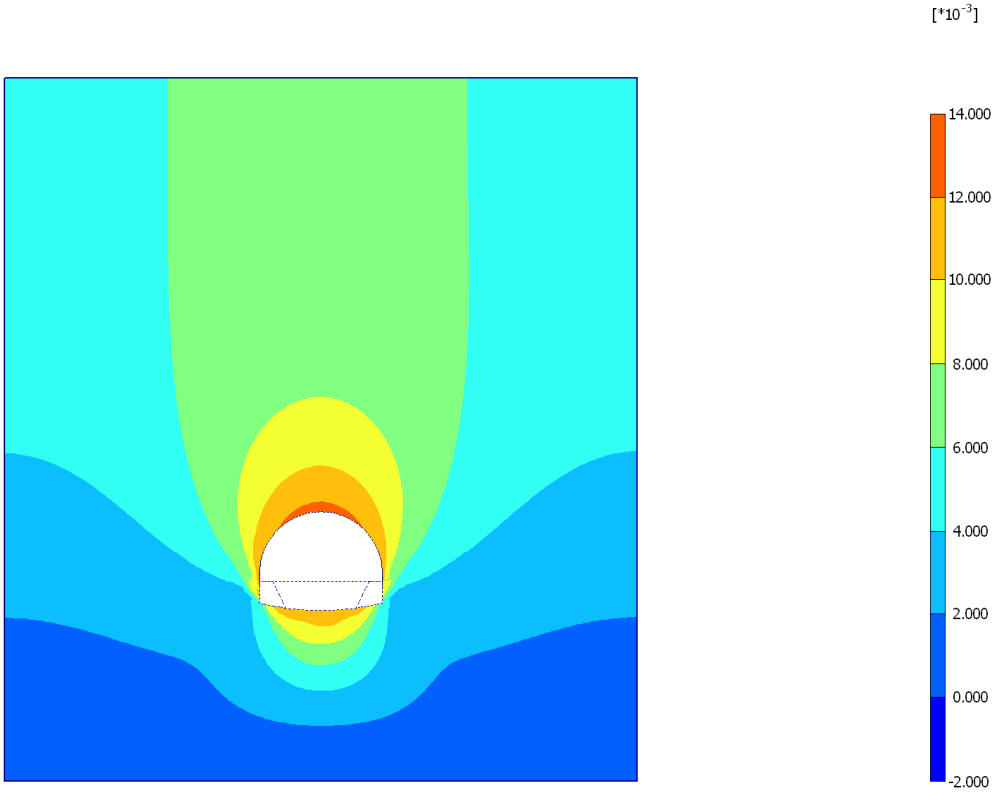


Fig. 33 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 55 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

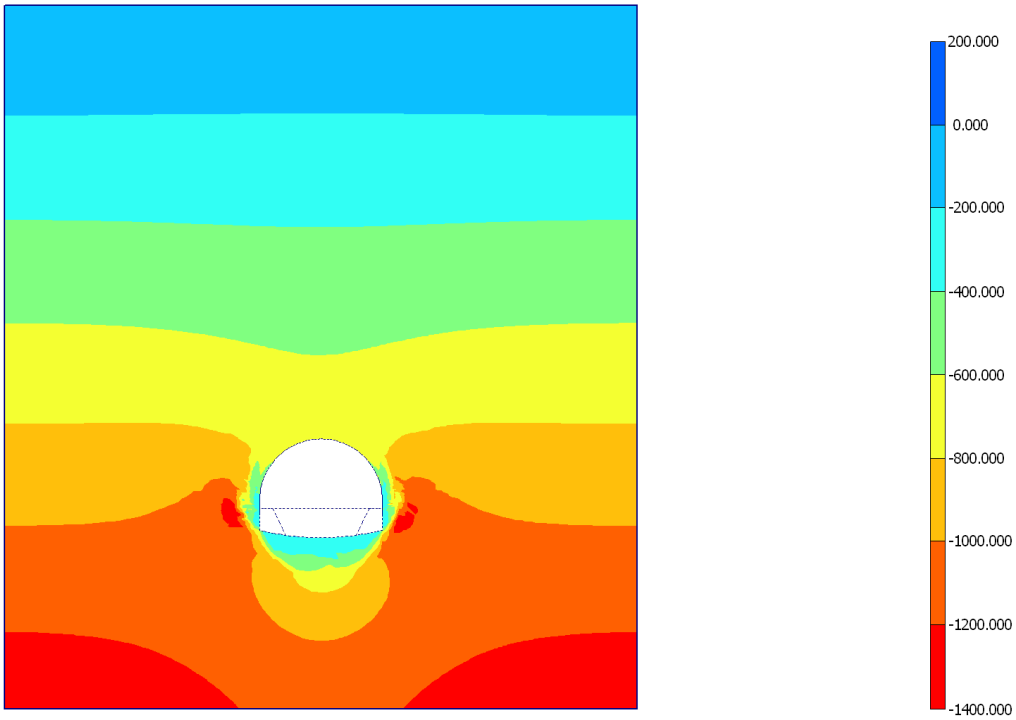


Fig. 34 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 55 - (Phase: 7)

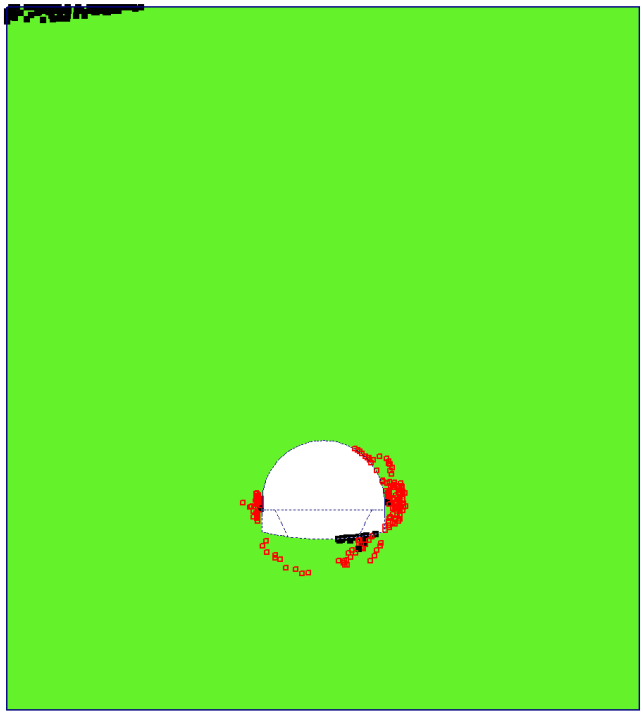


Fig. 35 Plot of plastic points
- Step no: 55 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

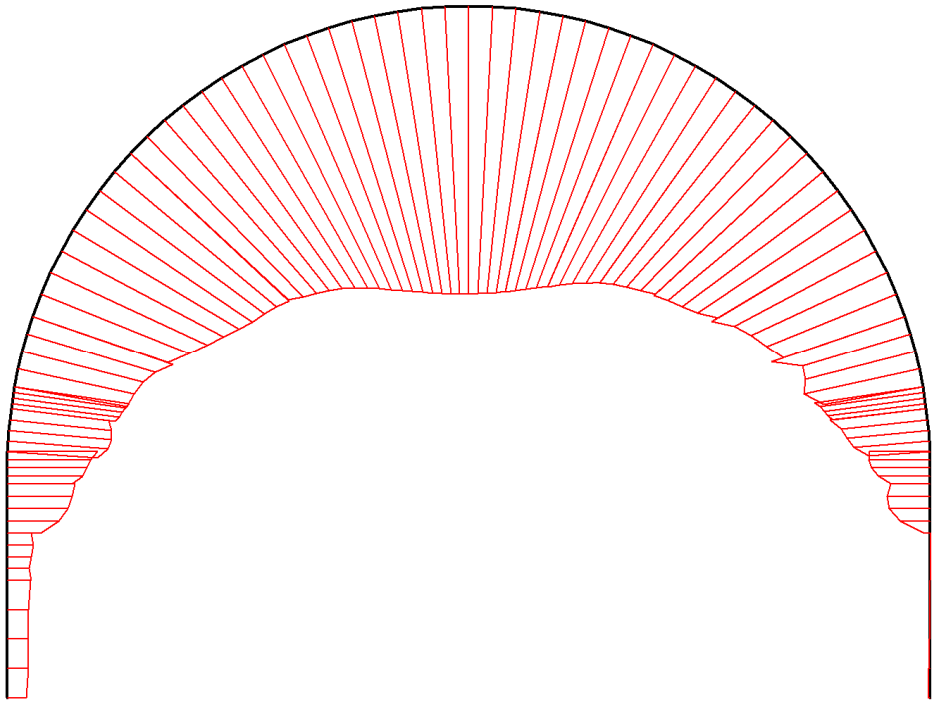


Fig. 36 Axial forces in beam
Extreme value -896,47 kN/m (Phase: 7)

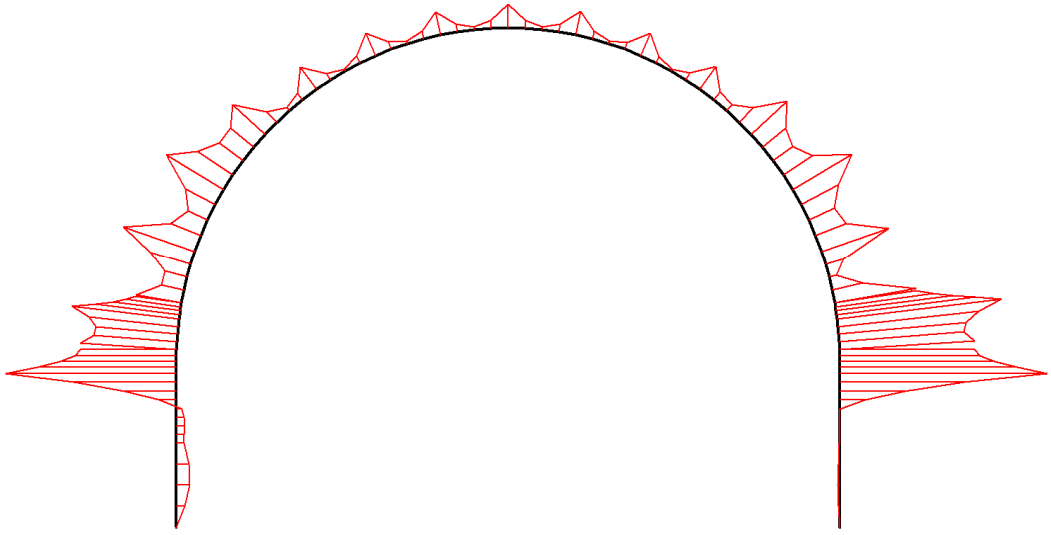


Fig. 37 Bending moments in beam
Extreme value -27,48 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	2,302	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	134,593	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	97,467	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	66,469	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	44,510	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	33,296	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	29,810	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	27,090	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	27,299	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	28,474	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	30,432	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	34,723	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	69,484	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	46,842	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	99,027	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	144,201	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,181	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	28,013	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	26,849	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

REPORT

04/23/2021

User: EPTISA

Title: ST-V, CU-1 Margas. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	42,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

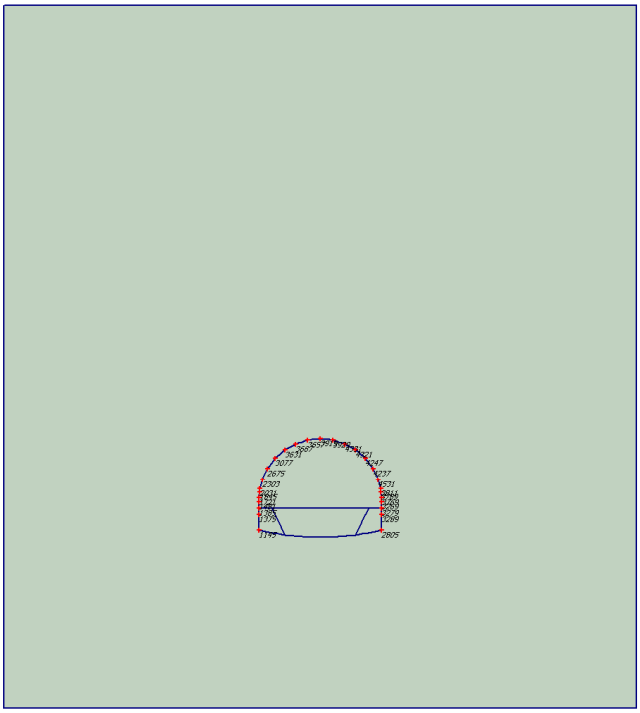


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

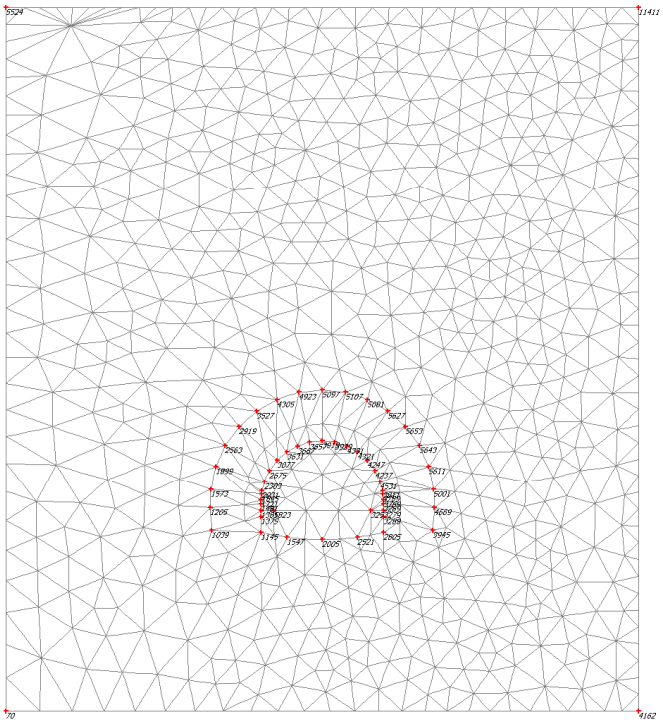


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Margas RMR_10**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	27,00
γ_{sat}	[kN/m³]	27,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	490000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	188461,538
E_{oed}	[kN/m²]	659615,385
c_{ref}	[kN/m²]	65,00
φ	[°]	31,50
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	ST_IV Gunita 0,18 + Cercha TH_21	3,18E6	7760,00	4,70	0,20	1E15	1E15
2	ST_V Gunita 0,30 + Cercha HEB_180	5,72E6	40700,00	7,99	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	22
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	23	65
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	66	78
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	79	80
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	81	88
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	89	91

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

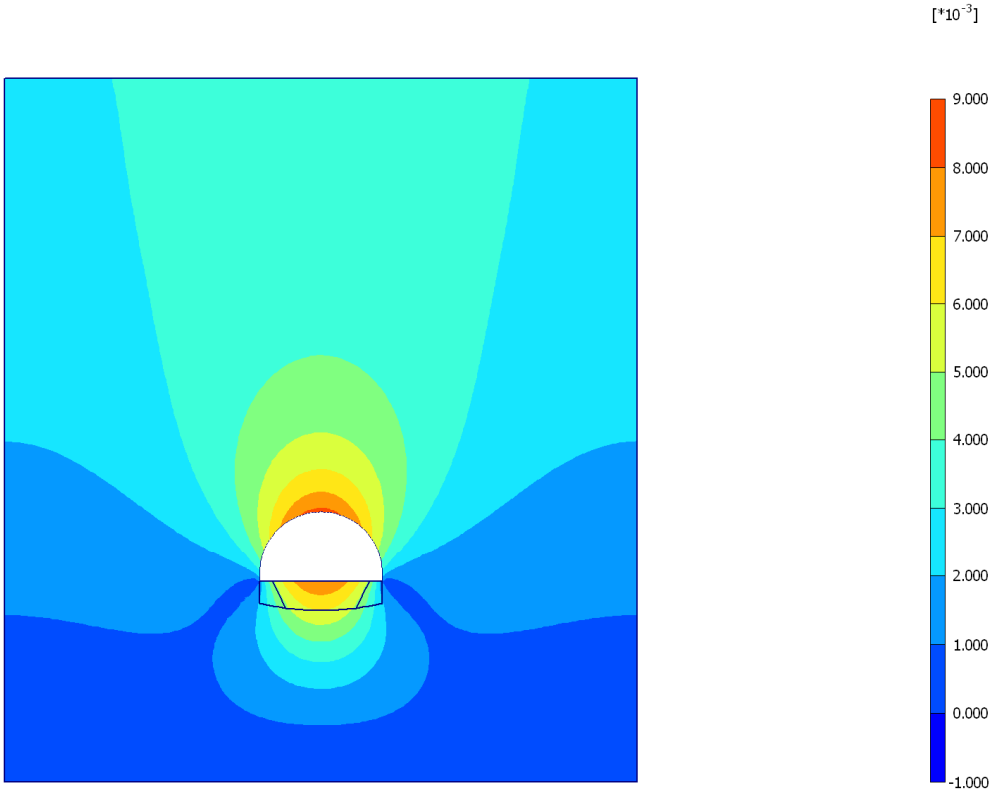


Fig. 3 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

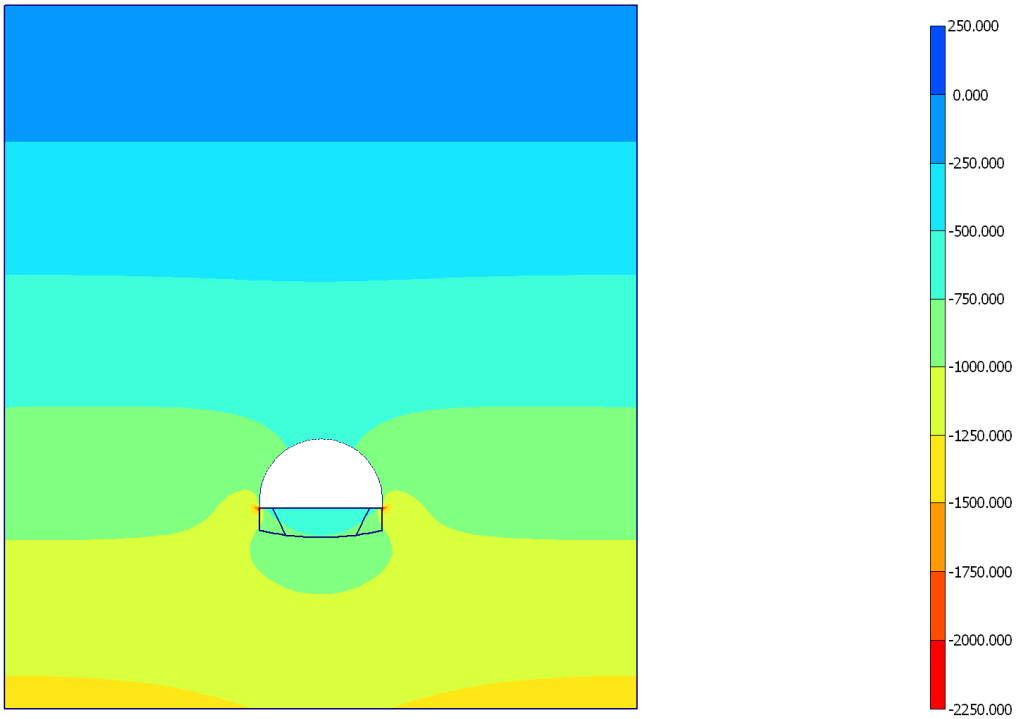


Fig. 4 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

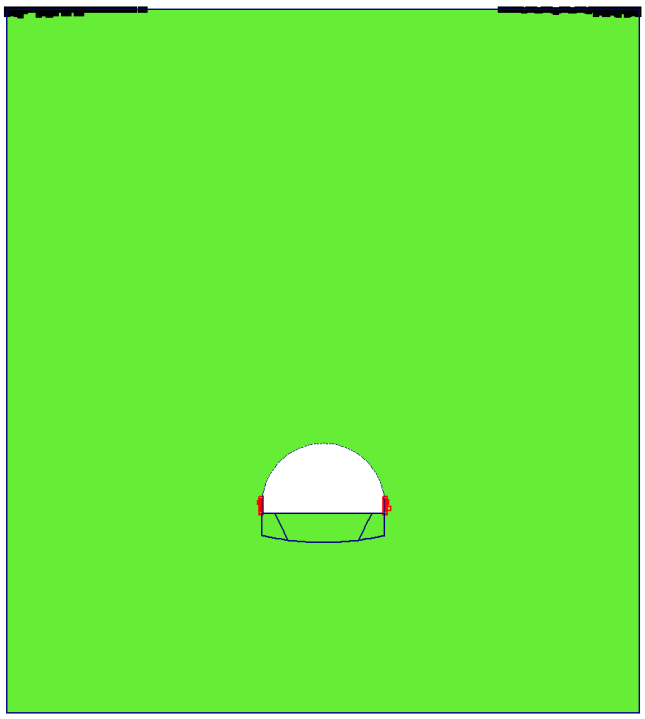


Fig. 5 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

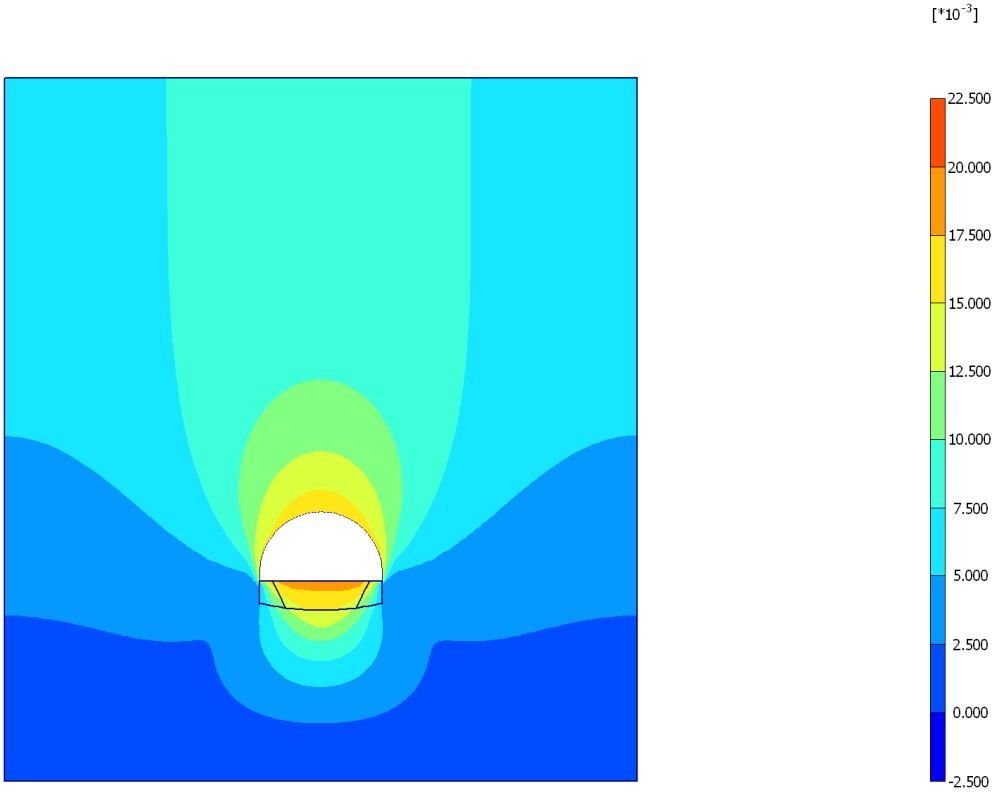


Fig. 8 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

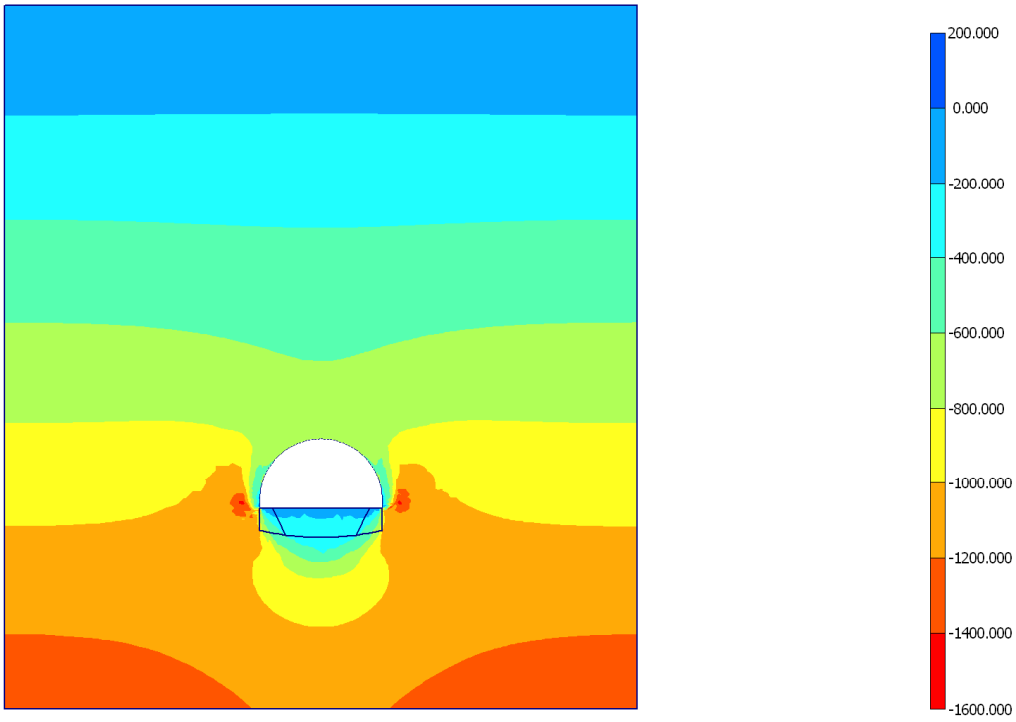


Fig. 9 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 2)

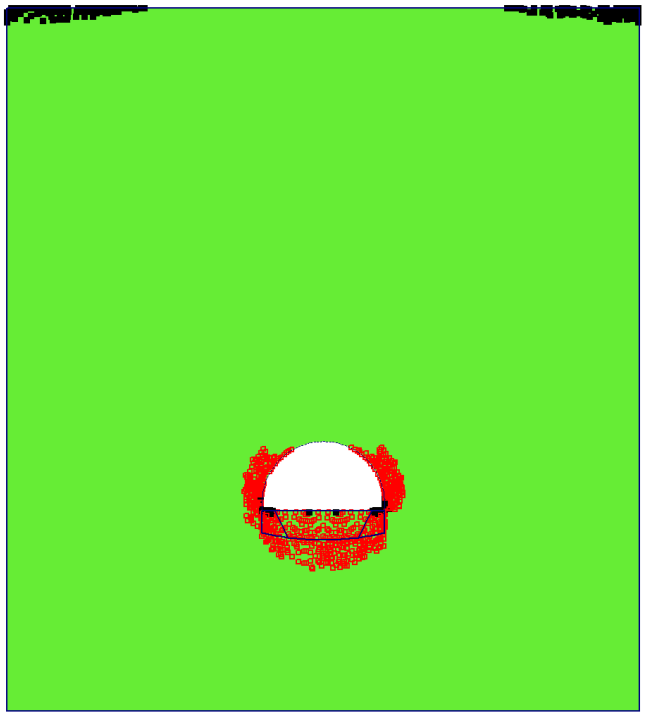


Fig. 10 Plot of plastic points
- Step no: 22 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

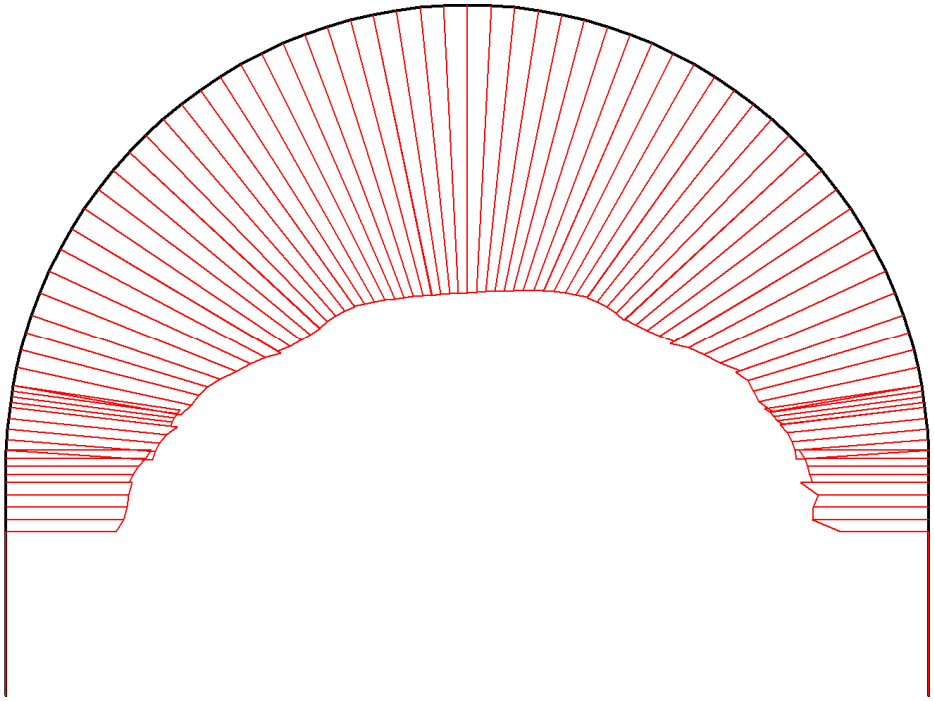


Fig. 11 Axial forces in beam
Extreme value -1,12*10^3 kN/m (Phase: 2)

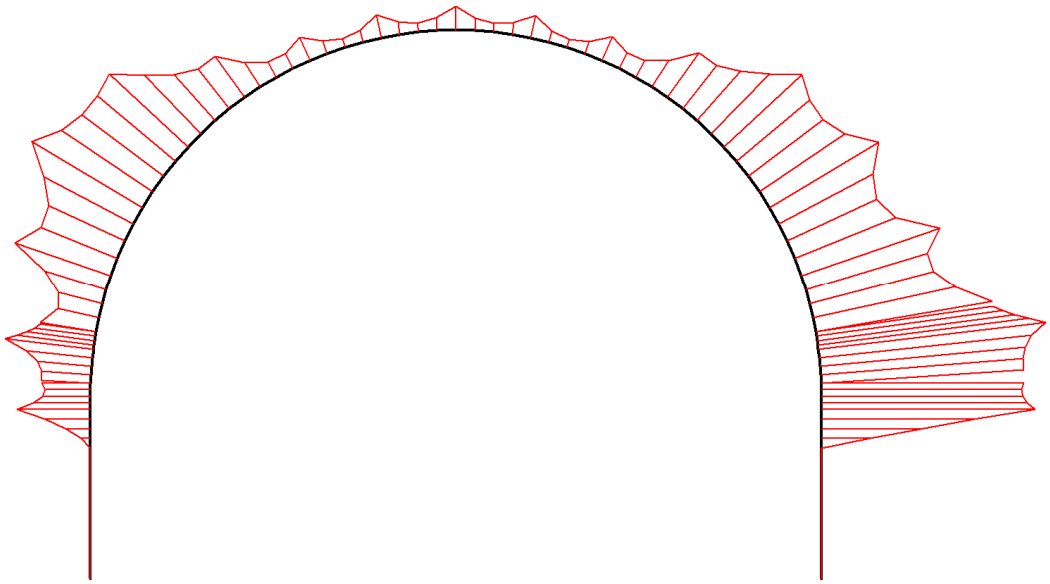


Fig. 12 Bending moments in beam
Extreme value -67,54 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	145,613	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	128,618	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	100,509	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	68,923	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	46,657	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	38,510	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	36,573	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	36,987	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	37,738	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	40,034	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	49,803	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	103,793	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	72,653	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	138,832	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	175,830	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	36,889	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	36,606	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

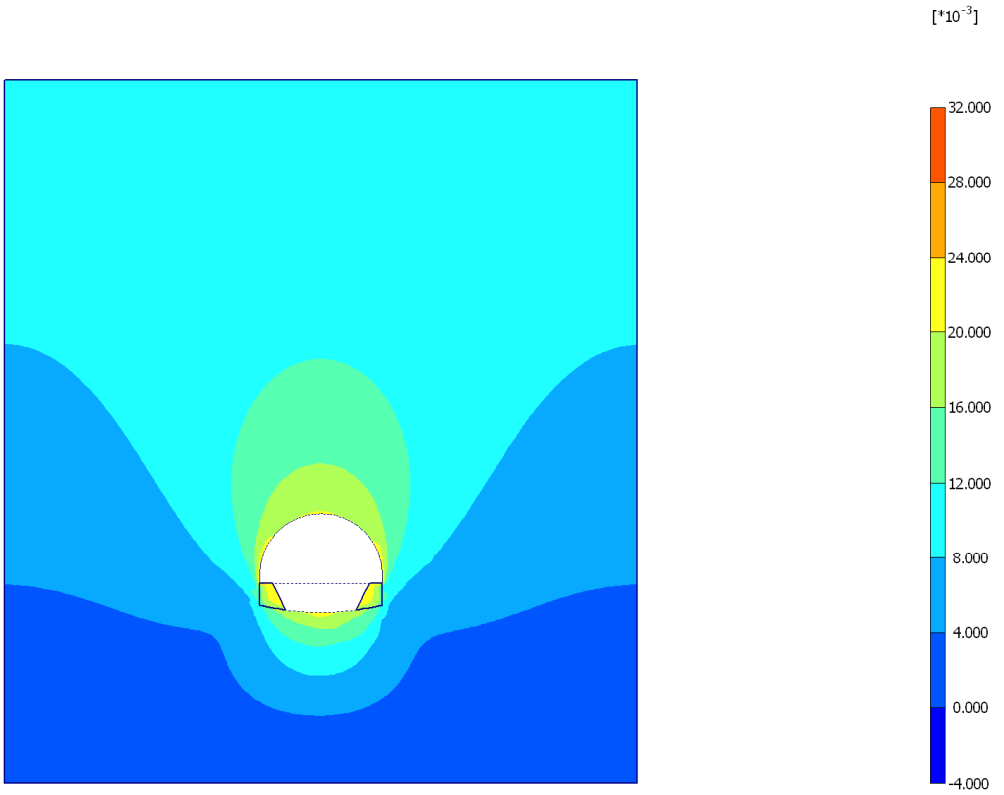


Fig. 13 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 65 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

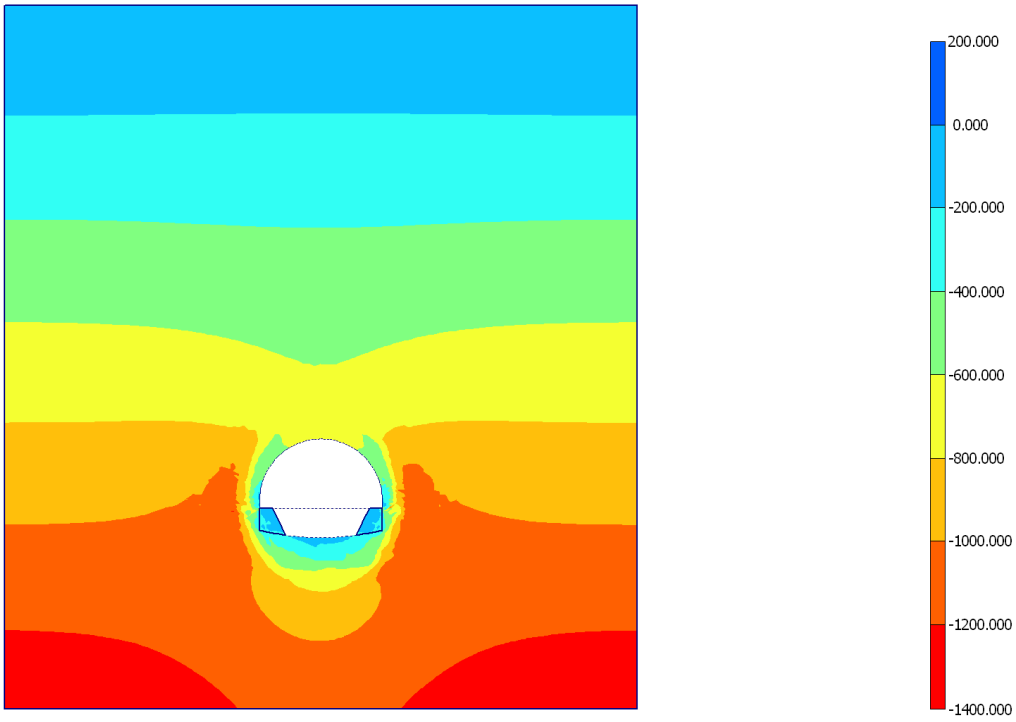


Fig. 14 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 65 - (Phase: 3)

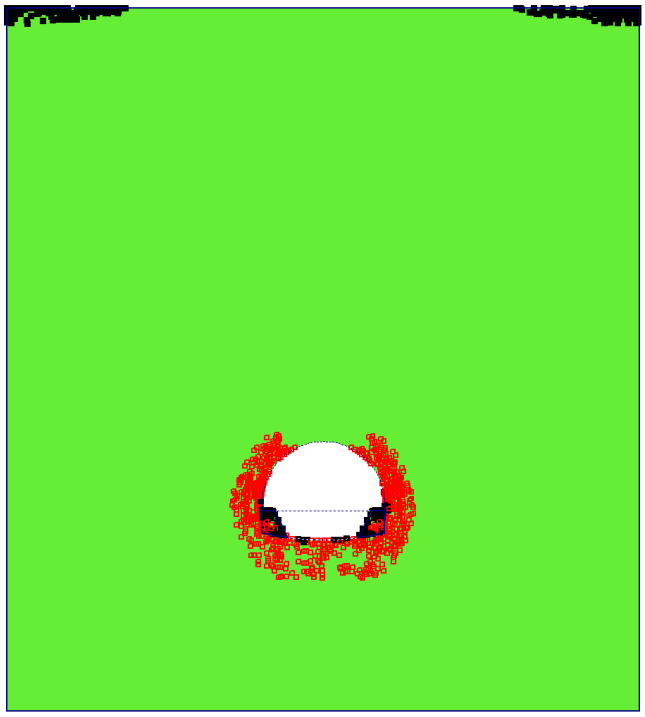


Fig. 15 Plot of plastic points
- Step no: 65 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

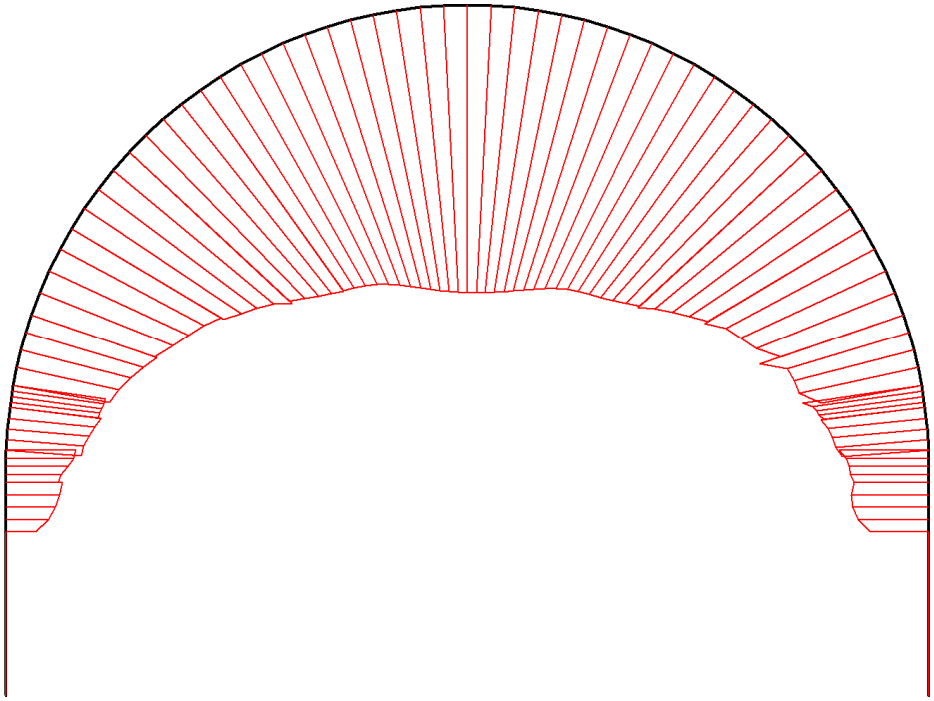


Fig. 16 Axial forces in beam
Extreme value -1,06*10^3 kN/m (Phase: 3)

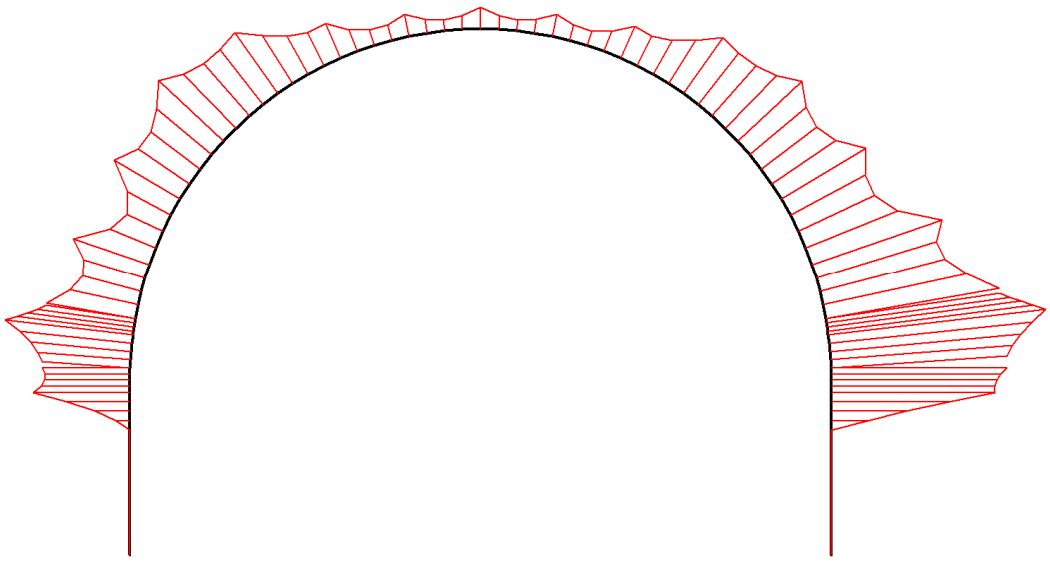


Fig. 17 Bending moments in beam
Extreme value -105,53 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	170,846	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	139,418	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	107,370	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	75,533	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	53,666	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	43,158	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	42,950	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	44,456	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	51,991	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	72,237	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	139,268	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	102,463	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	45,026	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	42,773	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

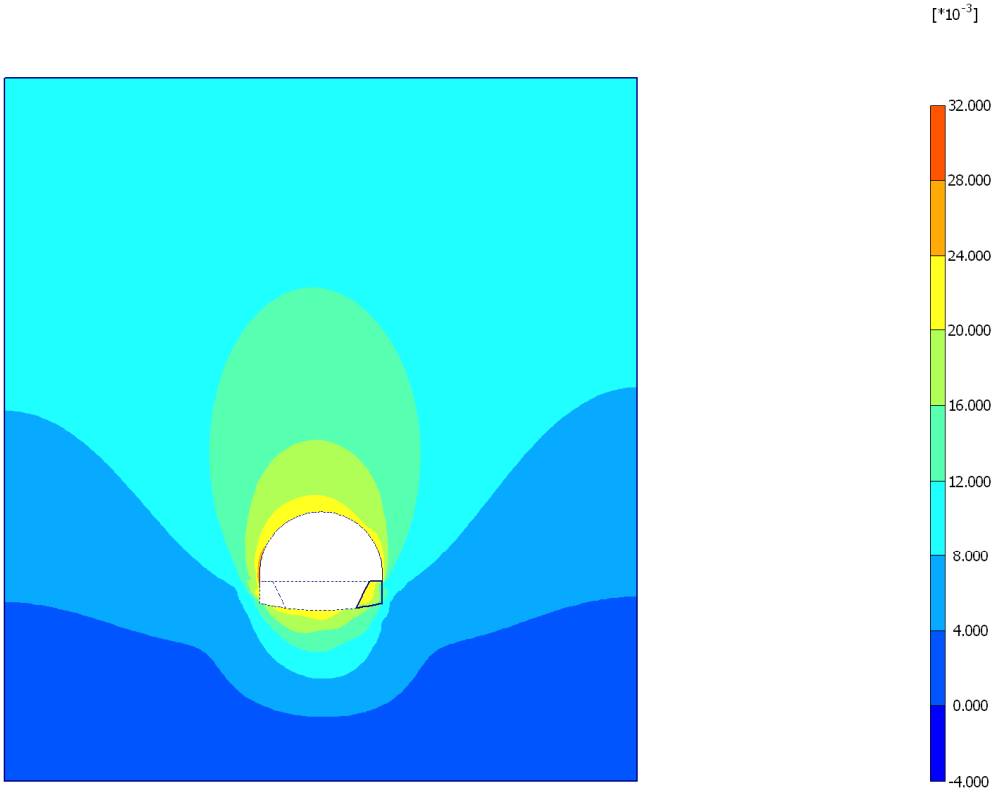


Fig. 18 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 78 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

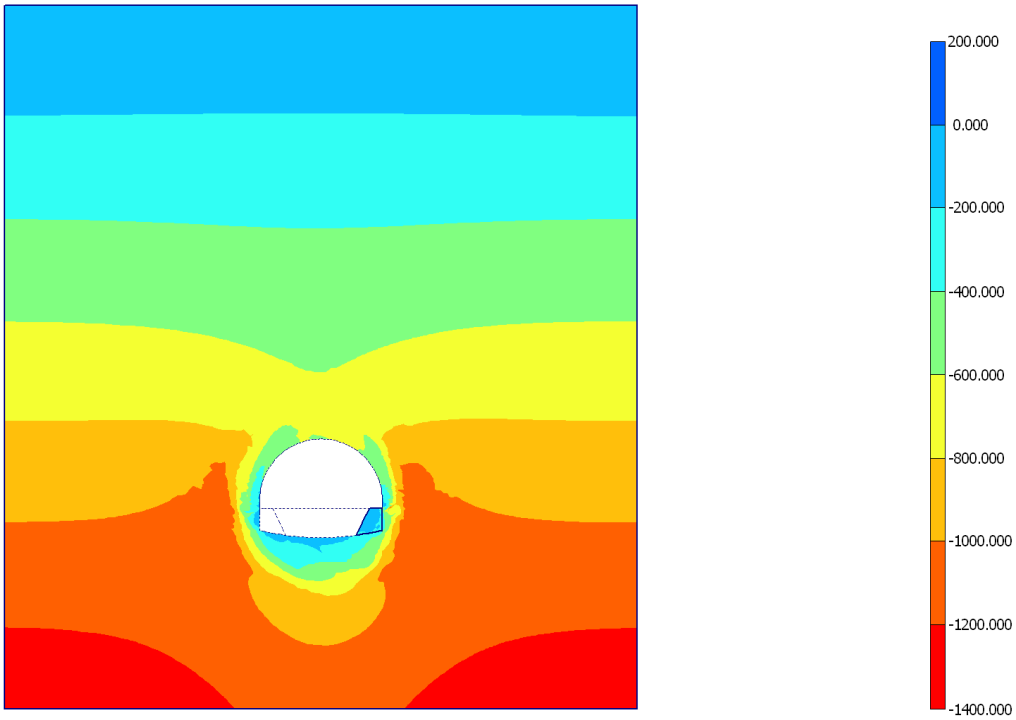


Fig. 19 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 78 - (Phase: 4)

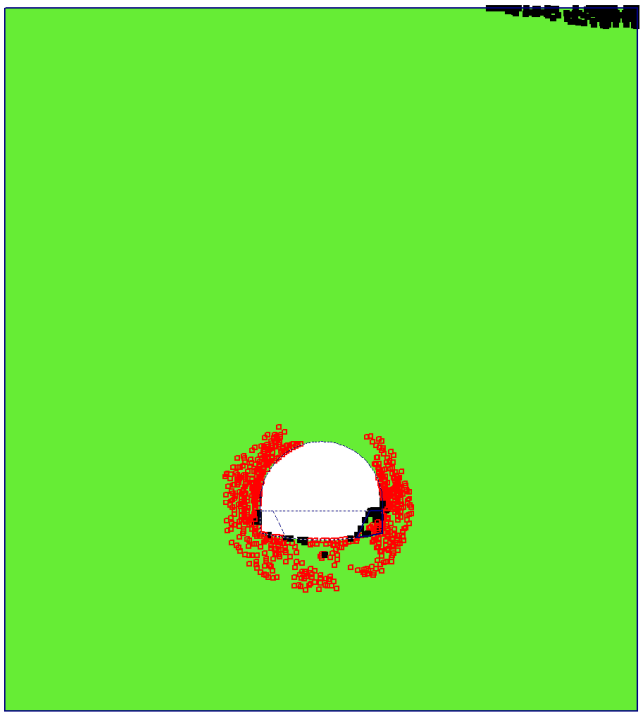


Fig. 20 Plot of plastic points
- Step no: 78 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

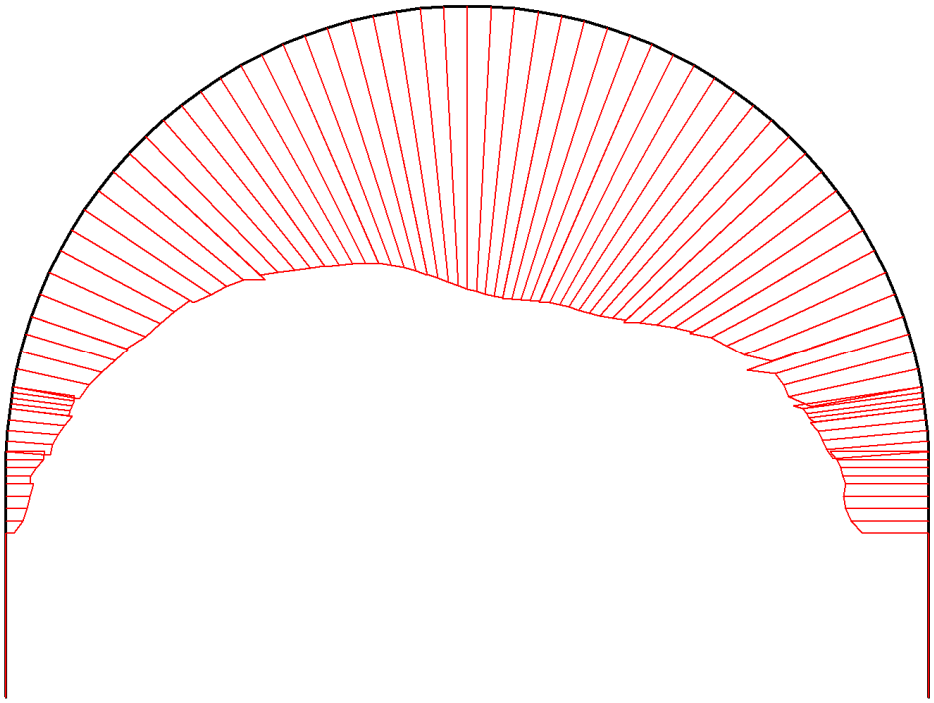


Fig. 21 Axial forces in beam
Extreme value -1,02*10^3 kN/m (Phase: 4)

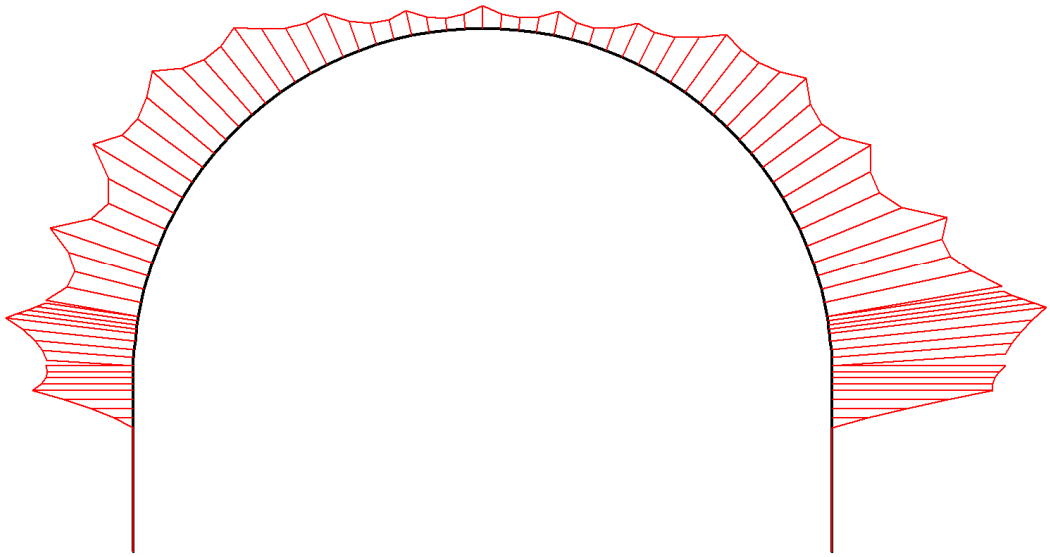


Fig. 22 Bending moments in beam
Extreme value -107,31 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	176,498	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	125,662	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	86,536	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	61,901	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	46,164	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	45,096	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	46,216	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	53,515	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	73,656	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	141,012	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	103,923	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	49,625	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	45,325	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

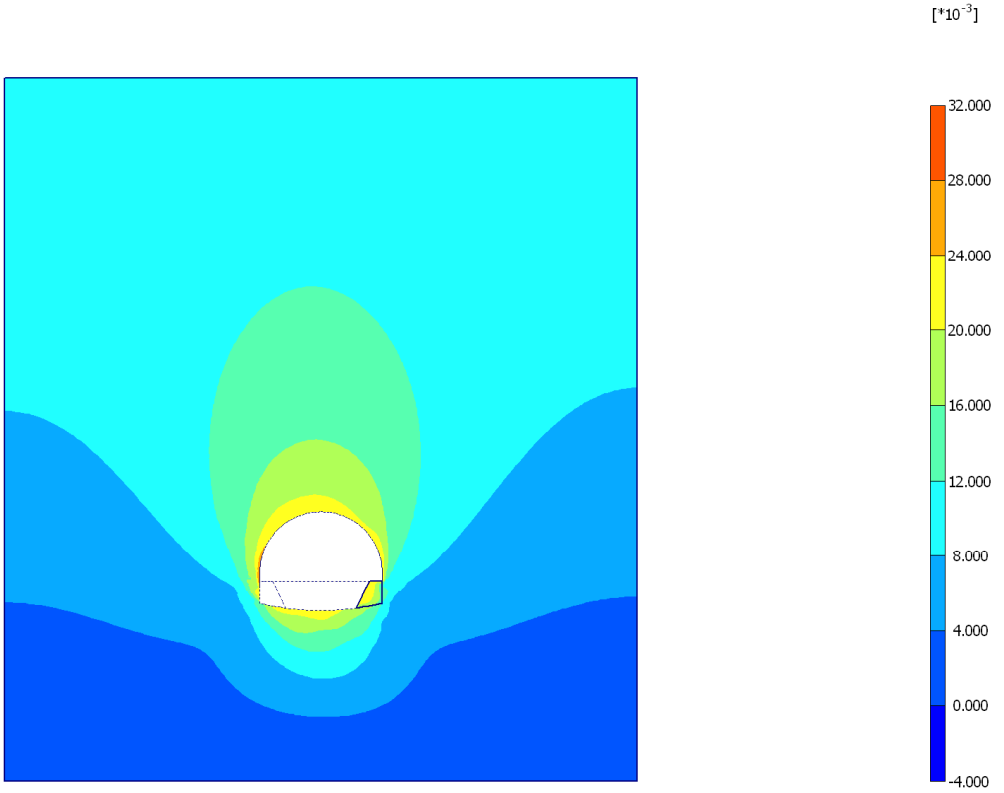


Fig. 23 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 80 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

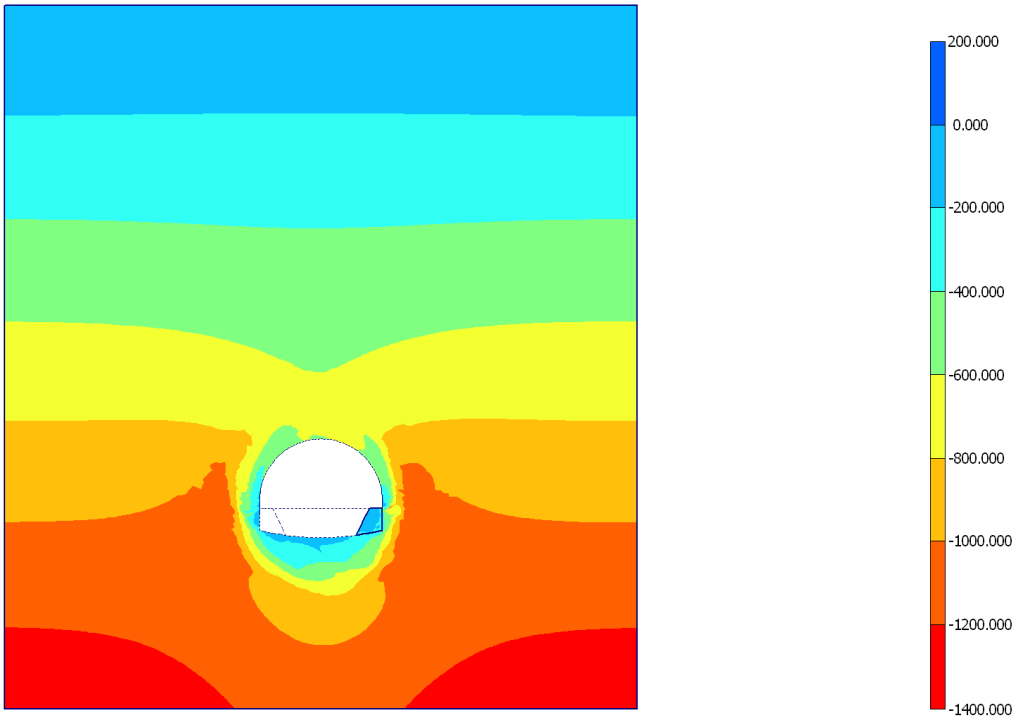


Fig. 24 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 80 - (Phase: 5)

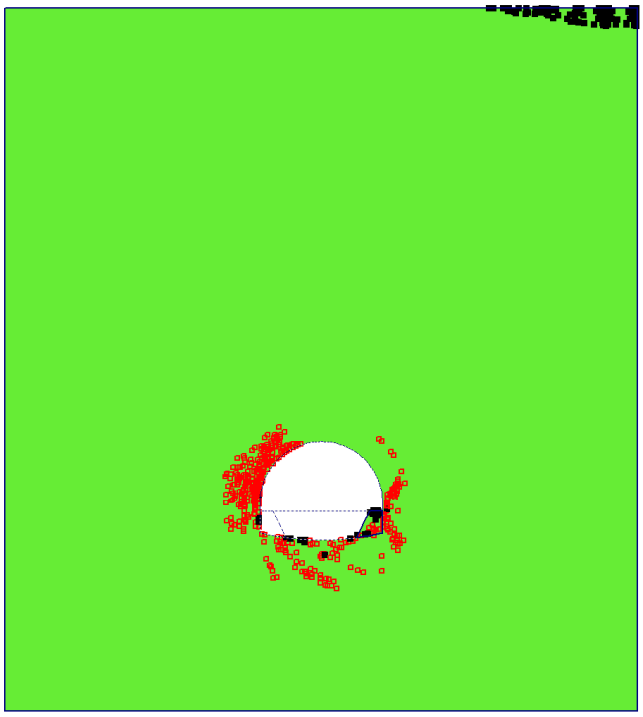


Fig. 25 Plot of plastic points
- Step no: 80 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

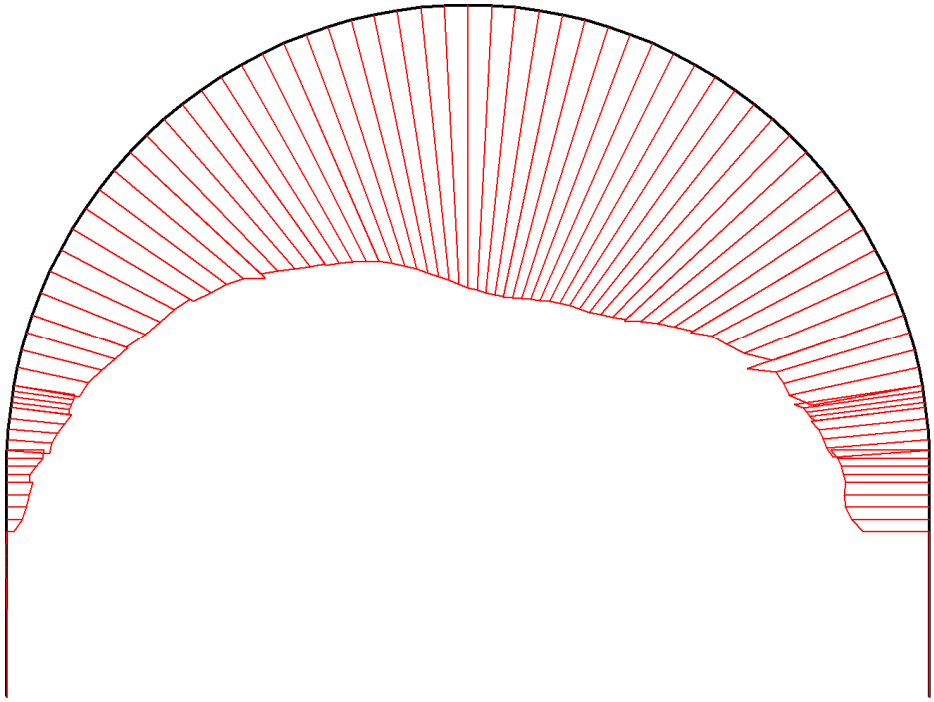


Fig. 26 Axial forces in beam
Extreme value -1,02*10^3 kN/m (Phase: 5)

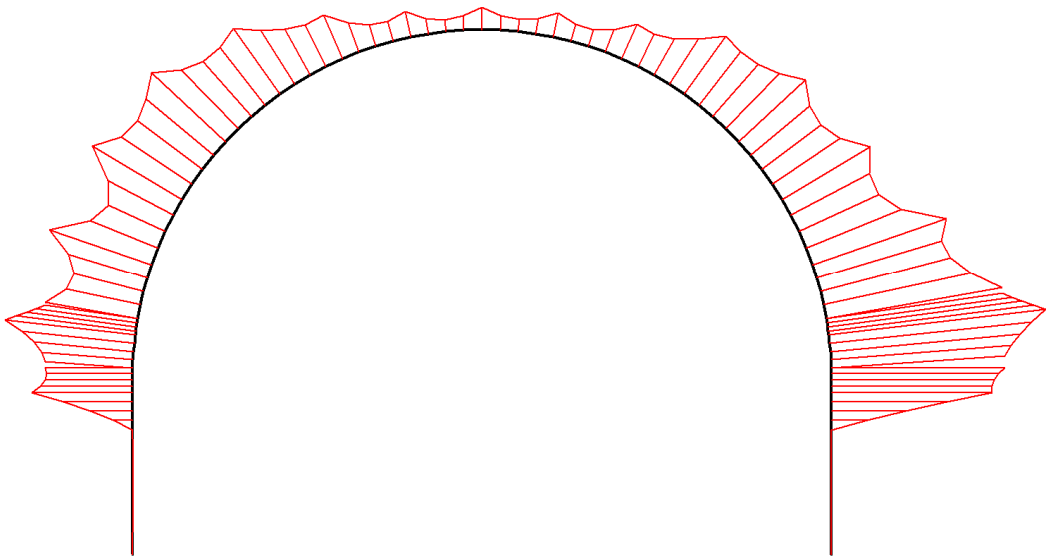


Fig. 27 Bending moments in beam
Extreme value -107,32 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	0,052	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	176,795	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	125,981	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	86,790	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	62,086	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	46,218	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	45,130	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	46,241	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	53,531	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	73,666	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	141,014	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	103,928	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	183,996	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	49,727	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	45,366	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

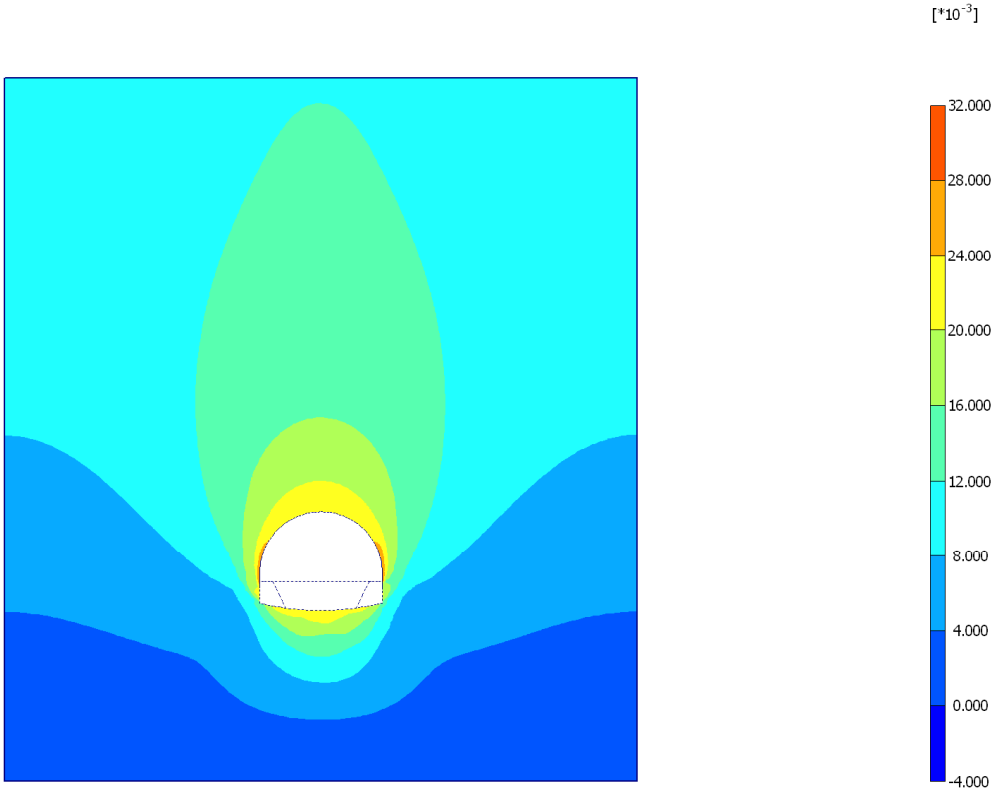


Fig. 28 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 88 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

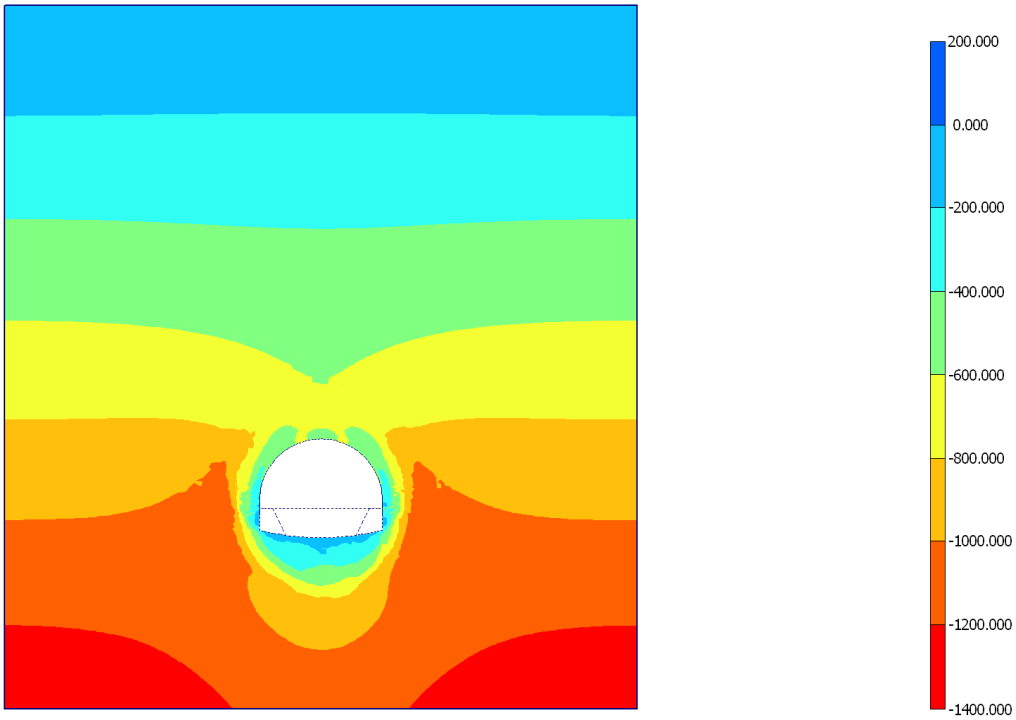


Fig. 29 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 88 - (Phase: 6)

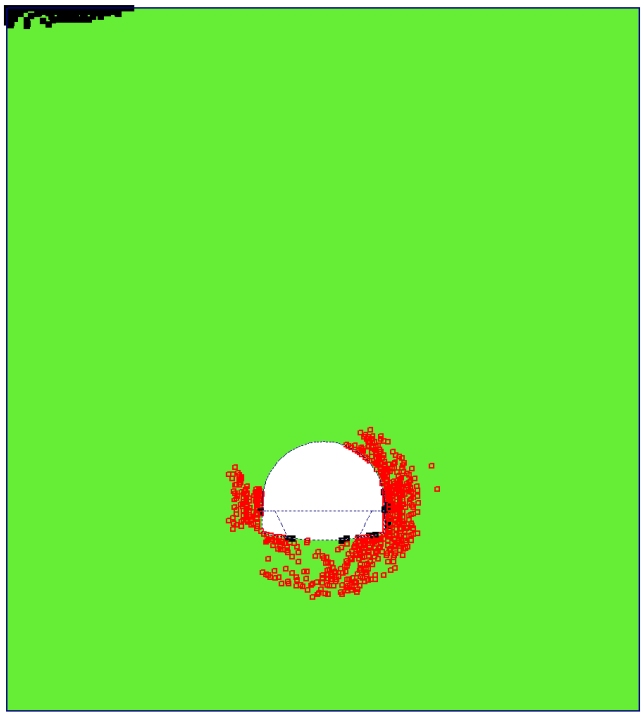


Fig. 30 Plot of plastic points
- Step no: 88 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

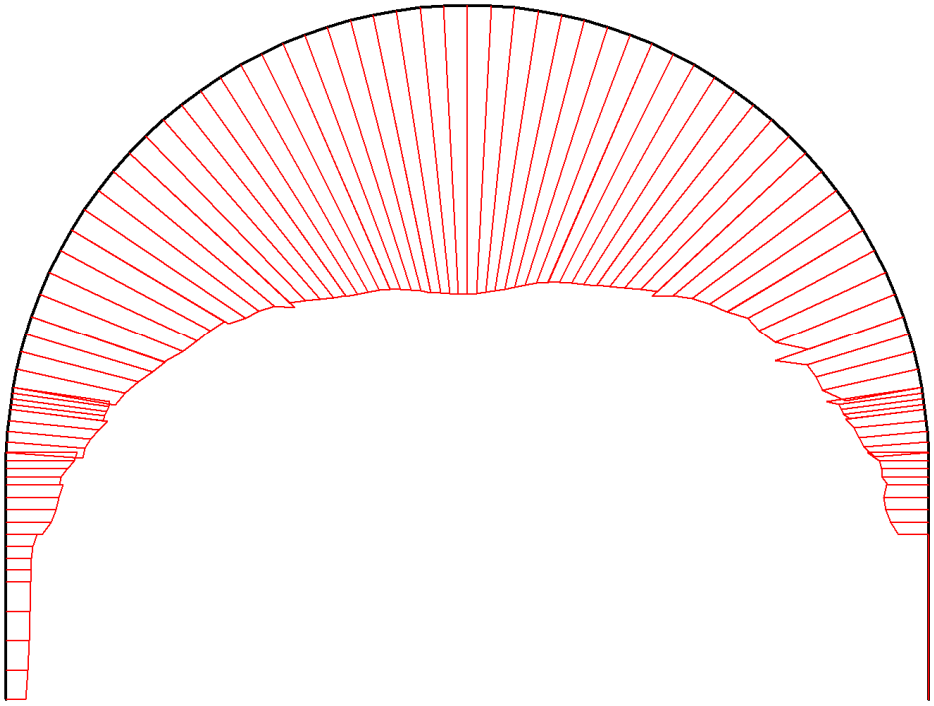


Fig. 31 Axial forces in beam
Extreme value -939,32 kN/m (Phase: 6)

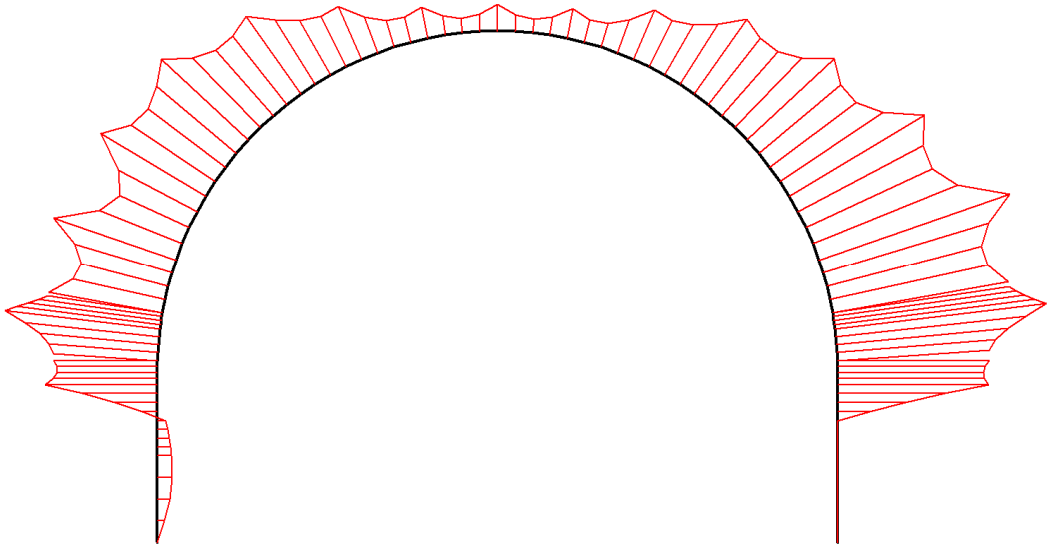


Fig. 32 Bending moments in beam
Extreme value -92,43 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	1,302	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	176,342	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	125,595	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	86,786	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	62,608	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	48,103	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	48,390	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	51,120	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	62,298	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	85,881	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	178,832	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	123,061	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	50,890	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	47,955	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

12. Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

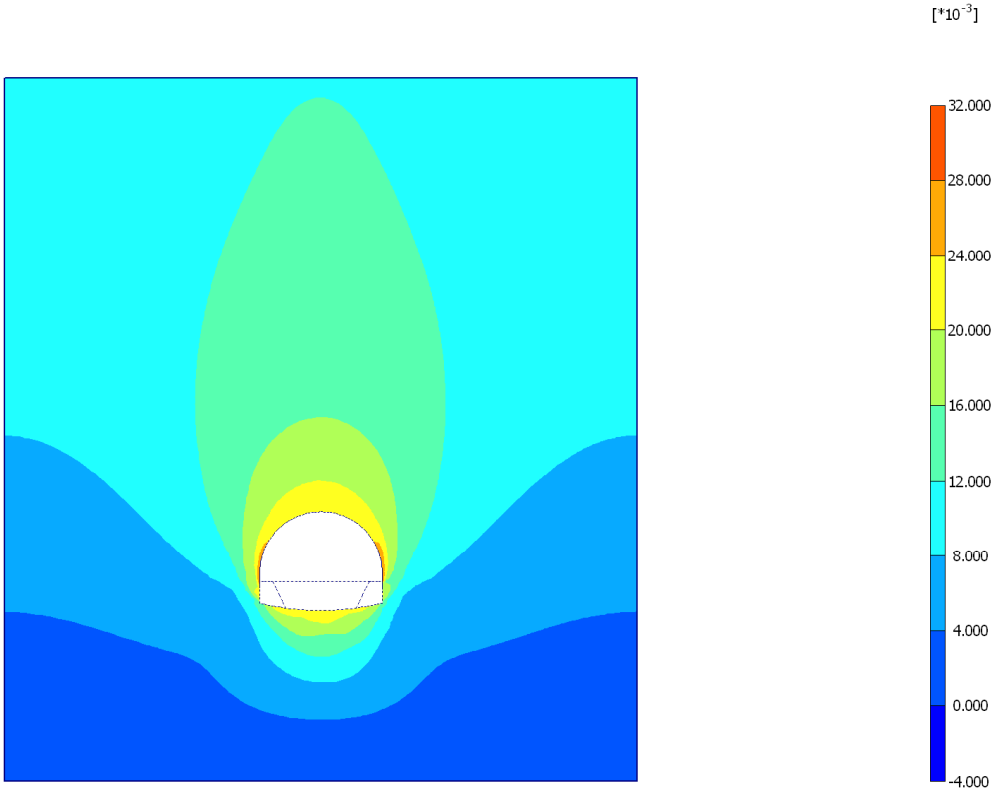


Fig. 33 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 91 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

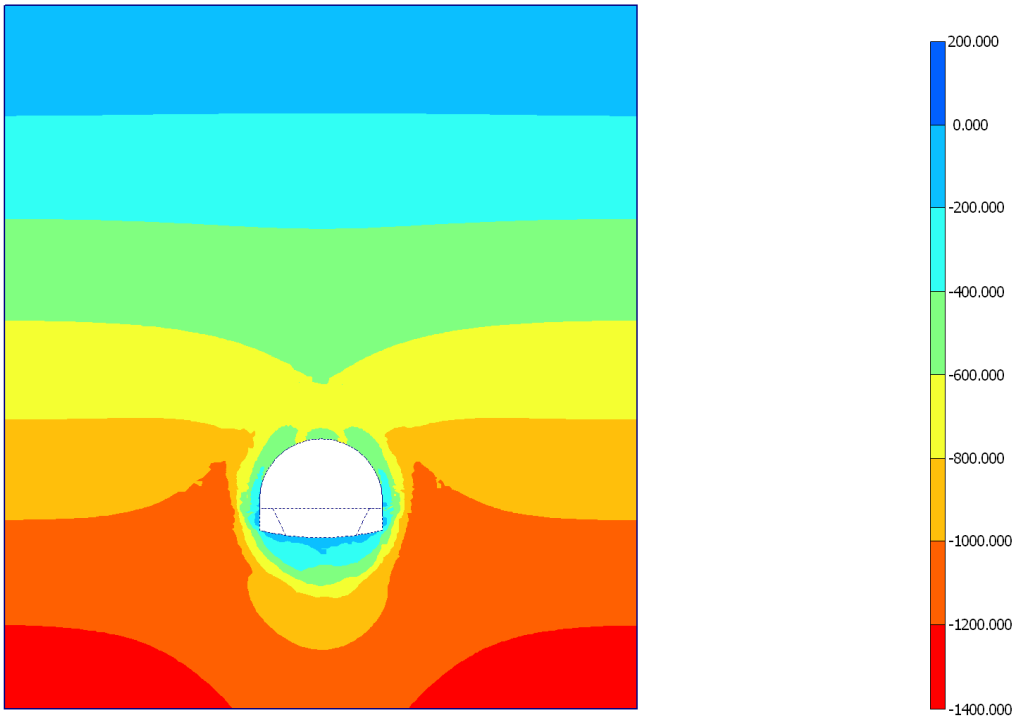


Fig. 34 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 91 - (Phase: 7)

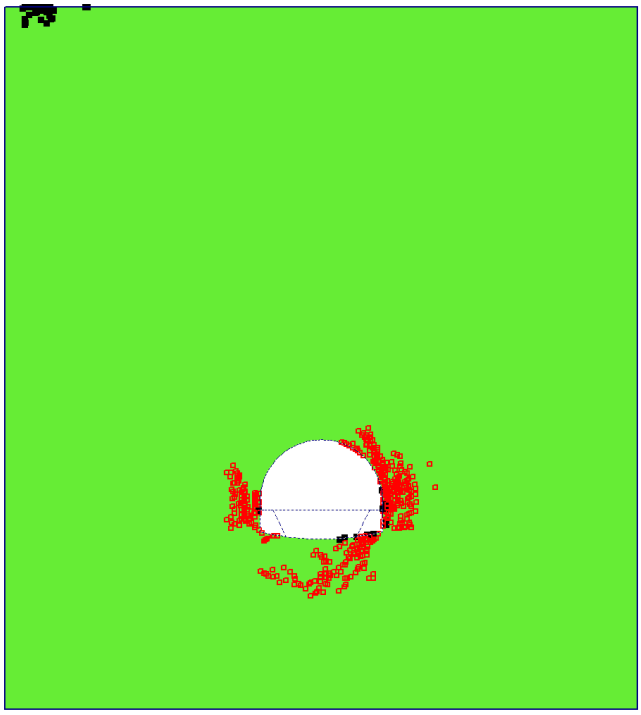


Fig. 35 Plot of plastic points
- Step no: 91 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

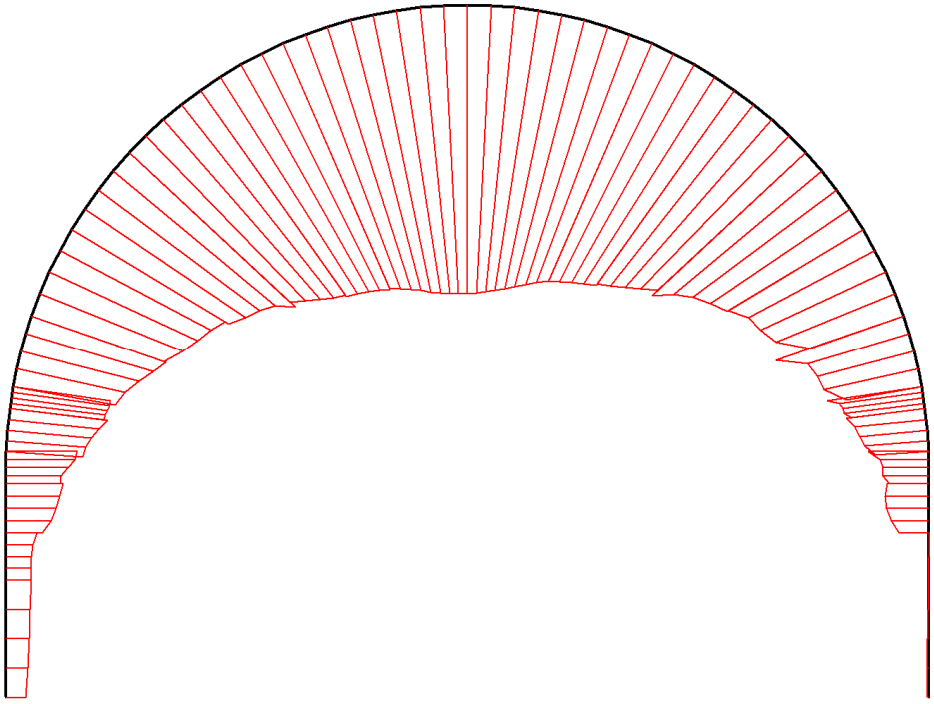


Fig. 36 Axial forces in beam
Extreme value -937,90 kN/m (Phase: 7)

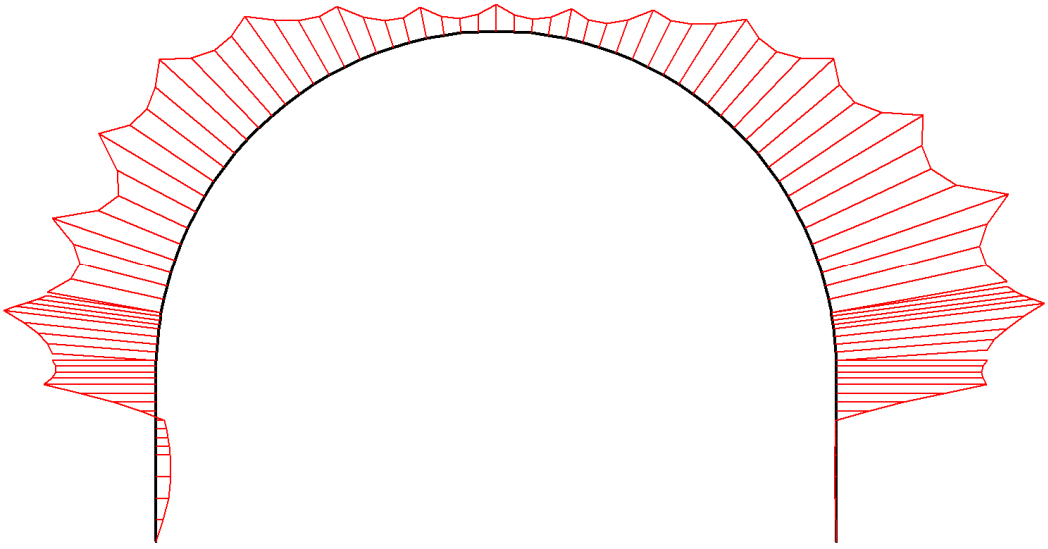


Fig. 37 Bending moments in beam
Extreme value -92,31 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1039	-8,654	1,089	1,318	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1375	-4,799	2,155						
2	1205	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1481	-4,799	3,155						
3	1573	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1845	-4,758	3,939						
4	1899	-8,350	6,112	176,346	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2303	-4,536	4,911						
5	2563	-7,600	7,782	125,600	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2675	-4,116	5,811						
6	2919	-6,510	9,262	86,796	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3077	-3,519	6,606						
7	3527	-5,150	10,482	62,626	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3631	-2,777	7,257						
8	4923	-1,820	11,952	48,141	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3657	-0,980	8,041						
9	5107	1,820	11,952	48,451	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3929	0,980	8,041						
10	5081	3,560	11,392	51,227	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4331	1,917	7,742						
11	5627	5,150	10,482	62,500	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4321	2,777	7,257						
12	5653	6,510	9,262	86,146	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4247	3,519	6,606						
13	4531	4,536	4,911	179,158	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5611	8,350	6,112						
14	5643	7,600	7,782	123,381	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4237	4,116	5,811						
15	3789	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5001	8,740	4,322						
16	4669	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3269	4,799	3,155						
17	3945	8,654	1,089	0,138	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3289	4,799	2,155						
18	4305	-3,560	11,392	50,917	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3667	-1,917	7,742						
19	5097	0,000	12,142	48,002	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	0,000	8,142						

REPORT

04/23/2021

User: EPTISA

Title: ST-II, CU-2. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	58,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

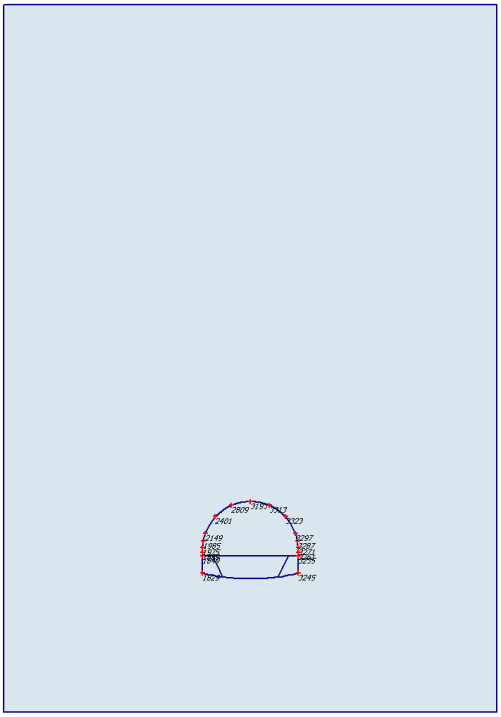


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

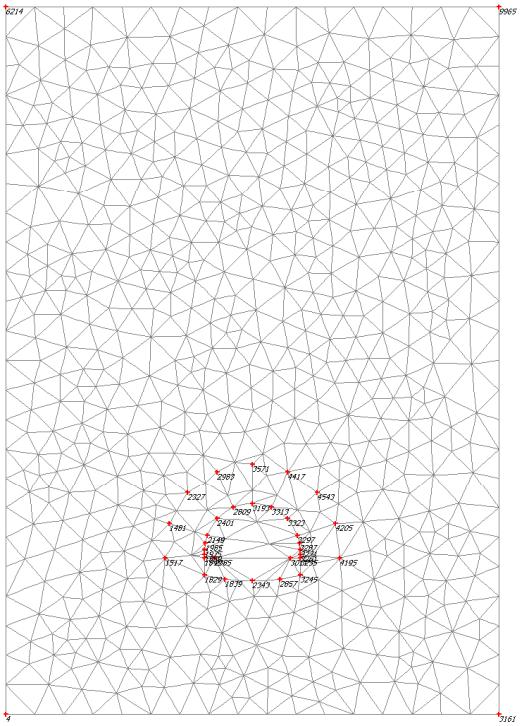


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

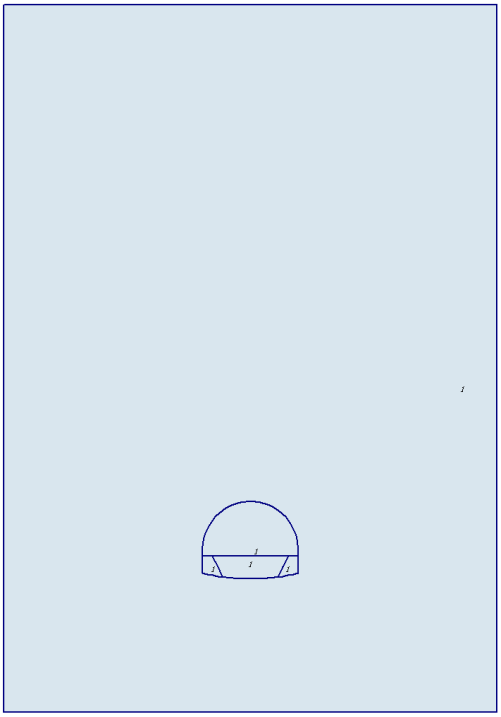


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		1 Limolitas RMR_55
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	27,00
γ_{sat}	[kN/m³]	27,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	7350000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	2826923,077
E_{oed}	[kN/m²]	9894230,769
c_{ref}	[kN/m²]	440,00
φ	[°]	43,50
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA	EI	w	ν	Mp	Np

		[kN/m]	[kNm²/m]	[kN/m/m]	[-]	[kNm/m]	[kN/m]
1	Gunita 0,10	1,45E6	1210,00	2,50	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Swellex Mn18?	103000,00	184,000	184,000	2,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	5
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	6	30
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	31	33
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	34	39
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	40	42
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	43	48

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

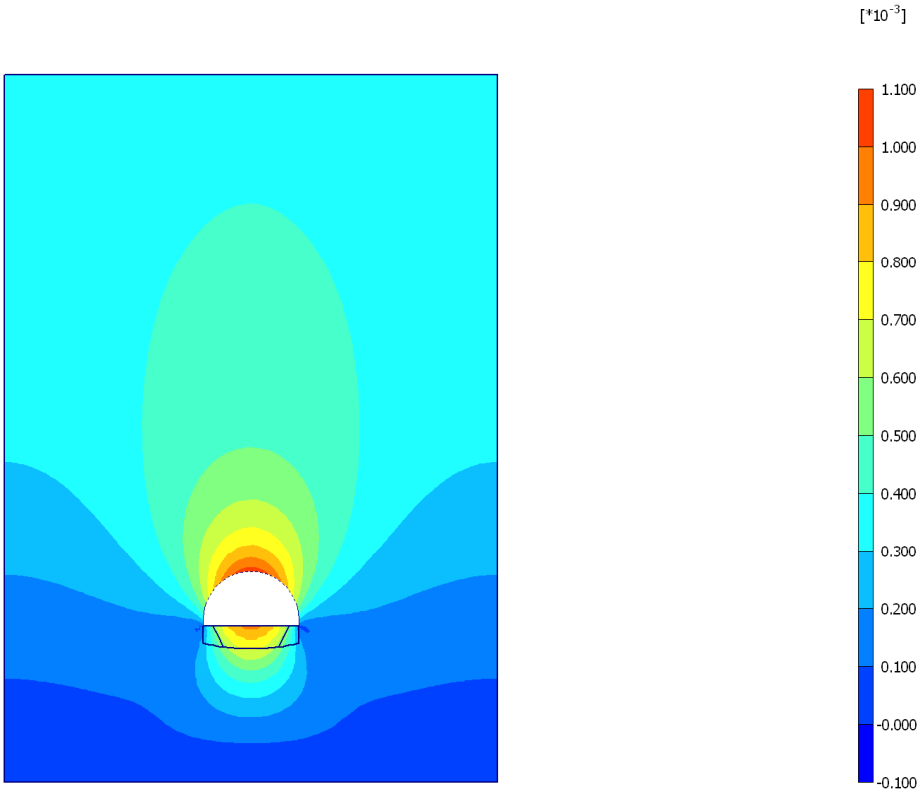


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

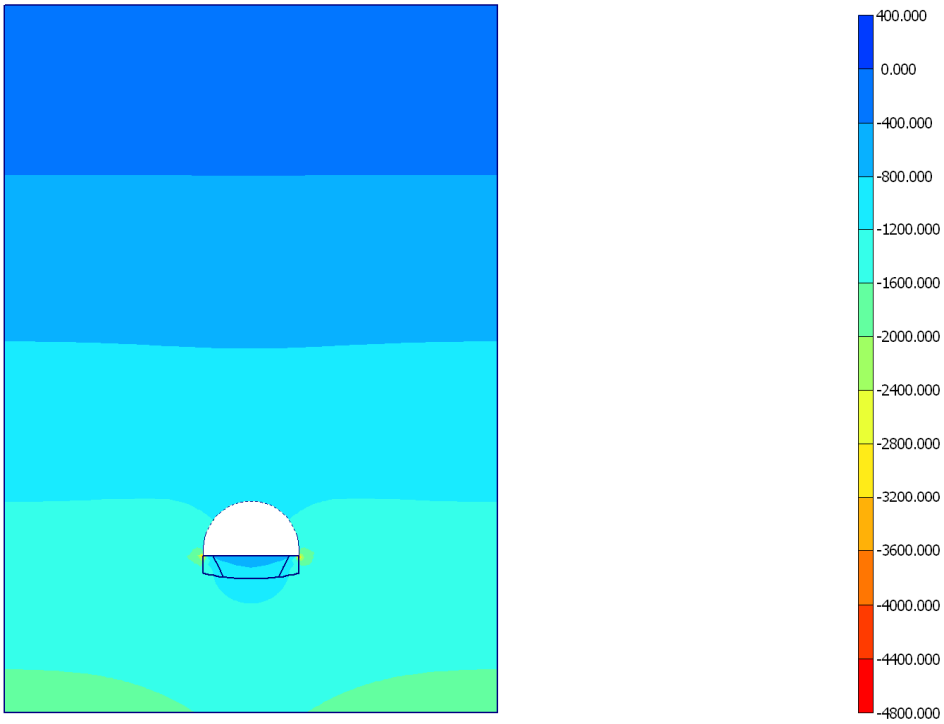


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

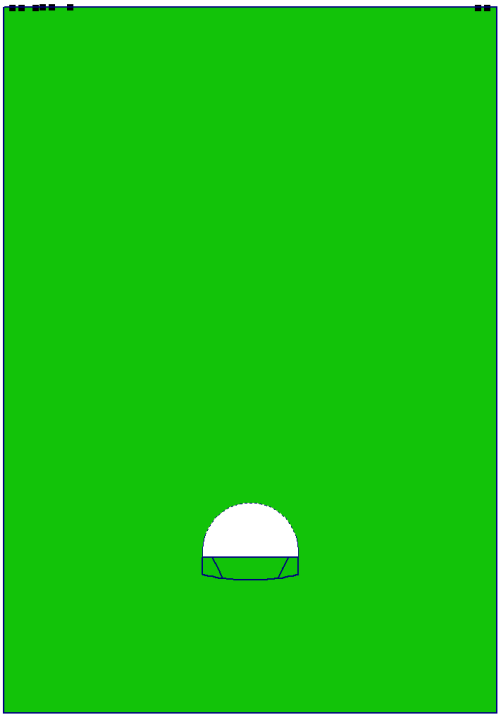


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 6.3.3. Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
1	1517	-8,800	2,682	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1859	-4,799	3,046						
2	1481	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2149	-4,536	4,911						
3	2327	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2401	-3,519	6,606						
4	2983	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2809	-1,917	7,742						
5	4417	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3313	1,917	7,742						
6	4543	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3323	3,519	6,606						
7	4205	8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3297	4,536	4,911						
8	4195	8,800	2,682	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	3261	4,799	3,046						
9	3571	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3193	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

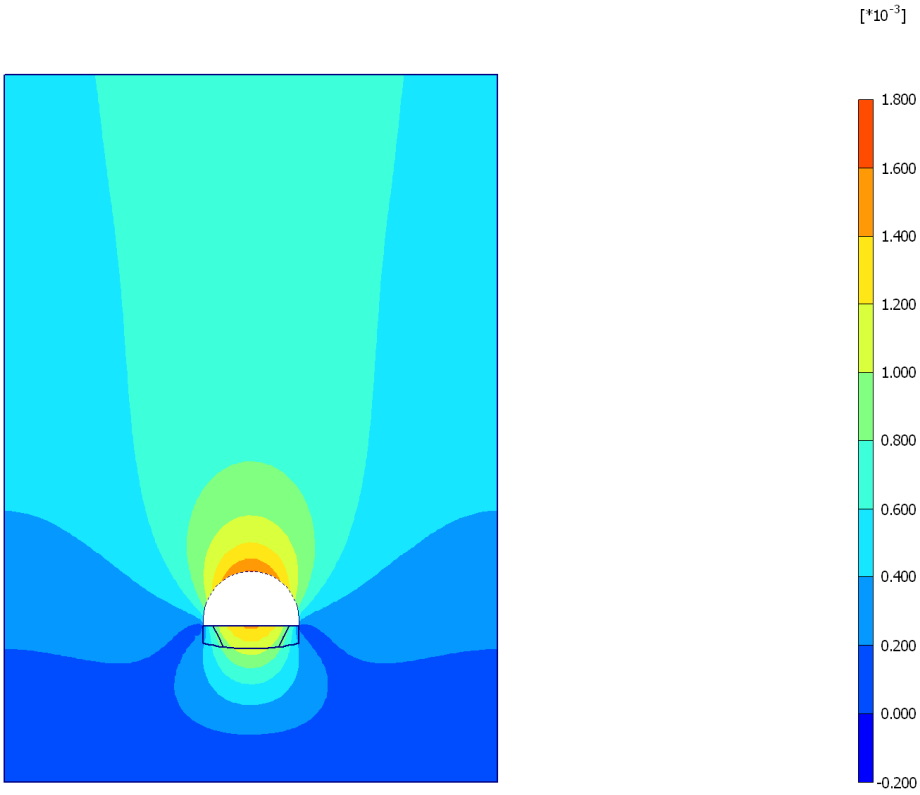


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 5 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

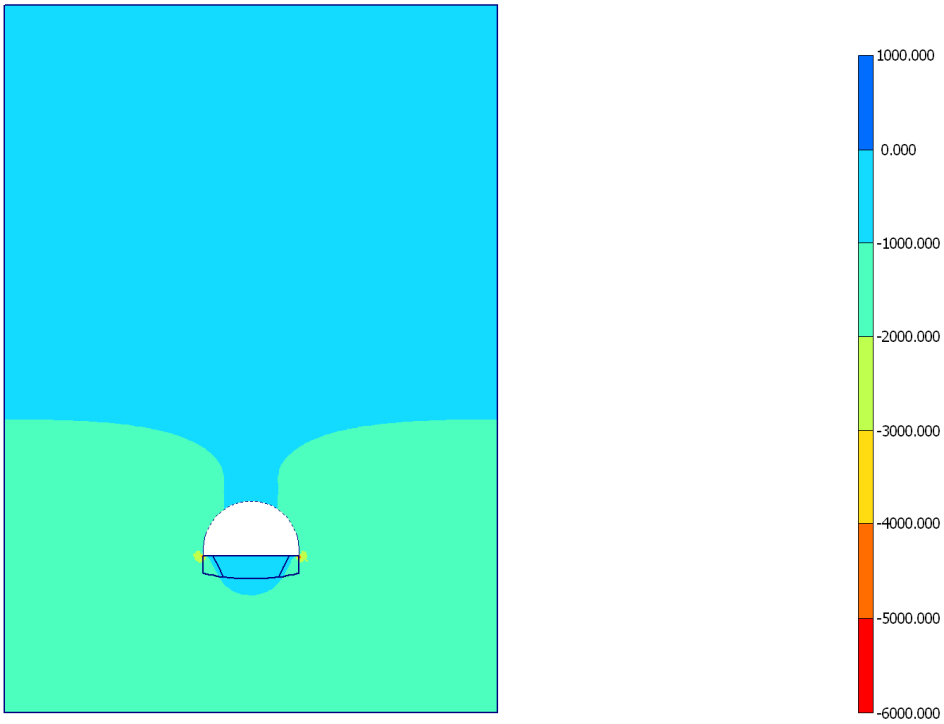


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 5 - (Phase: 2)

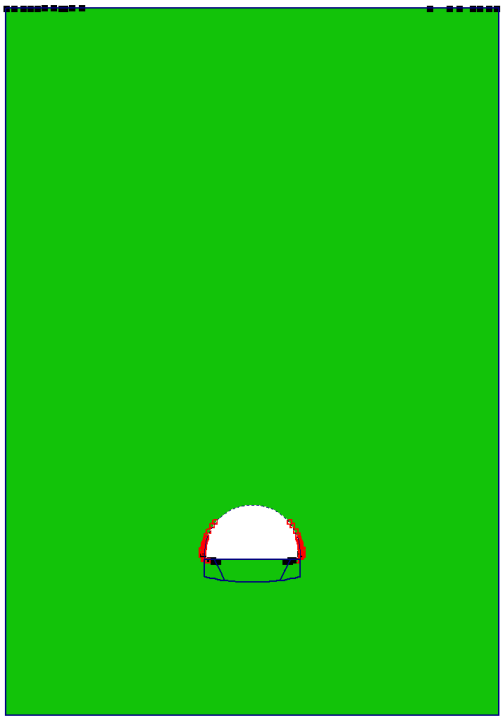
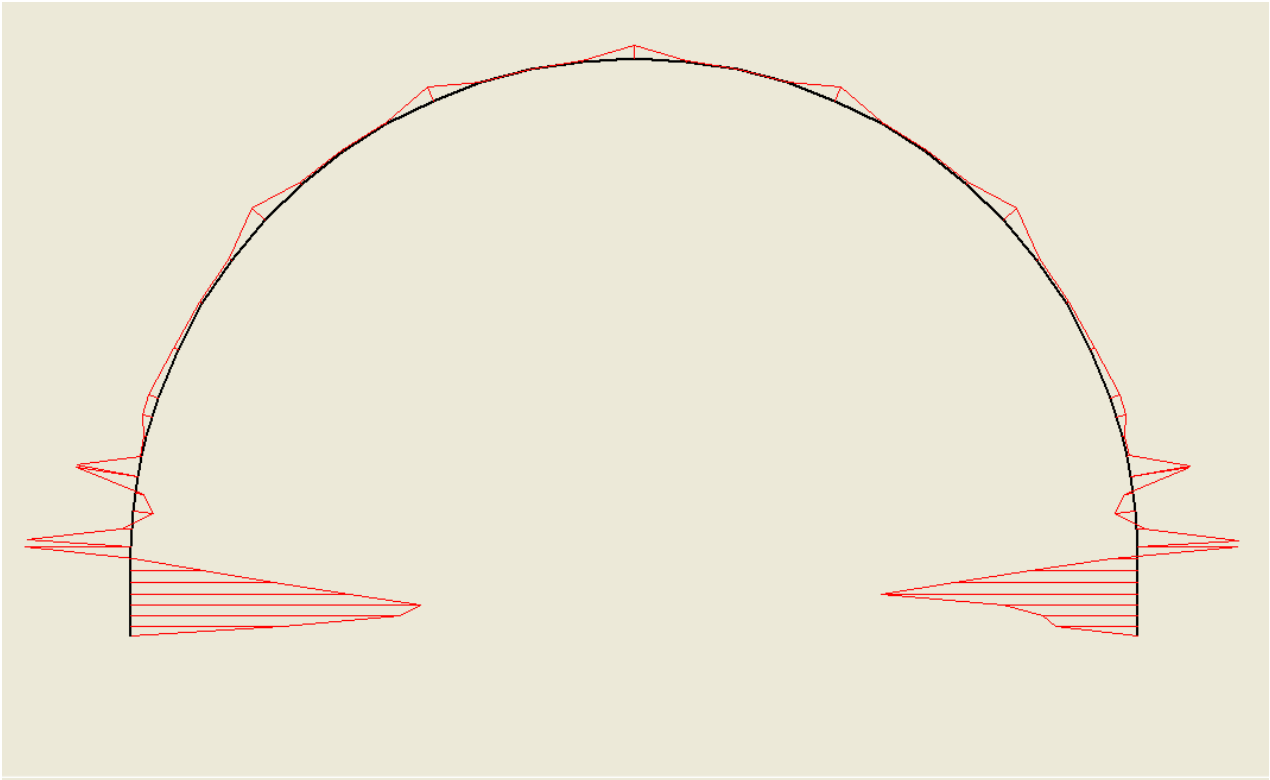


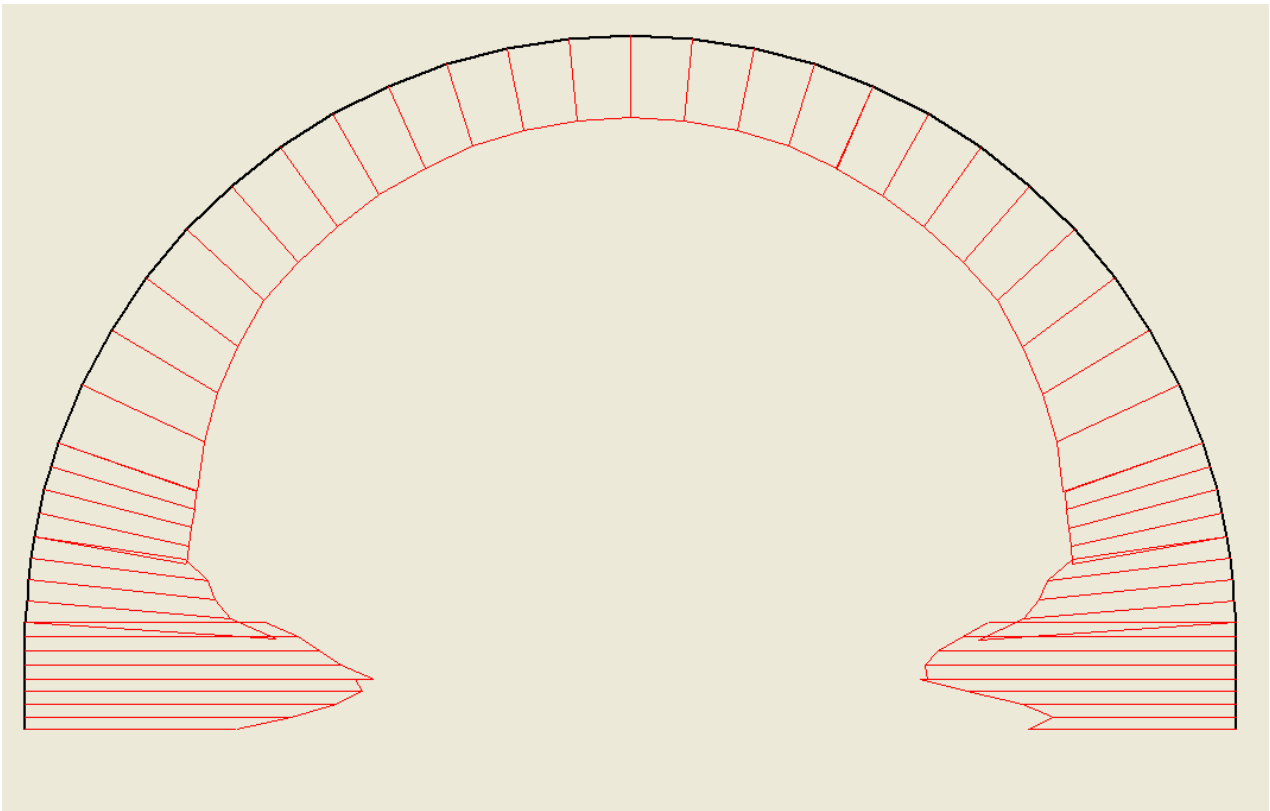
Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 5 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment 1,32 kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -314,39 kN/m

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1517	-8,800	2,682	3,213	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1859	-4,799	3,046						
2	1481	-8,350	6,112	3,868	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2149	-4,536	4,911						
3	2327	-6,510	9,262	4,100	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2401	-3,519	6,606						
4	2983	-3,560	11,392	4,334	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2809	-1,917	7,742						
5	4417	3,560	11,392	4,333	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3313	1,917	7,742						
6	4543	6,510	9,262	4,099	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3323	3,519	6,606						
7	4205	8,350	6,112	3,860	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3297	4,536	4,911						
8	4195	8,800	2,682	3,002	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	3261	4,799	3,046						
9	3571	0,000	12,142	4,433	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3193	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

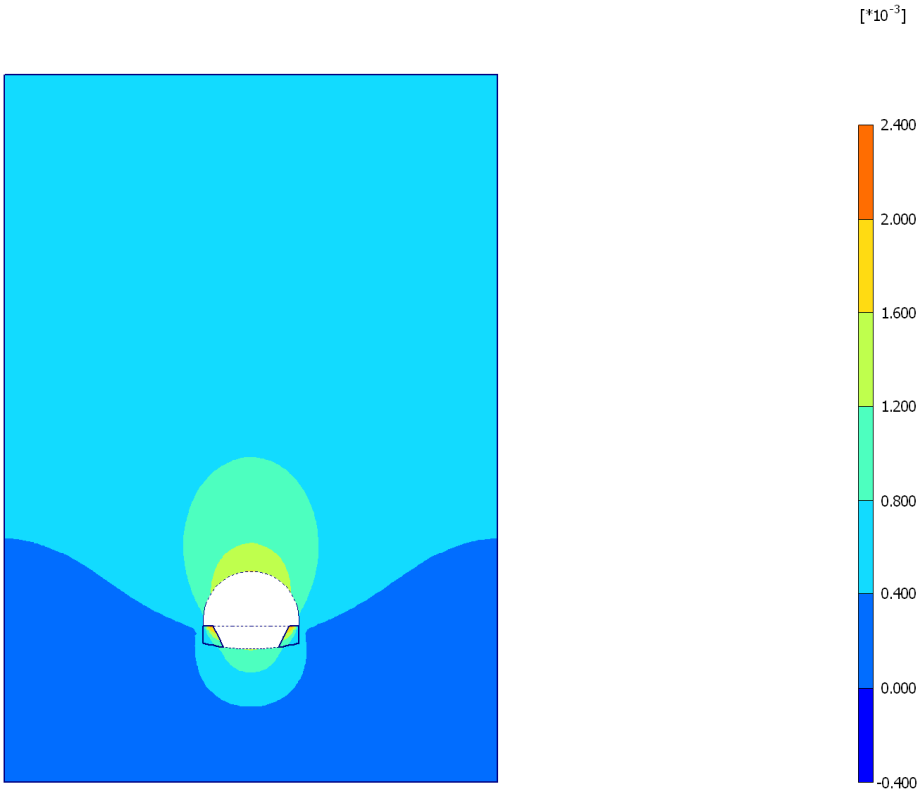


Fig. 10 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

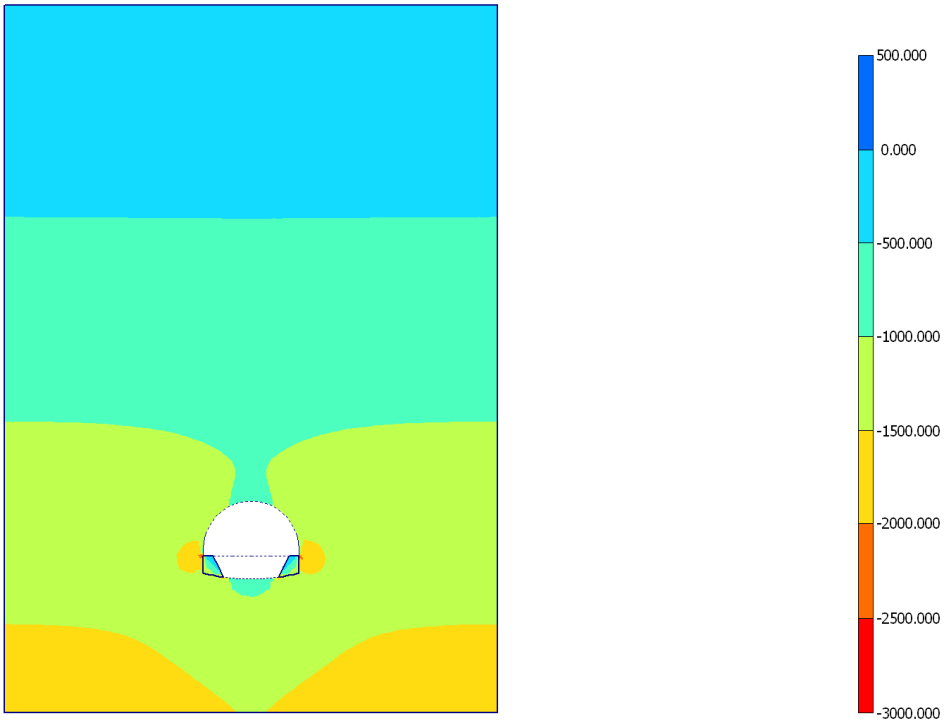


Fig. 11 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 3)

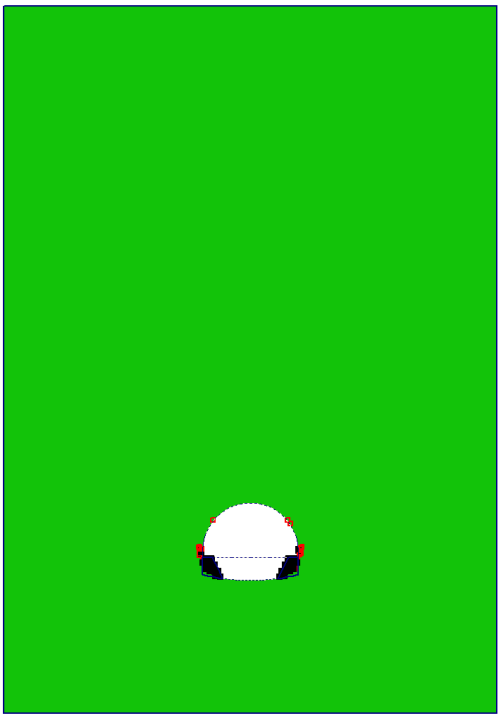
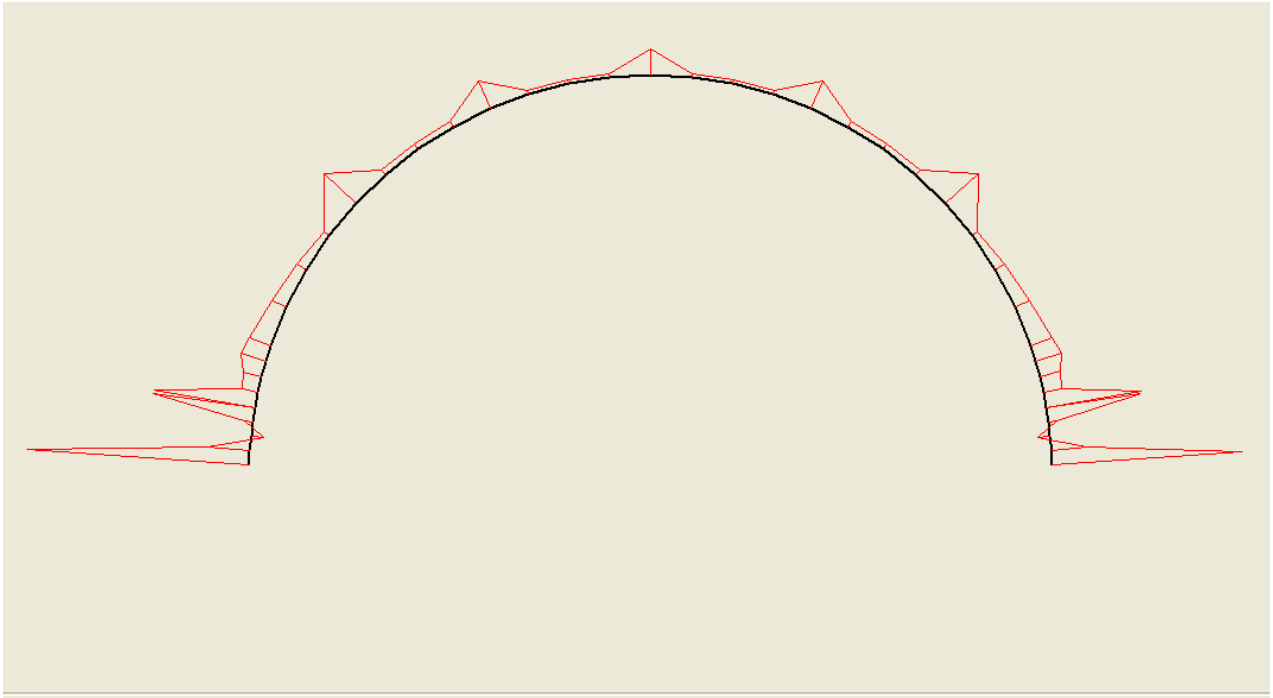


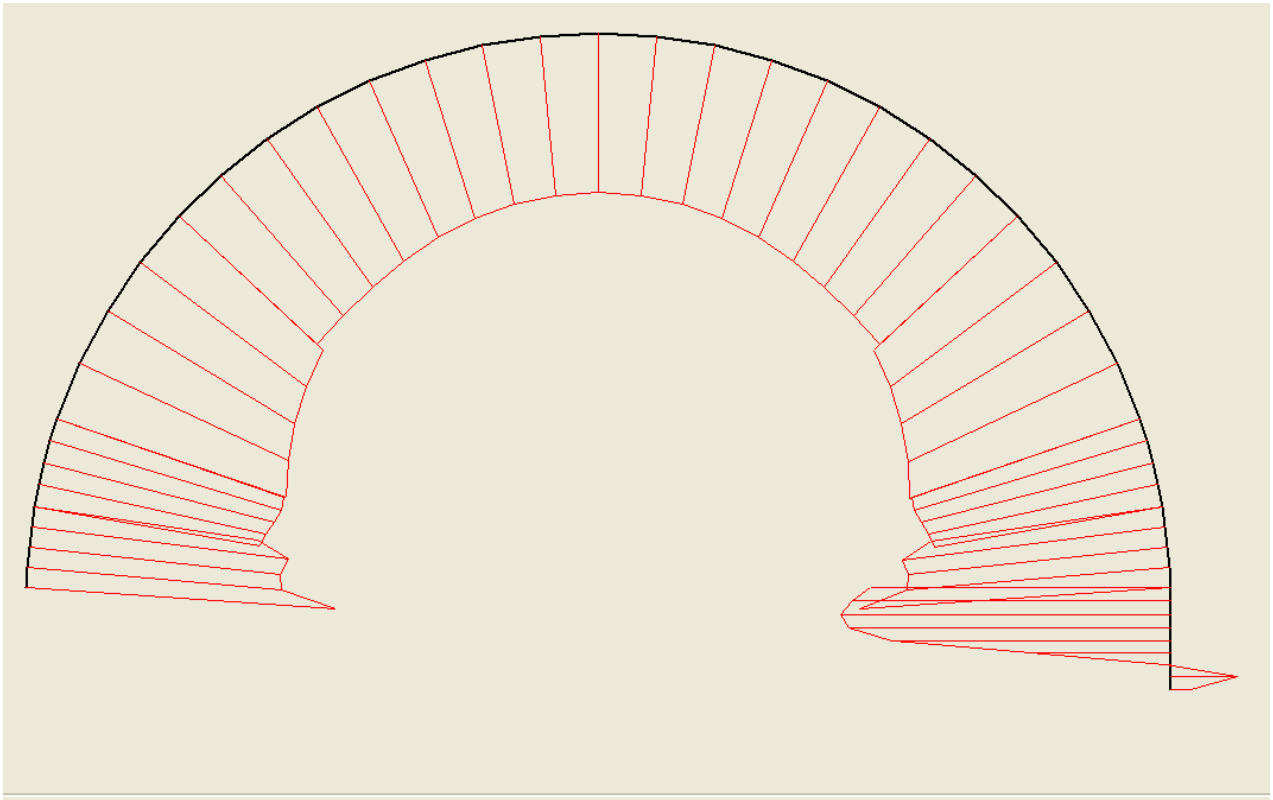
Fig. 12 Plot of plastic points
- Step no: 30 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -675,29*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -196,77 kN/m

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1517	-8,800	2,682	6,766	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1859	-4,799	3,046						
2	1481	-8,350	6,112	4,591	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2149	-4,536	4,911						
3	2327	-6,510	9,262	4,275	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2401	-3,519	6,606						
4	2983	-3,560	11,392	4,391	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2809	-1,917	7,742						
5	4417	3,560	11,392	4,391	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3313	1,917	7,742						
6	4543	6,510	9,262	4,274	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3323	3,519	6,606						
7	4205	8,350	6,112	4,587	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3297	4,536	4,911						
8	4195	8,800	2,682	6,525	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	3261	4,799	3,046						
9	3571	0,000	12,142	4,463	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3193	0,000	8,142						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

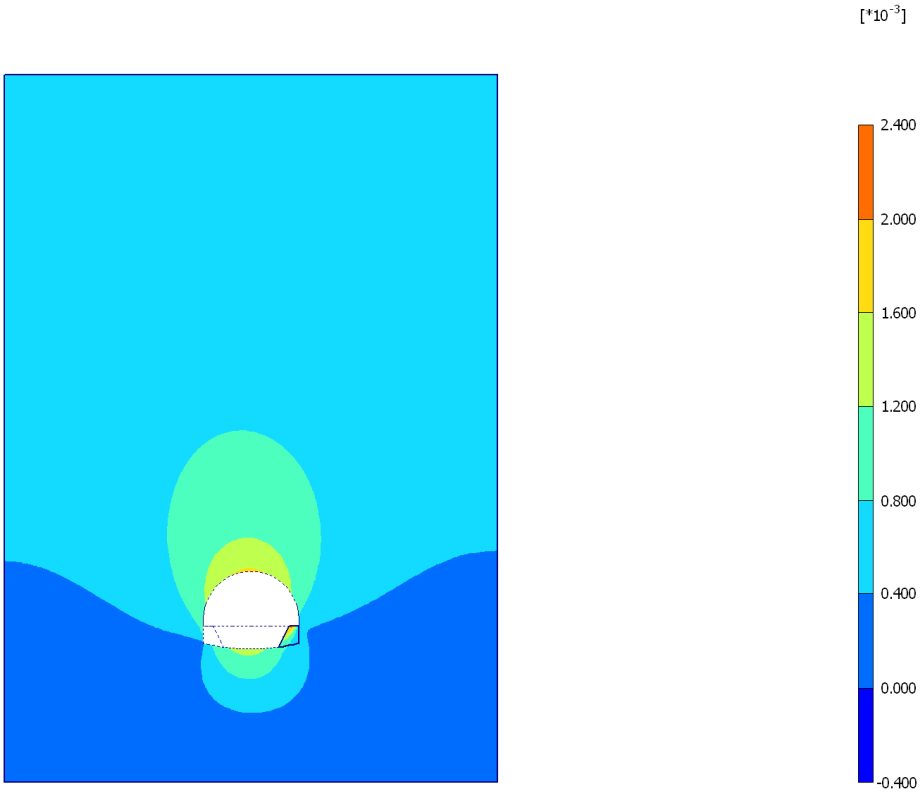


Fig. 13 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 33 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

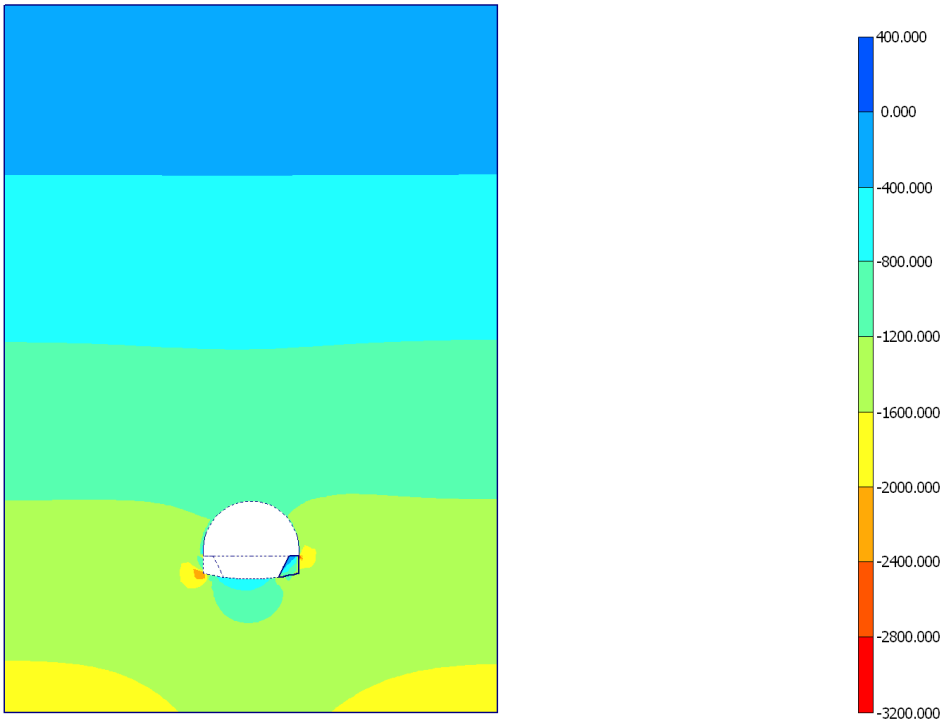


Fig. 14 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 33 - (Phase: 4)

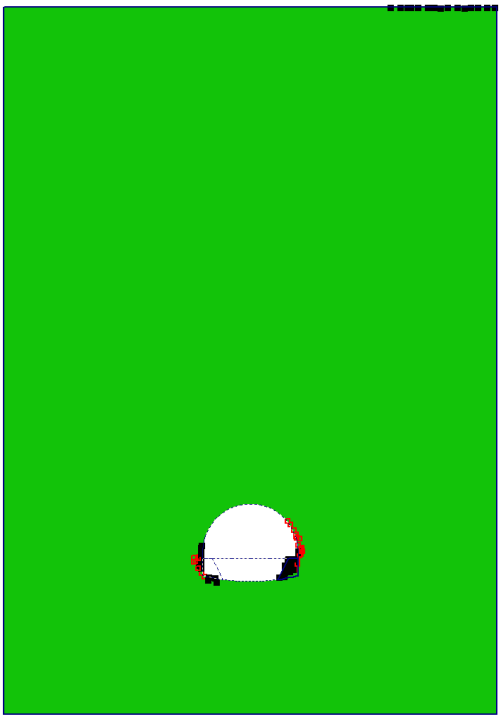


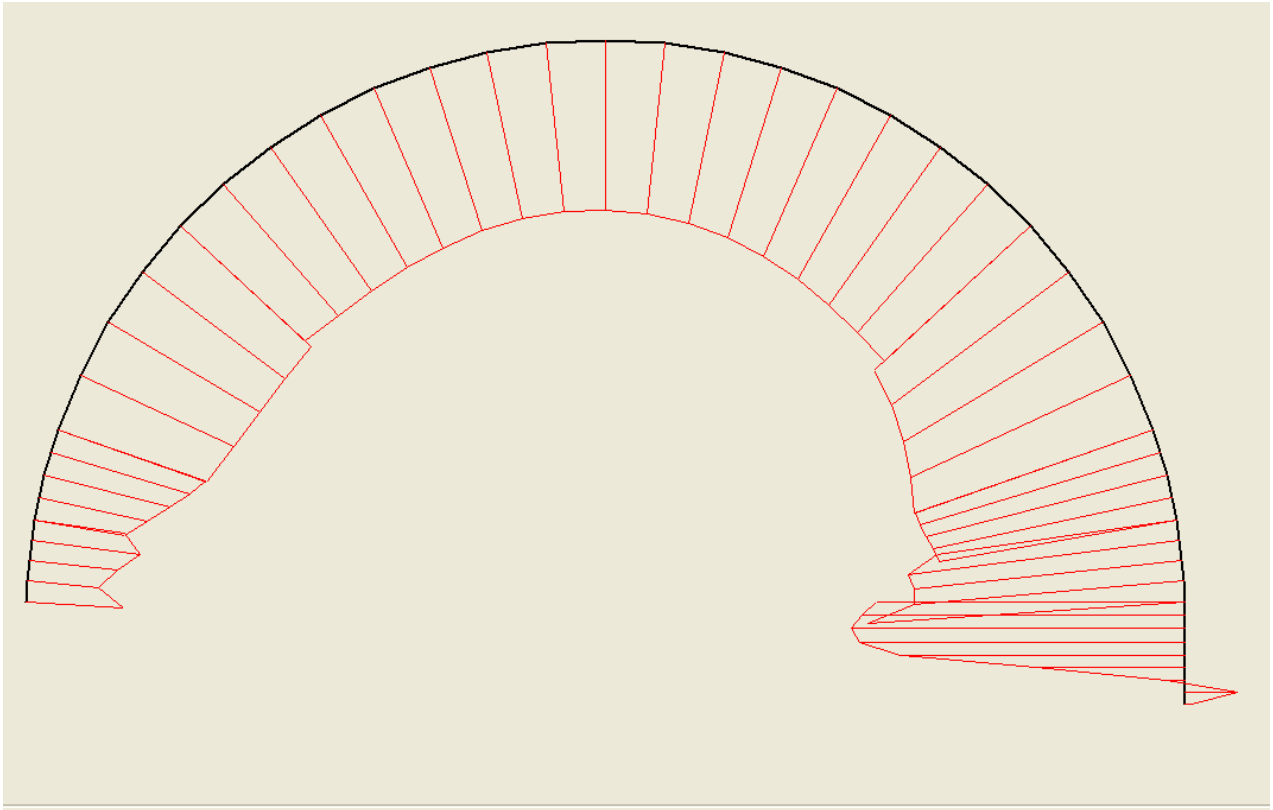
Fig. 15 Plot of plastic points
- Step no: 33 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -600,37*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -205,17 kN/m

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1517	-8,800	2,682	9,864	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1859	-4,799	3,046						
2	1481	-8,350	6,112	5,466	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2149	-4,536	4,911						
3	2327	-6,510	9,262	4,550	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2401	-3,519	6,606						
4	2983	-3,560	11,392	4,496	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2809	-1,917	7,742						
5	4417	3,560	11,392	4,434	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3313	1,917	7,742						
6	4543	6,510	9,262	4,312	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3323	3,519	6,606						
7	4205	8,350	6,112	4,633	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3297	4,536	4,911						
8	4195	8,800	2,682	6,580	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	3261	4,799	3,046						
9	3571	0,000	12,142	4,518	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3193	0,000	8,142						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

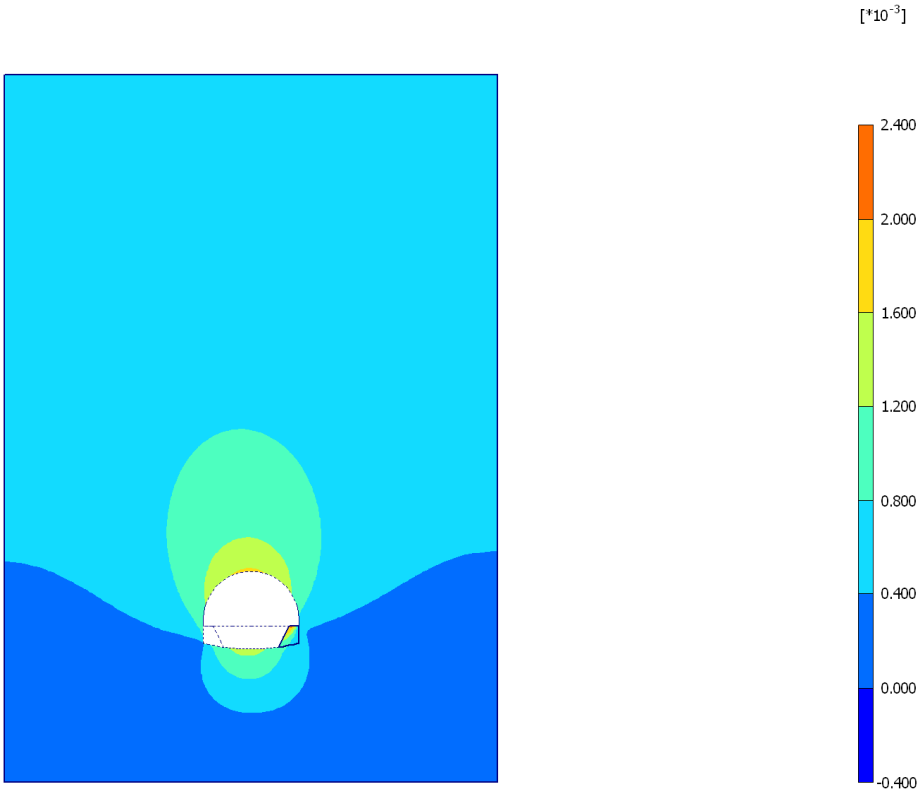


Fig. 16 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 39 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

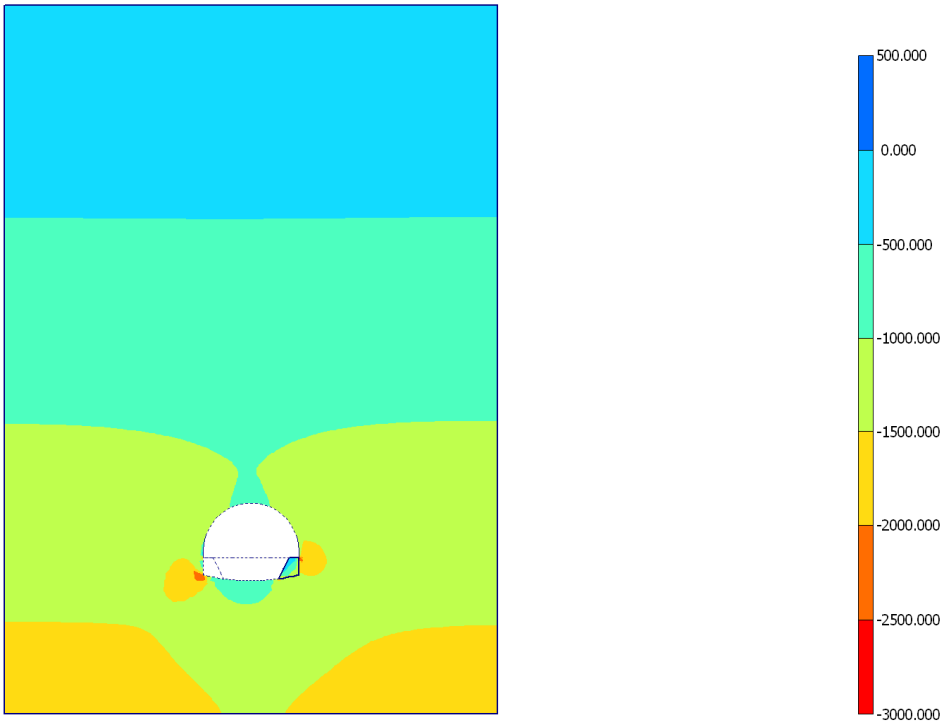


Fig. 17 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 39 - (Phase: 5)

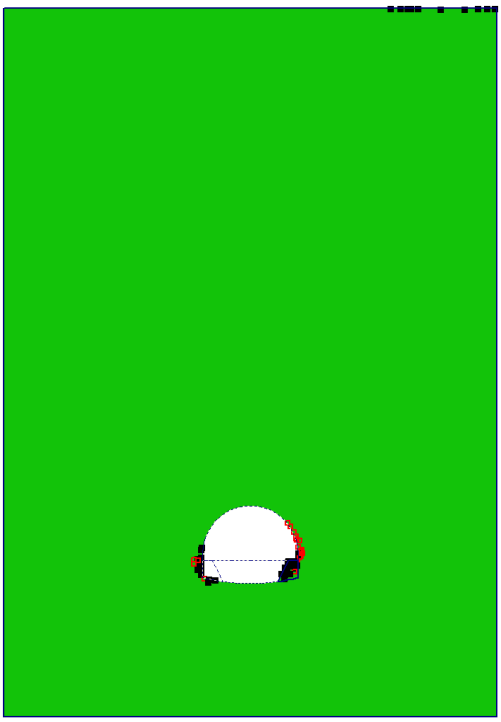


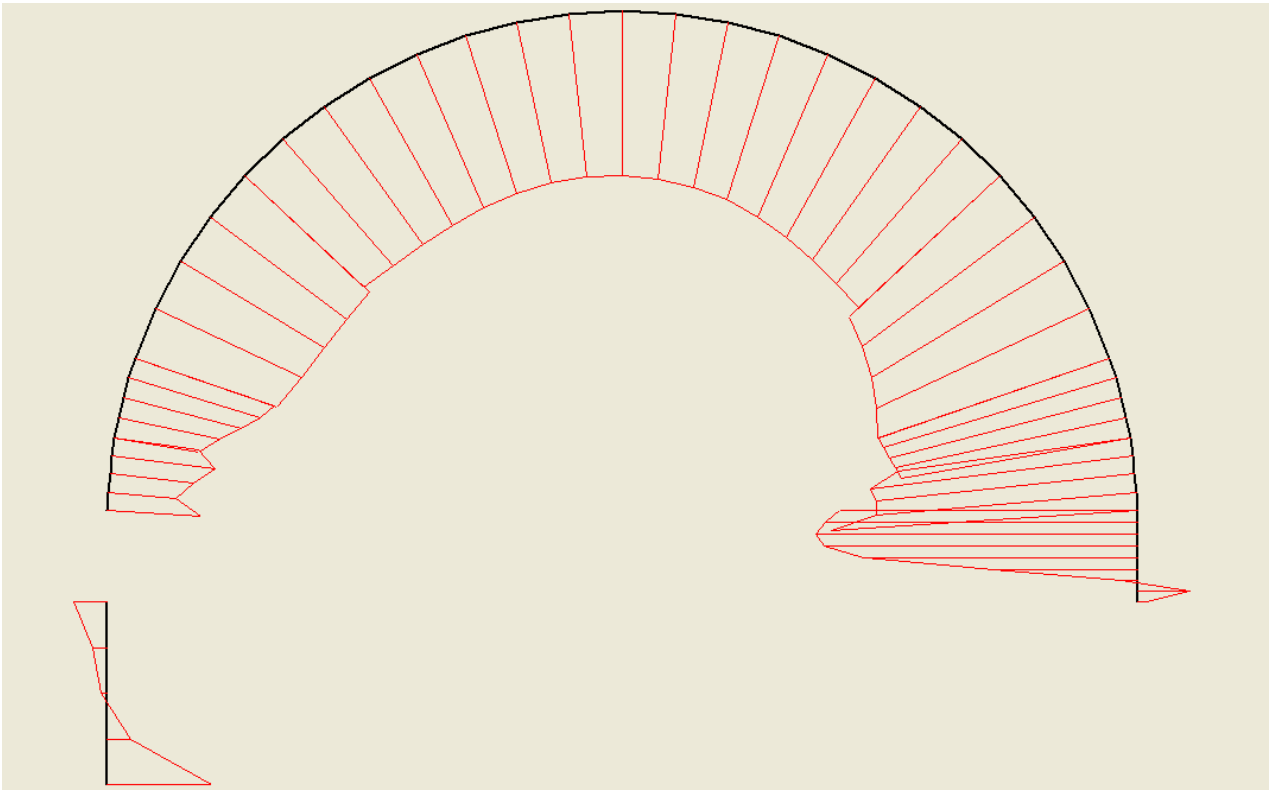
Fig. 18 Plot of plastic points
- Step no: 39 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -602,39*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -204,85 kN/m

Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1517	-8,800	2,682	9,962	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1859	-4,799	3,046						
2	1481	-8,350	6,112	5,484	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2149	-4,536	4,911						
3	2327	-6,510	9,262	4,559	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2401	-3,519	6,606						
4	2983	-3,560	11,392	4,500	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2809	-1,917	7,742						
5	4417	3,560	11,392	4,436	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3313	1,917	7,742						
6	4543	6,510	9,262	4,314	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3323	3,519	6,606						
7	4205	8,350	6,112	4,637	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3297	4,536	4,911						
8	4195	8,800	2,682	6,591	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	3261	4,799	3,046						
9	3571	0,000	12,142	4,520	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3193	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

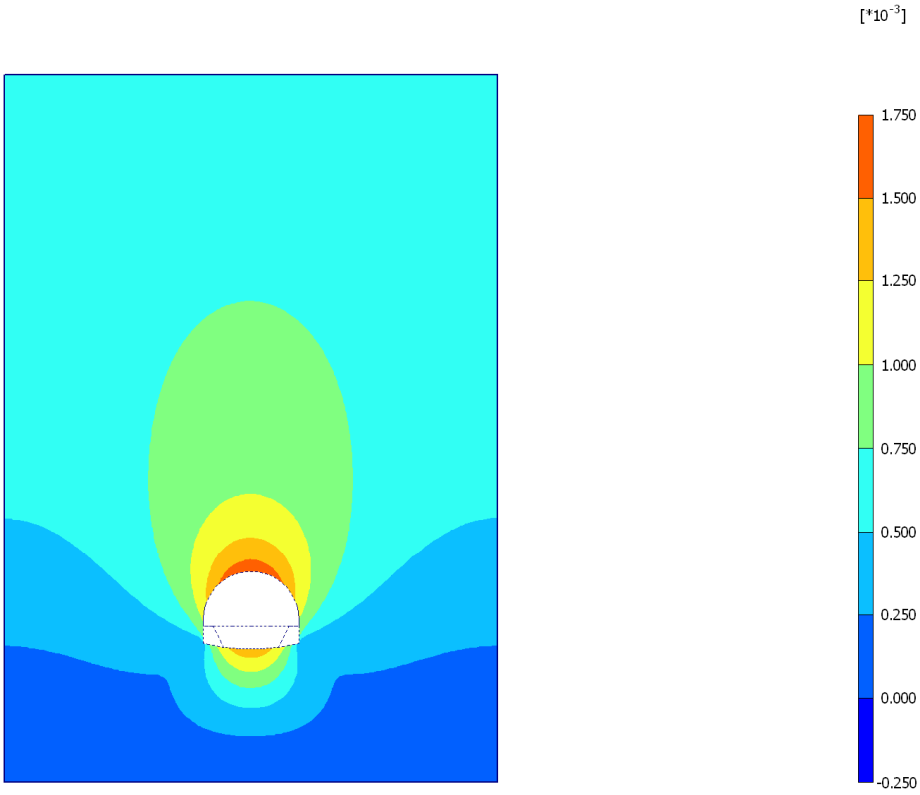


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 42 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

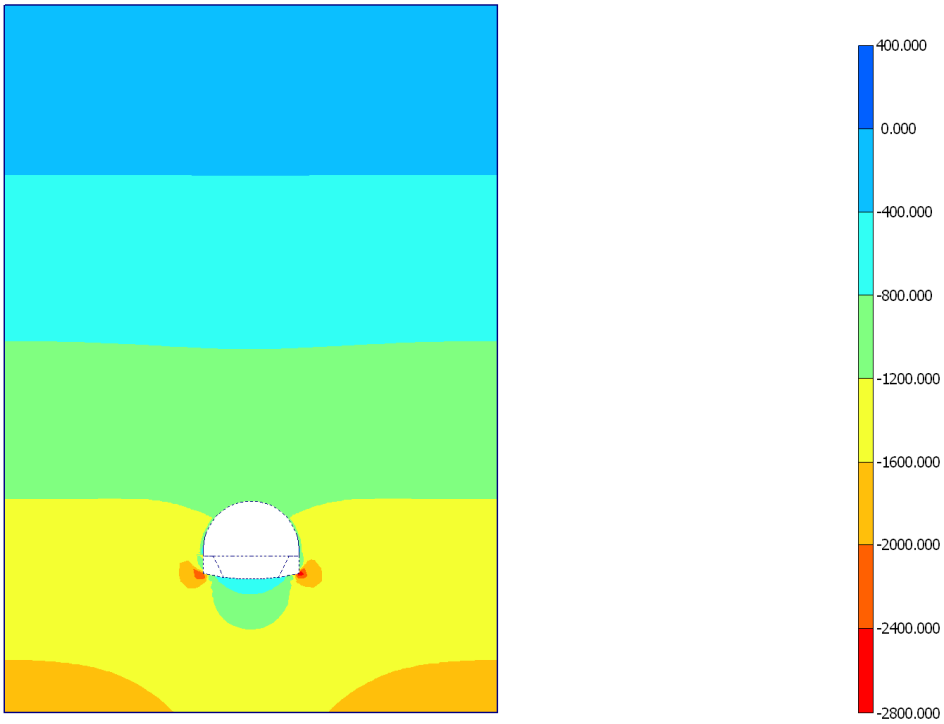


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 42 - (Phase: 6)

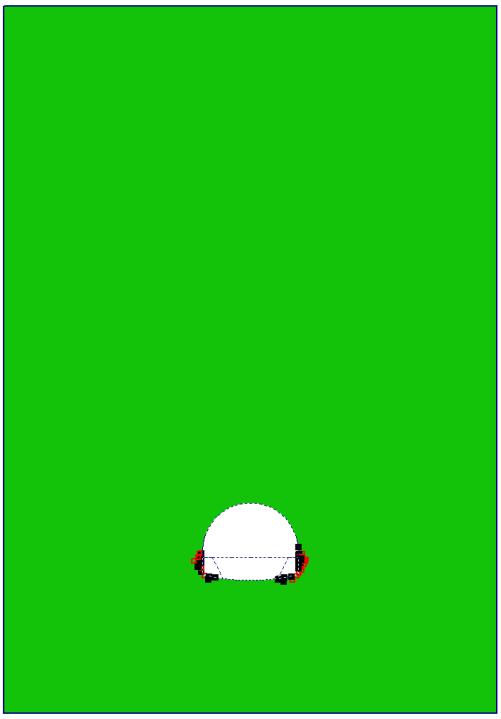
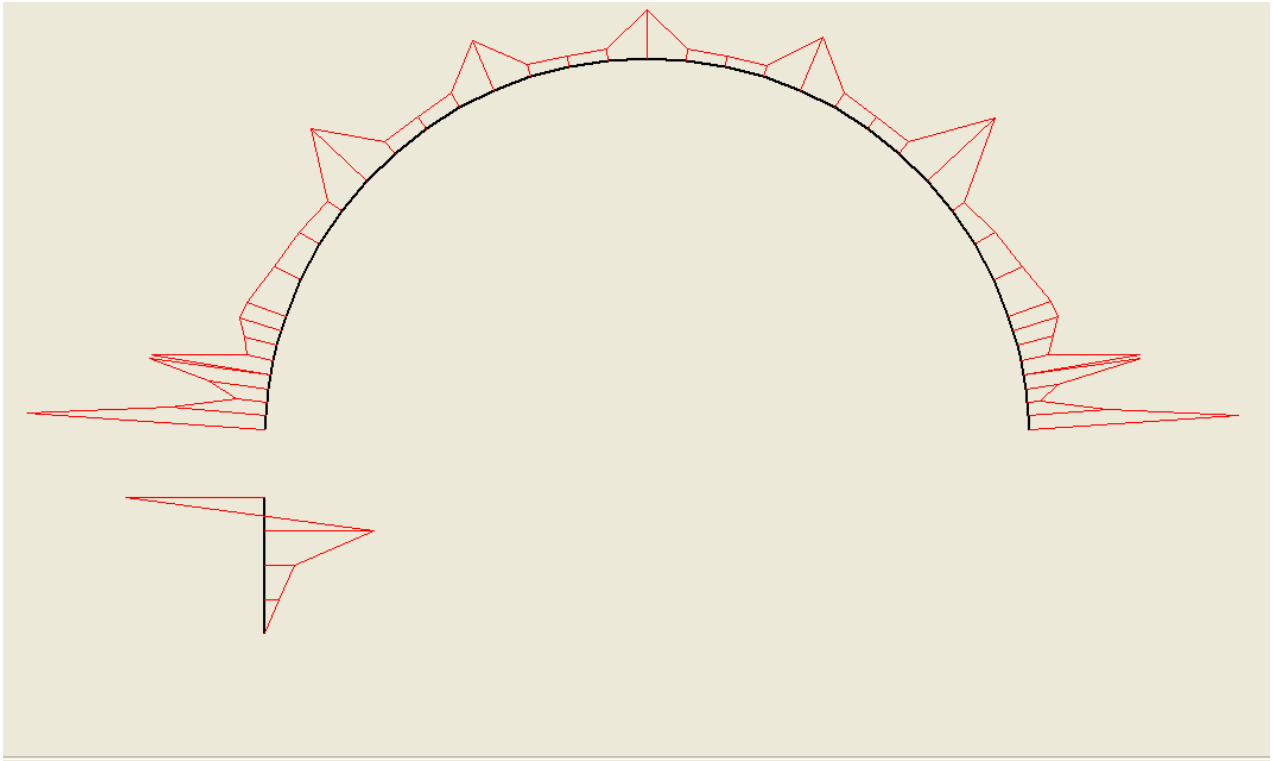


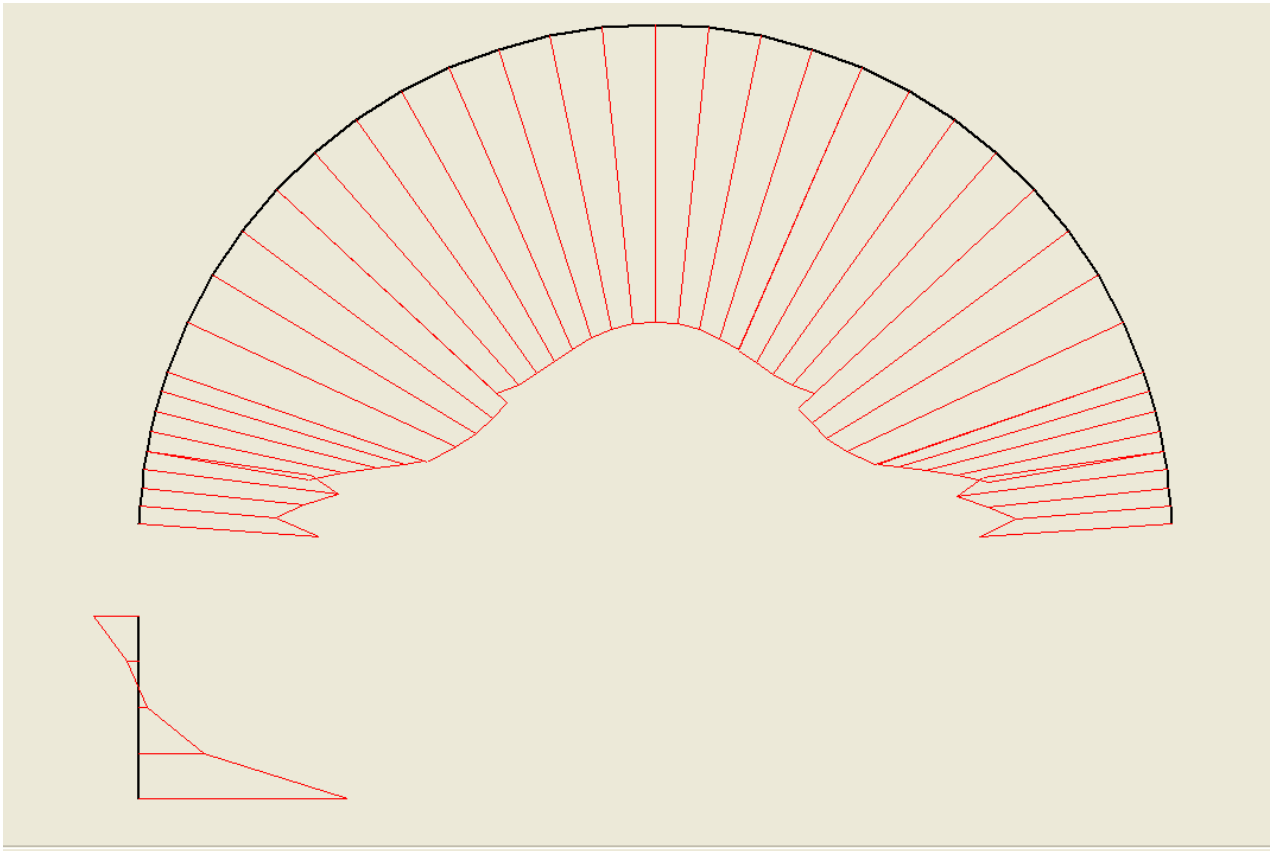
Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 42 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -441,78*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -123,31 kN/m

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1517	-8,800	2,682	10,059	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1859	-4,799	3,046						
2	1481	-8,350	6,112	5,528	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2149	-4,536	4,911						
3	2327	-6,510	9,262	4,598	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2401	-3,519	6,606						
4	2983	-3,560	11,392	4,542	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2809	-1,917	7,742						
5	4417	3,560	11,392	4,542	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3313	1,917	7,742						
6	4543	6,510	9,262	4,590	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3323	3,519	6,606						
7	4205	8,350	6,112	5,512	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3297	4,536	4,911						
8	4195	8,800	2,682	9,528	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	3261	4,799	3,046						
9	3571	0,000	12,142	4,575	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3193	0,000	8,142						

12.Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

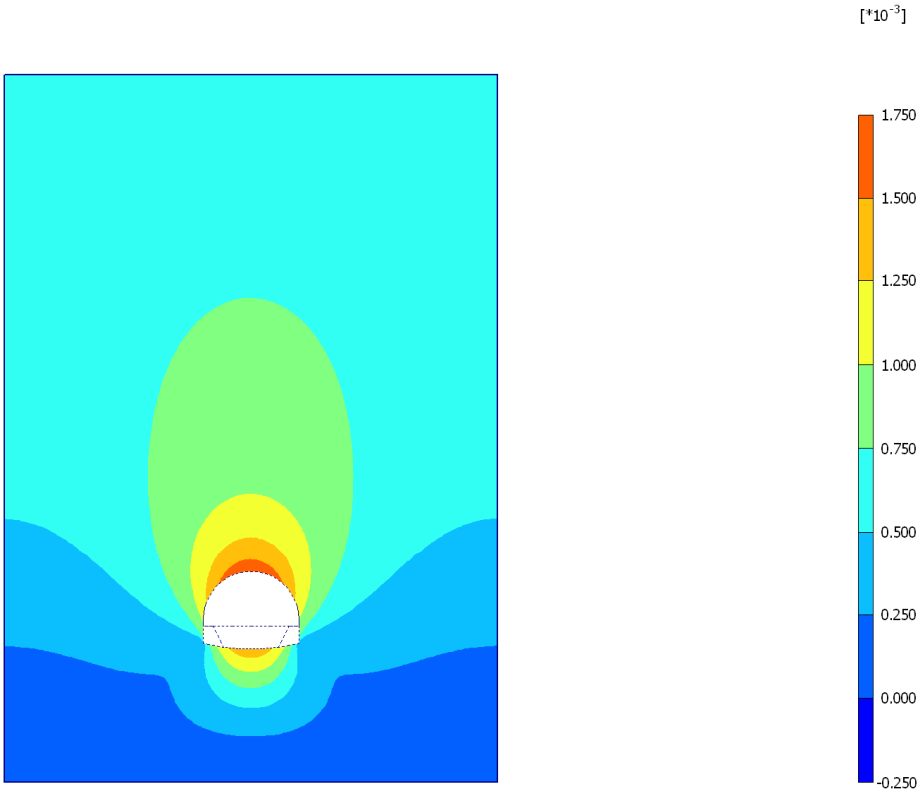


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 48 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

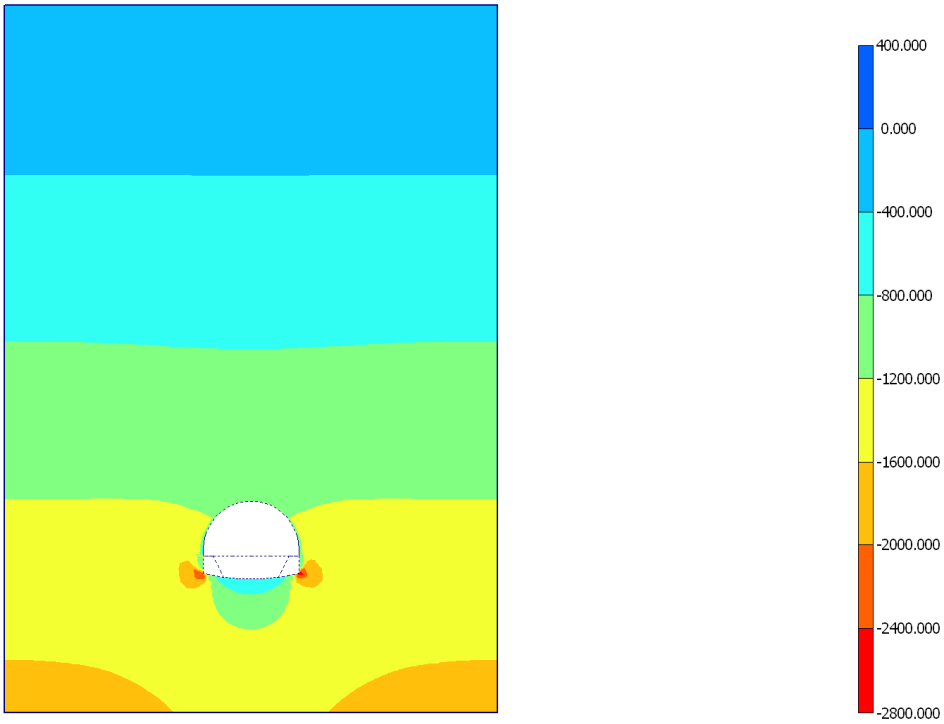


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 48 - (Phase: 7)

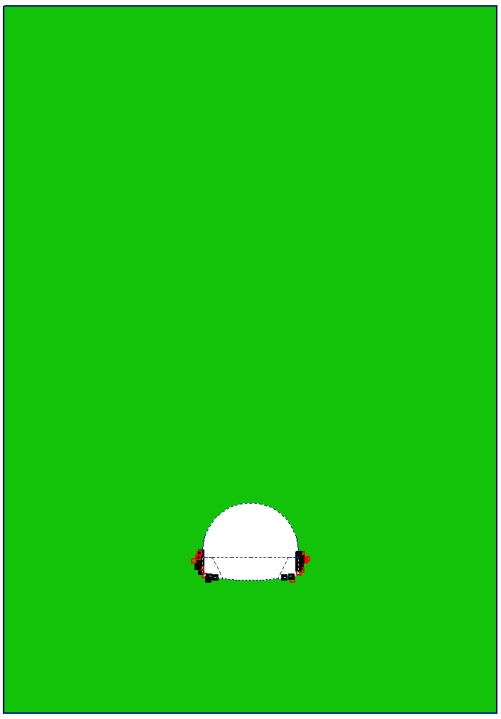
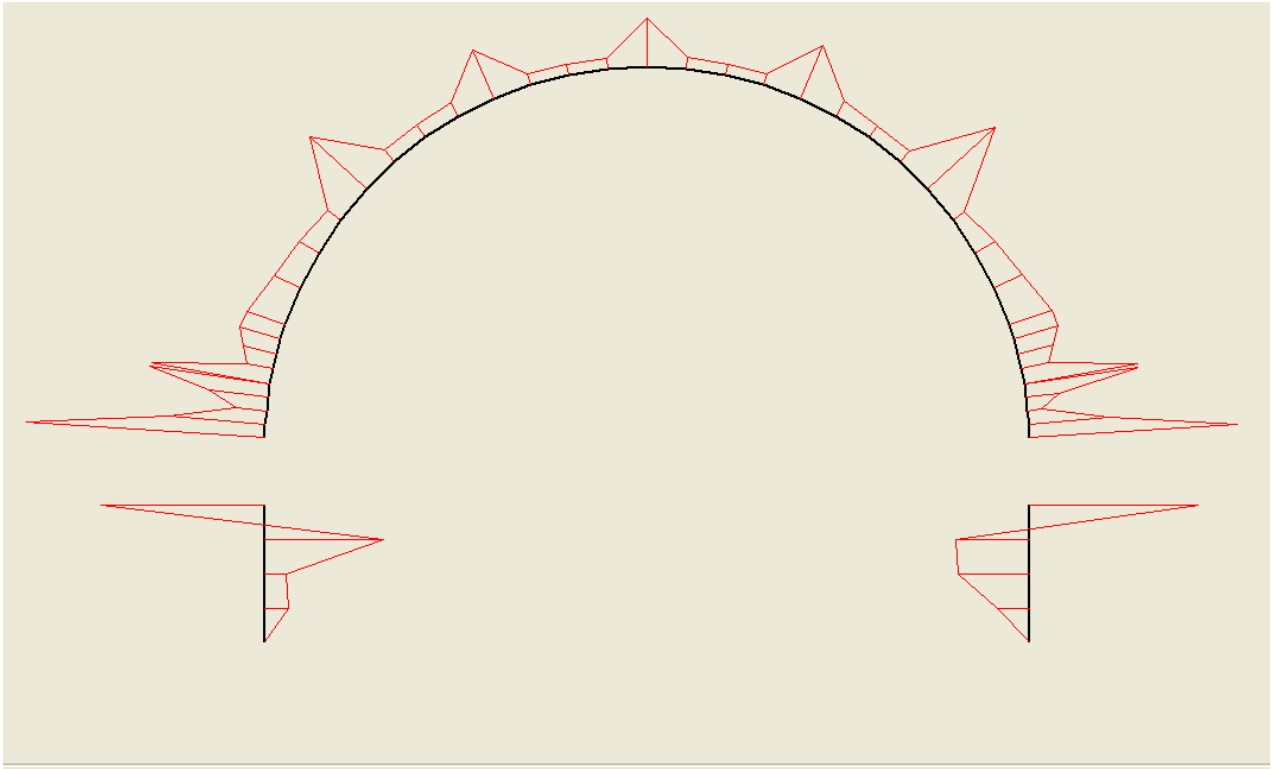


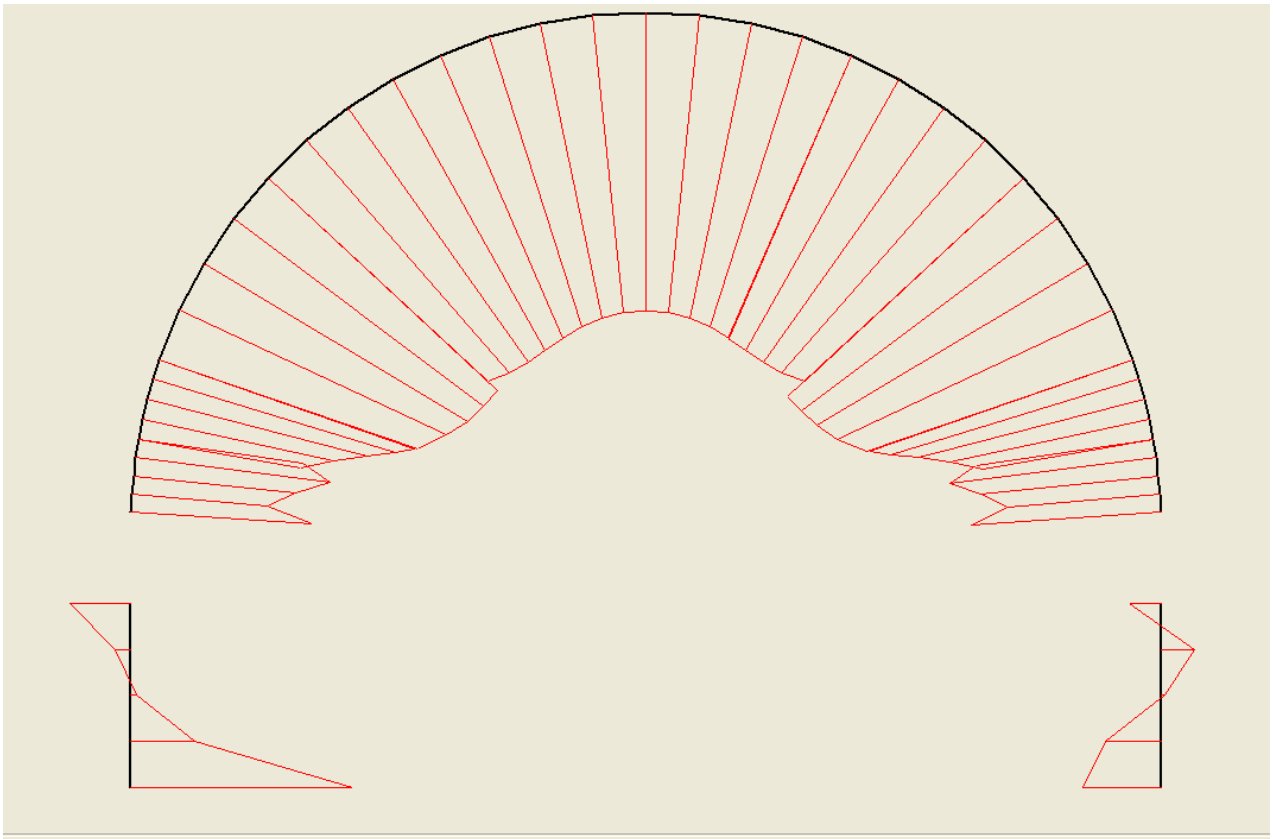
Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 48 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -442,98*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -123,03 kN/m

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1517	-8,800	2,682	10,089	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1859	-4,799	3,046						
2	1481	-8,350	6,112	5,532	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2149	-4,536	4,911						
3	2327	-6,510	9,262	4,600	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2401	-3,519	6,606						
4	2983	-3,560	11,392	4,544	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2809	-1,917	7,742						
5	4417	3,560	11,392	4,544	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3313	1,917	7,742						
6	4543	6,510	9,262	4,595	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3323	3,519	6,606						
7	4205	8,350	6,112	5,524	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3297	4,536	4,911						
8	4195	8,800	2,682	9,578	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	3261	4,799	3,046						
9	3571	0,000	12,142	4,577	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3193	0,000	8,142						

REPORT

04/23/2021

User: EPTISA

Title: ST-III, CU-2. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	58,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

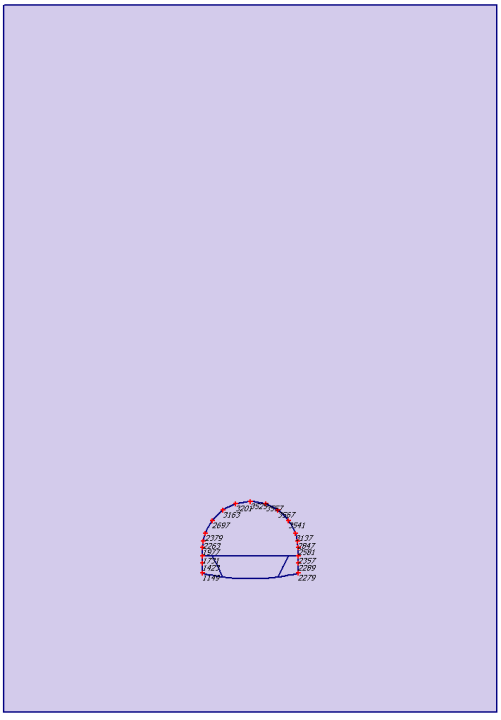


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

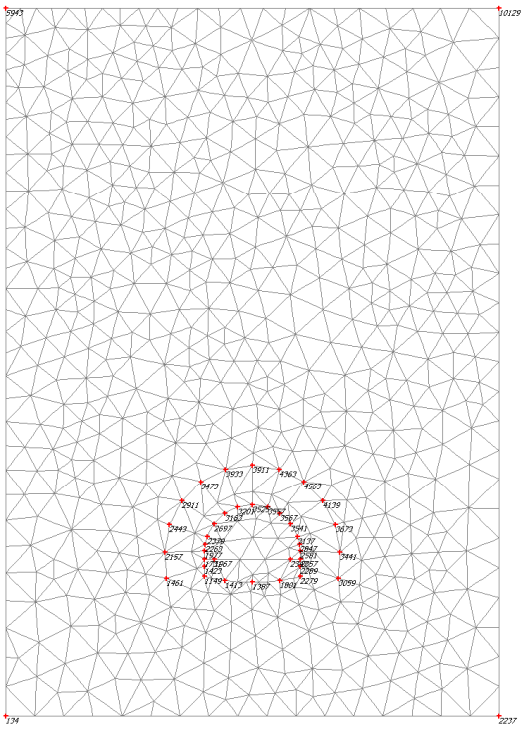


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

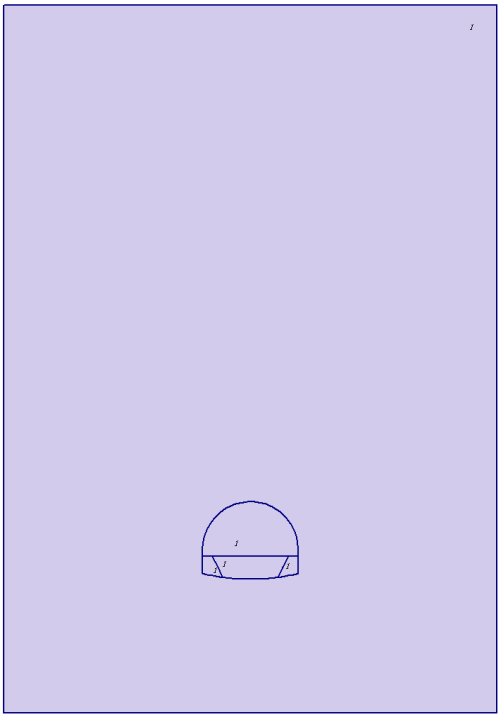


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Limolitas RMR_45**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	27,00
γ_{sat}	[kN/m³]	27,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	4000000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	1538461,538
E_{oed}	[kN/m²]	5384615,385
c_{ref}	[kN/m²]	290,00
φ	[°]	41,50
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	Gunita 0,12	1,74E6	2090,00	3,00	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,50

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	6
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	7	21
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	22	26
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	27	30
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	31	36
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	37	41

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

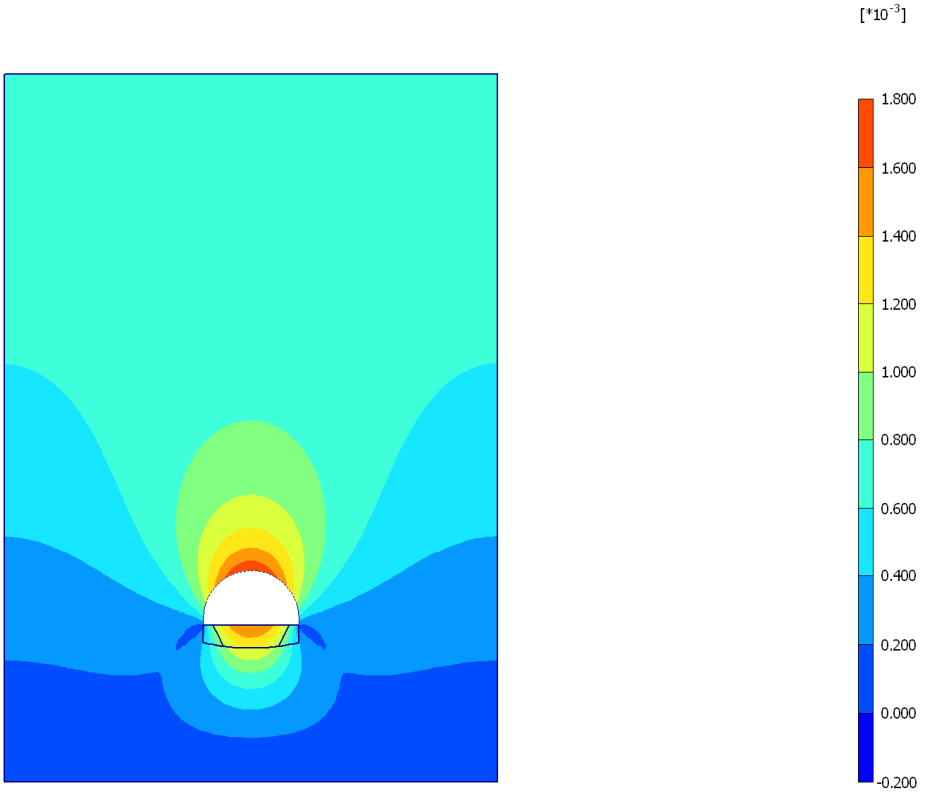


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

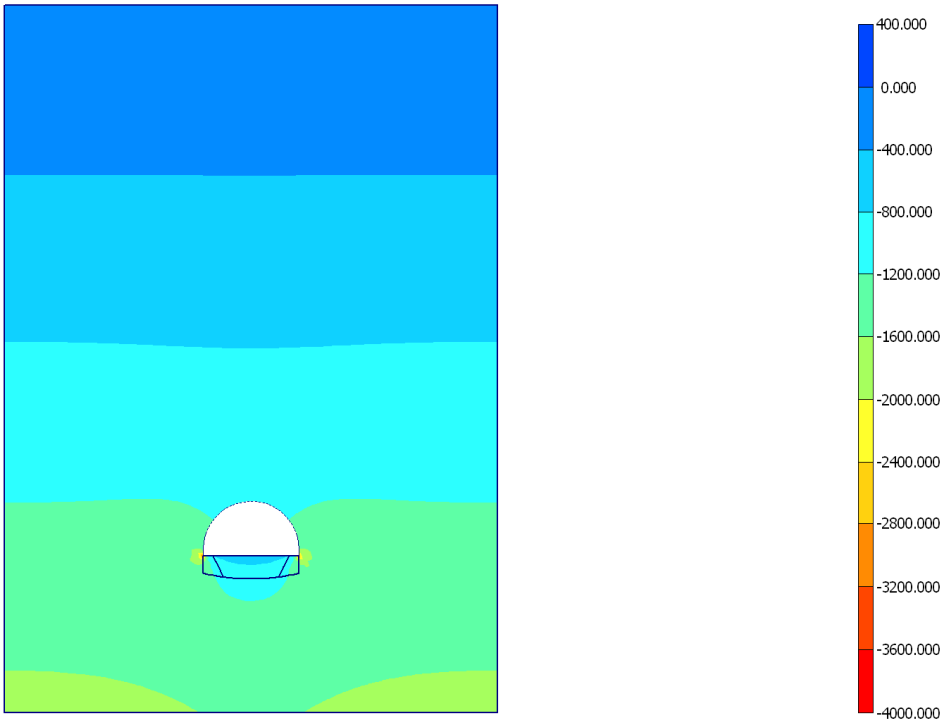


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

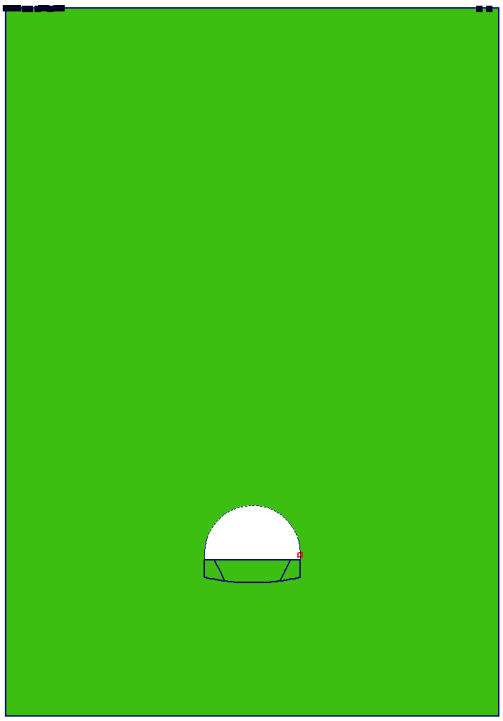


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1461	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1423	-4,799	1,992						
2	2157	-8,800	3,382	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1977	-4,799	3,492						
3	2443	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2379	-4,536	4,911						
4	2911	-7,090	8,552	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2697	-3,837	6,226						
5	3473	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3163	-2,777	7,257						
6	3933	-2,710	11,712	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	3201	-1,460	7,914						
7	4363	2,710	11,712	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3557	1,551	7,884						
8	4563	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3567	2,777	7,257						
9	4139	7,090	8,552	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3541	3,837	6,226						
10	3673	8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3137	4,536	4,911						
11	3441	8,800	3,382	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2581	4,799	3,492						
12	3059	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2289	4,799	1,982						
13	3911	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3525	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

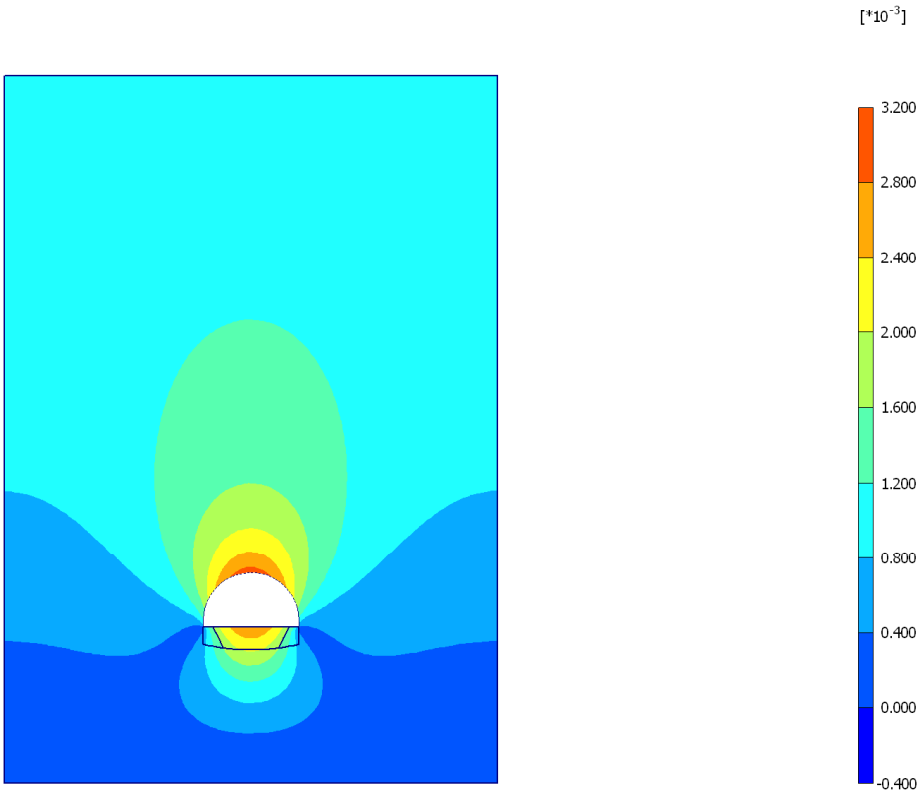


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 6 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

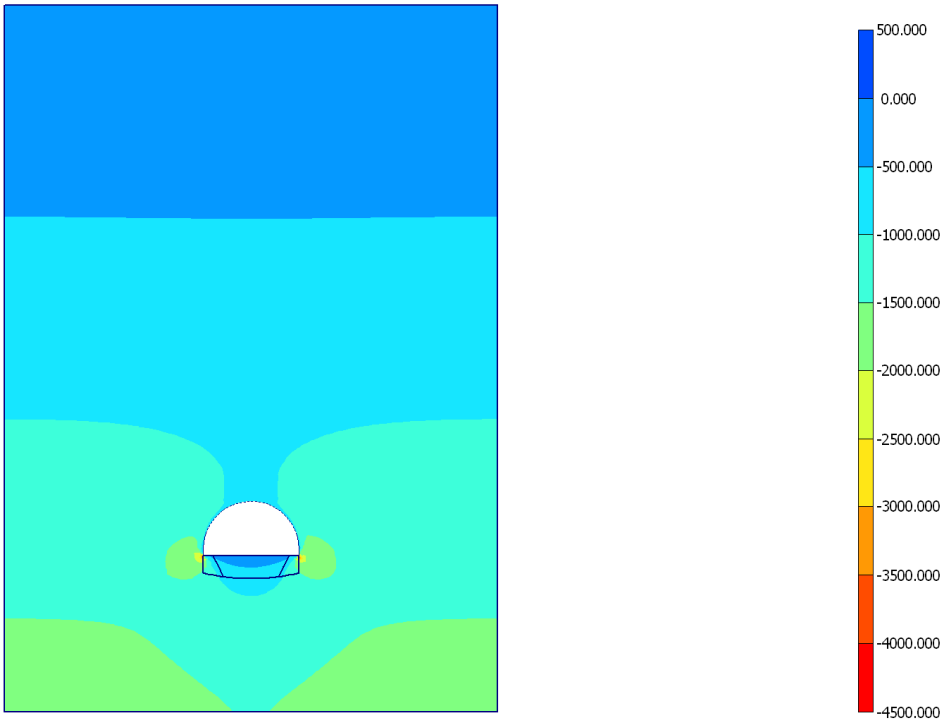


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 6 - (Phase: 2)

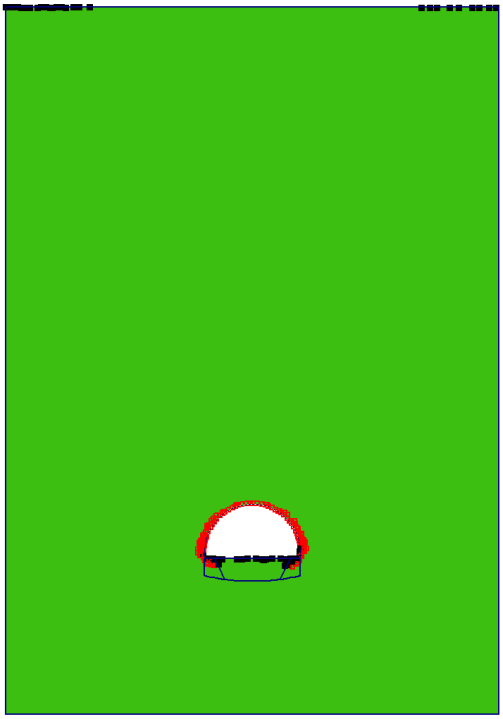


Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 6 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

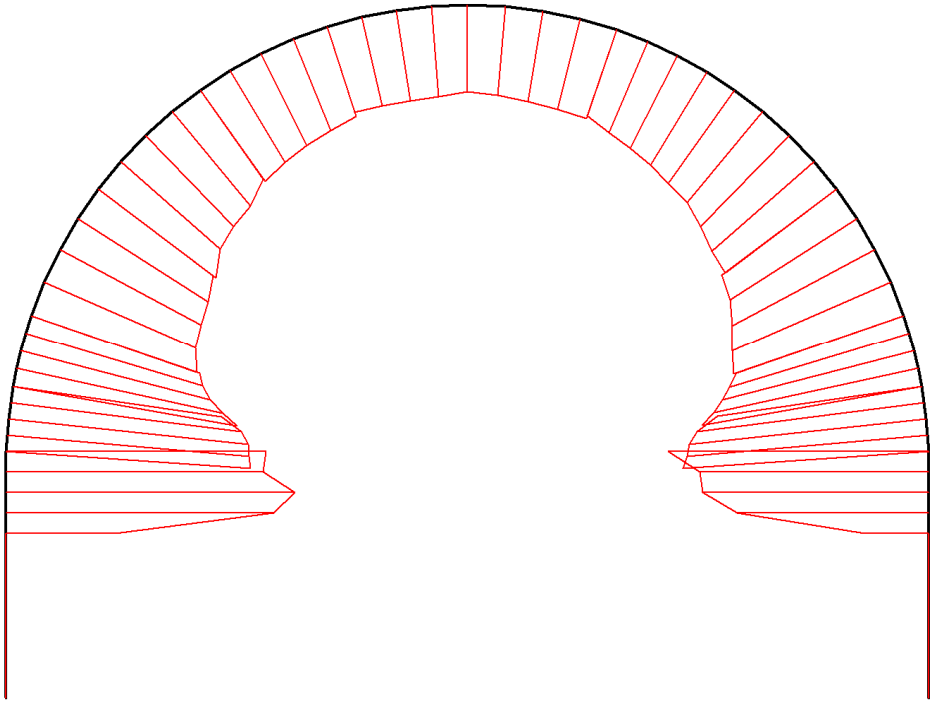


Fig. 10 Axial forces in beam
Extreme value -568,34 kN/m (Phase: 2)

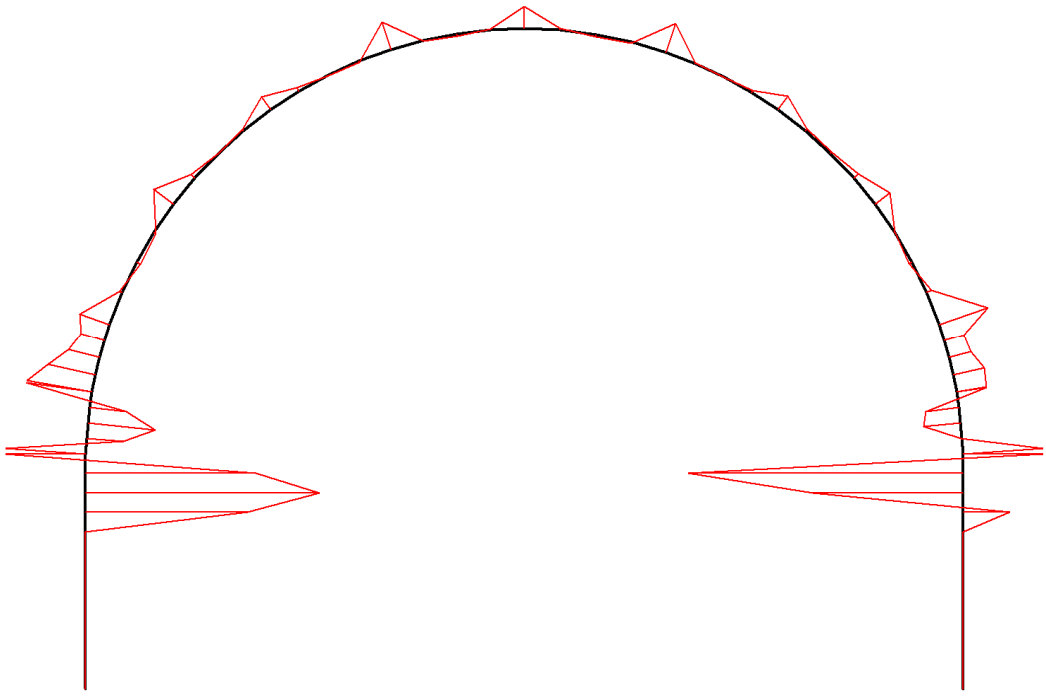


Fig. 11 Bending moments in beam
Extreme value 4,30 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1461	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1423	-4,799	1,992						
2	2157	-8,800	3,382	11,393	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1977	-4,799	3,492						
3	2443	-8,350	6,112	8,910	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2379	-4,536	4,911						
4	2911	-7,090	8,552	8,995	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2697	-3,837	6,226						
5	3473	-5,150	10,482	8,940	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3163	-2,777	7,257						
6	3933	-2,710	11,712	8,977	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	3201	-1,460	7,914						
7	4363	2,710	11,712	8,966	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3557	1,551	7,884						
8	4563	5,150	10,482	8,961	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3567	2,777	7,257						
9	4139	7,090	8,552	9,016	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3541	3,837	6,226						
10	3673	8,350	6,112	9,062	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3137	4,536	4,911						
11	3441	8,800	3,382	11,670	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2581	4,799	3,492						
12	3059	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2289	4,799	1,982						
13	3911	0,000	12,142	9,057	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3525	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

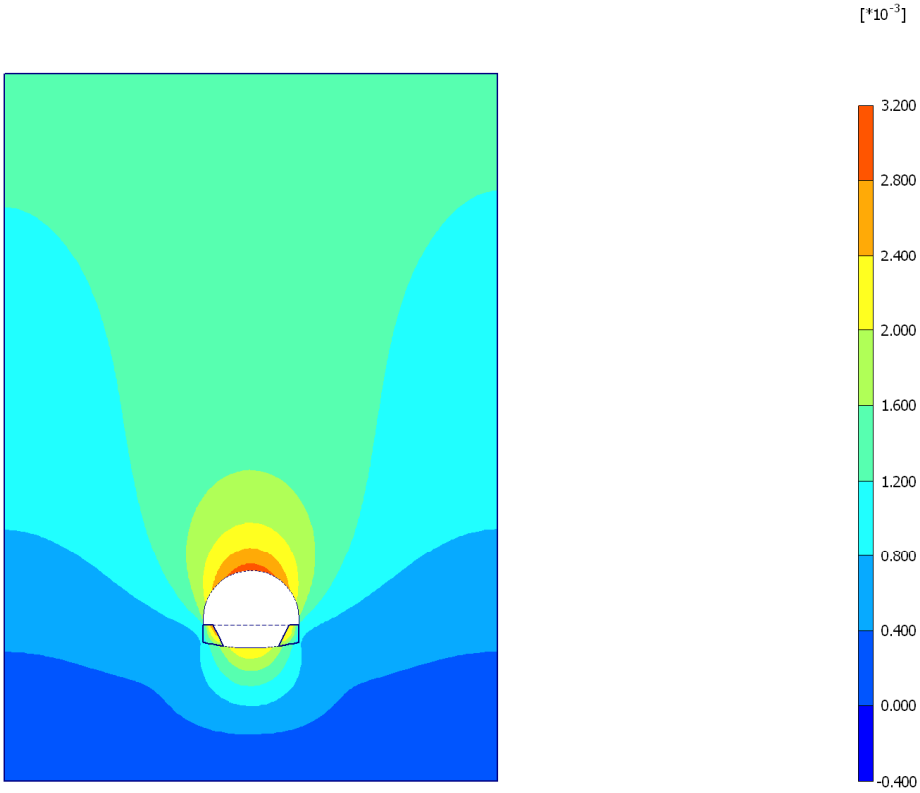


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 21 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

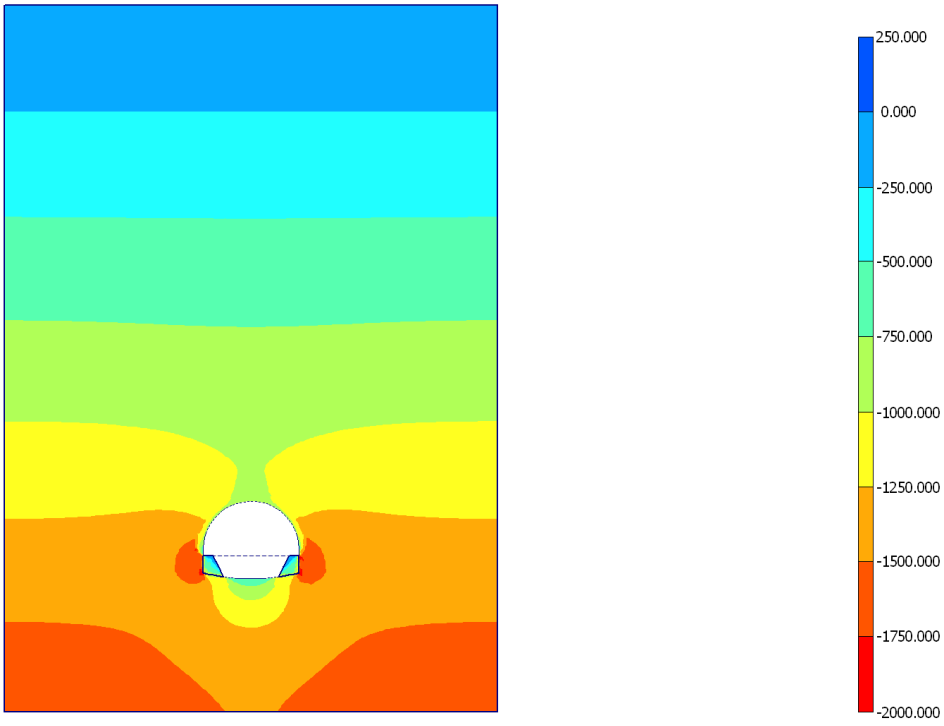


Fig. 13 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 21 - (Phase: 3)

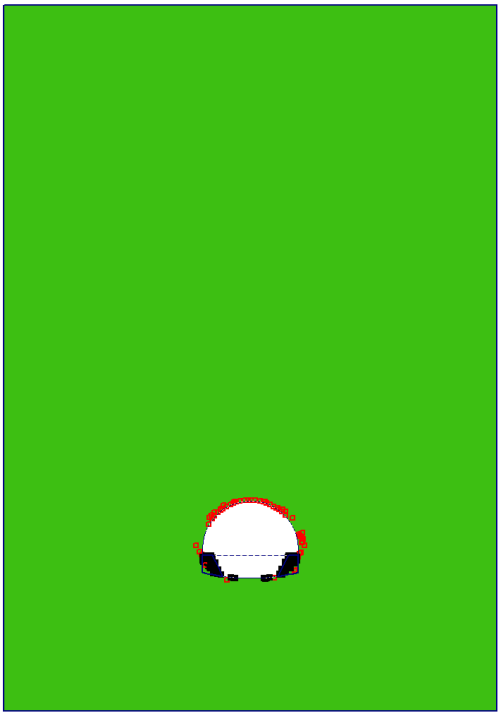


Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 21 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

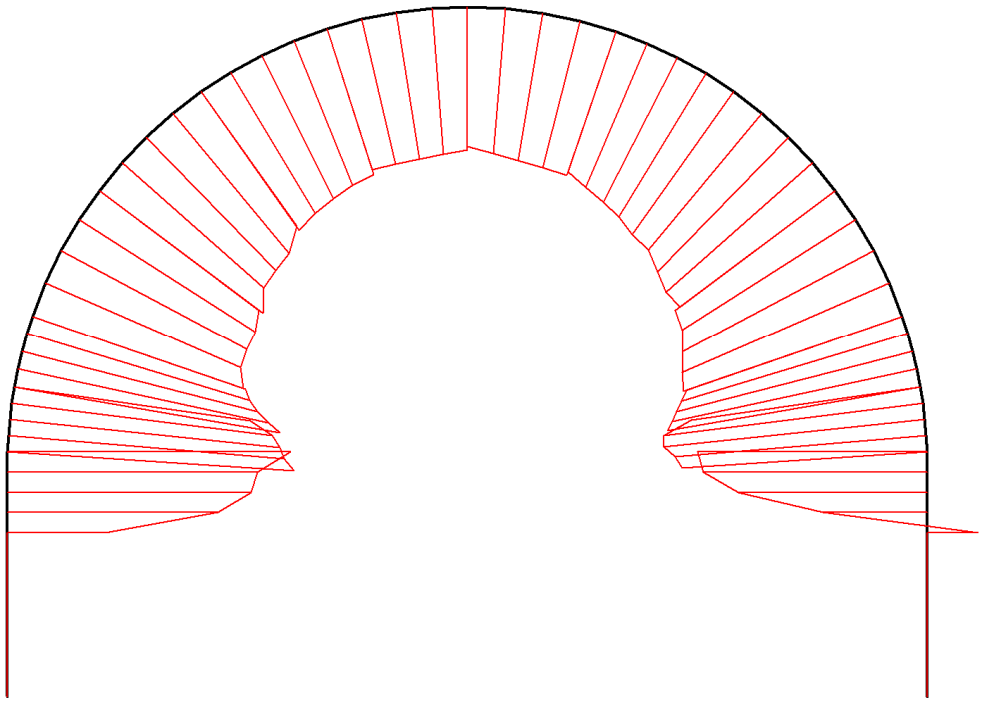


Fig. 15 Axial forces in beam
Extreme value -451,72 kN/m (Phase: 3)

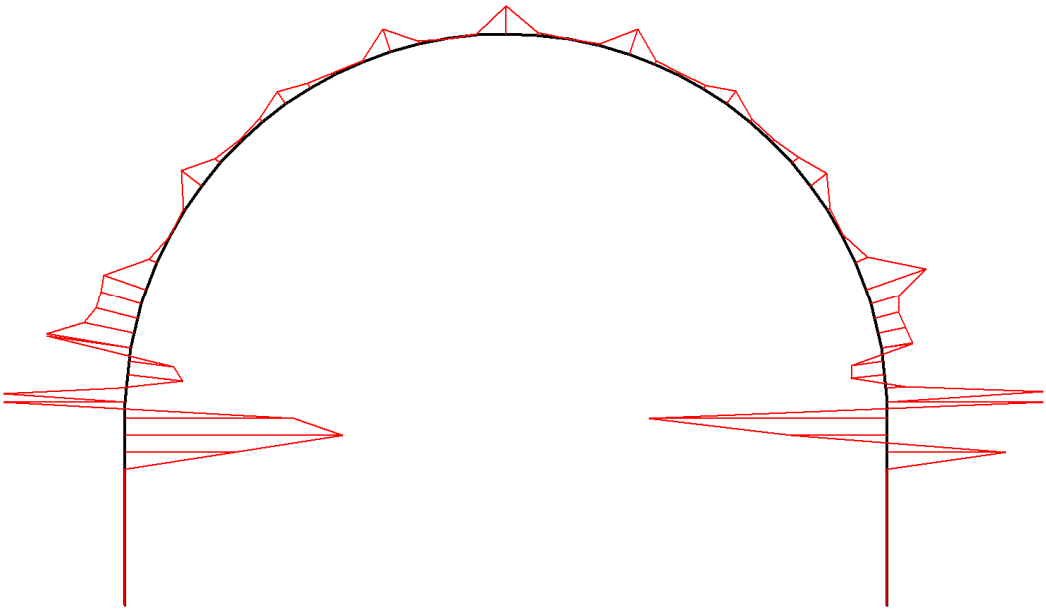


Fig. 16 Bending moments in beam
Extreme value 4,09 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1461	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1423	-4,799	1,992						
2	2157	-8,800	3,382	17,697	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1977	-4,799	3,492						
3	2443	-8,350	6,112	10,542	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2379	-4,536	4,911						
4	2911	-7,090	8,552	9,655	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2697	-3,837	6,226						
5	3473	-5,150	10,482	9,232	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3163	-2,777	7,257						
6	3933	-2,710	11,712	9,154	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	3201	-1,460	7,914						
7	4363	2,710	11,712	9,139	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3557	1,551	7,884						
8	4563	5,150	10,482	9,255	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3567	2,777	7,257						
9	4139	7,090	8,552	9,625	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3541	3,837	6,226						
10	3673	8,350	6,112	10,760	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3137	4,536	4,911						
11	3441	8,800	3,382	16,923	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2581	4,799	3,492						
12	3059	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2289	4,799	1,982						
13	3911	0,000	12,142	9,133	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3525	0,000	8,142						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

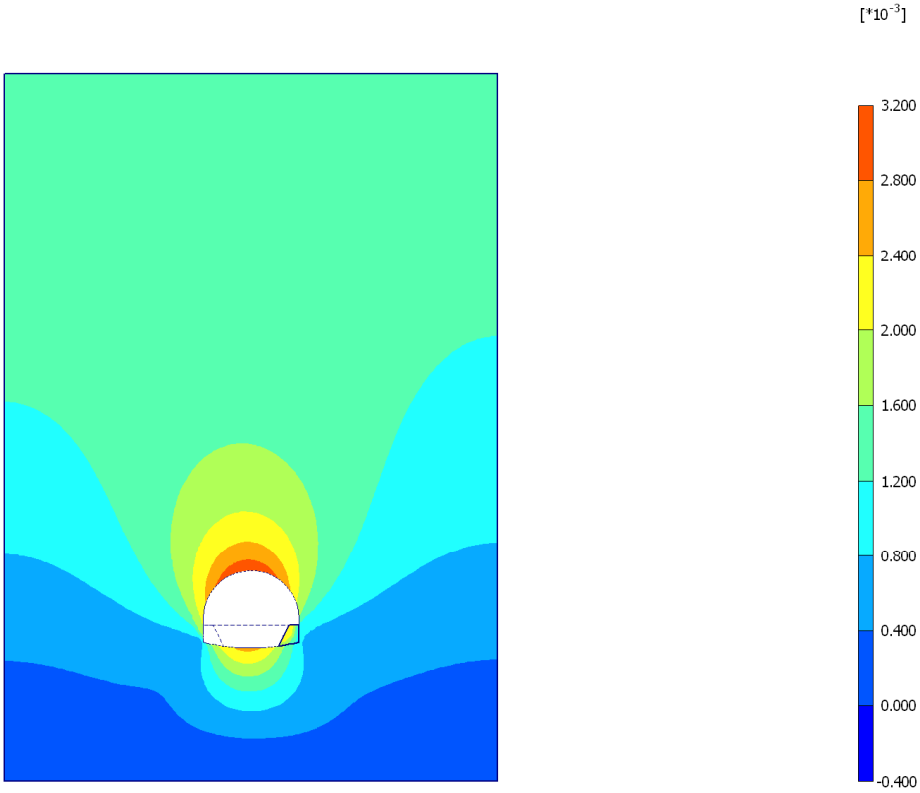


Fig. 17 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 26 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

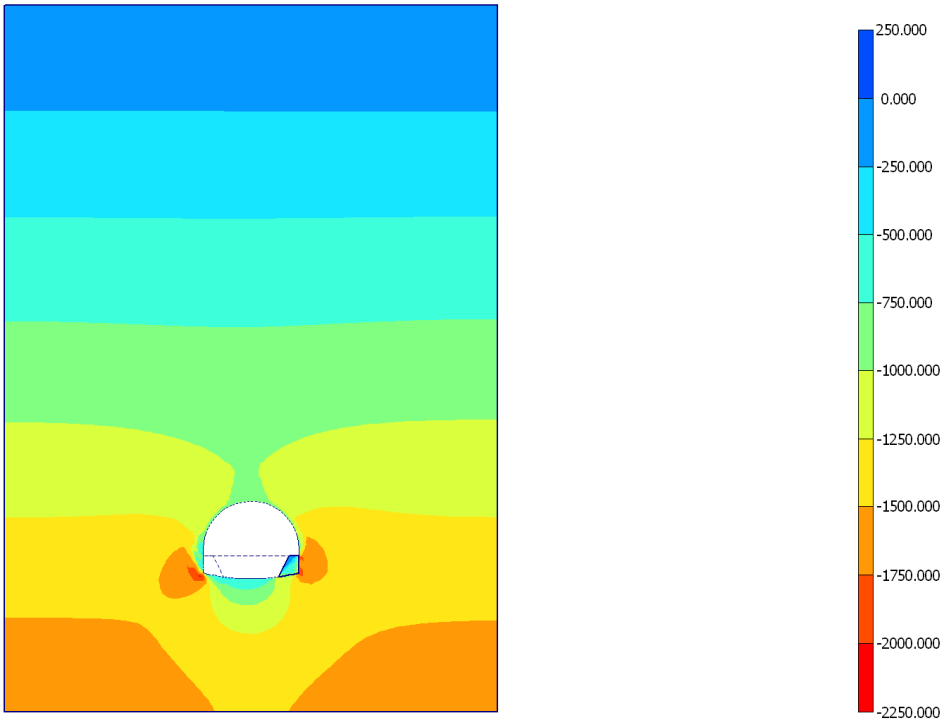


Fig. 18 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 26 - (Phase: 4)

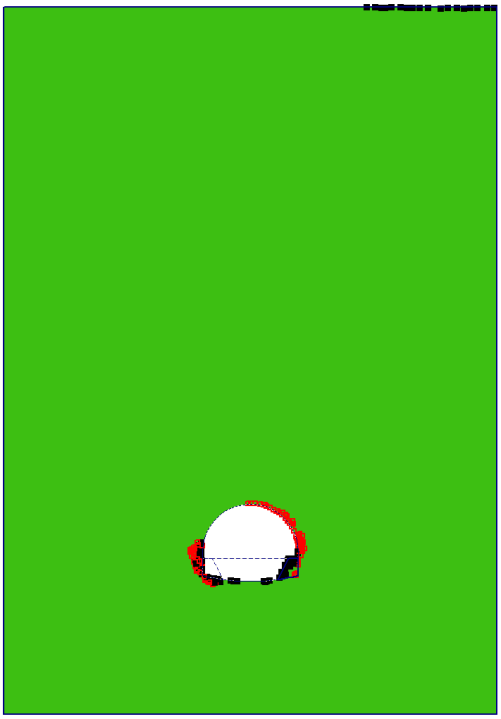


Fig. 19 Plot of plastic points
- Step no: 26 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

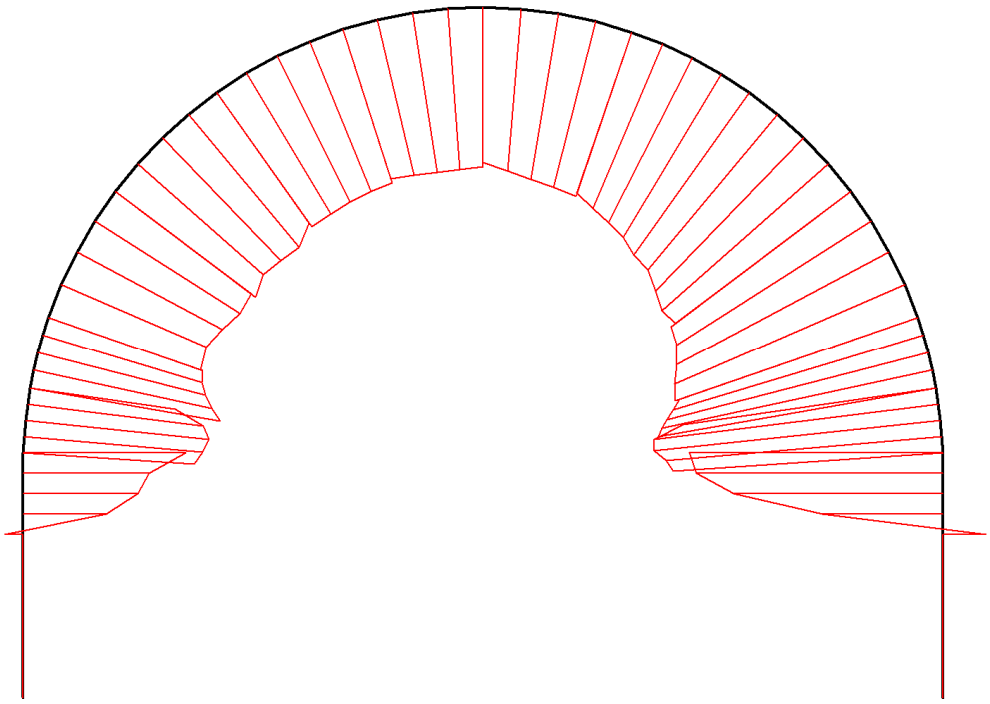


Fig. 20 Axial forces in beam
Extreme value -434,10 kN/m (Phase: 4)

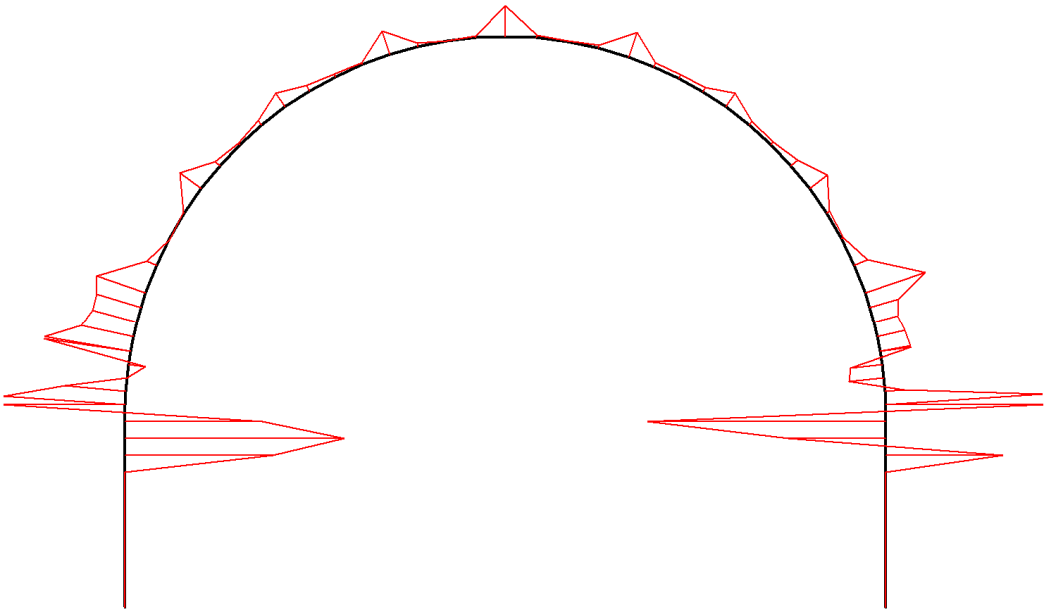


Fig. 21 Bending moments in beam
Extreme value 4,12 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1461	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1423	-4,799	1,992						
2	2157	-8,800	3,382	24,164	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1977	-4,799	3,492						
3	2443	-8,350	6,112	12,360	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2379	-4,536	4,911						
4	2911	-7,090	8,552	10,518	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2697	-3,837	6,226						
5	3473	-5,150	10,482	9,678	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3163	-2,777	7,257						
6	3933	-2,710	11,712	9,393	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	3201	-1,460	7,914						
7	4363	2,710	11,712	9,240	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3557	1,551	7,884						
8	4563	5,150	10,482	9,356	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3567	2,777	7,257						
9	4139	7,090	8,552	9,709	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3541	3,837	6,226						
10	3673	8,350	6,112	10,834	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3137	4,536	4,911						
11	3441	8,800	3,382	17,010	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2581	4,799	3,492						
12	3059	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2289	4,799	1,982						
13	3911	0,000	12,142	9,271	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3525	0,000	8,142						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

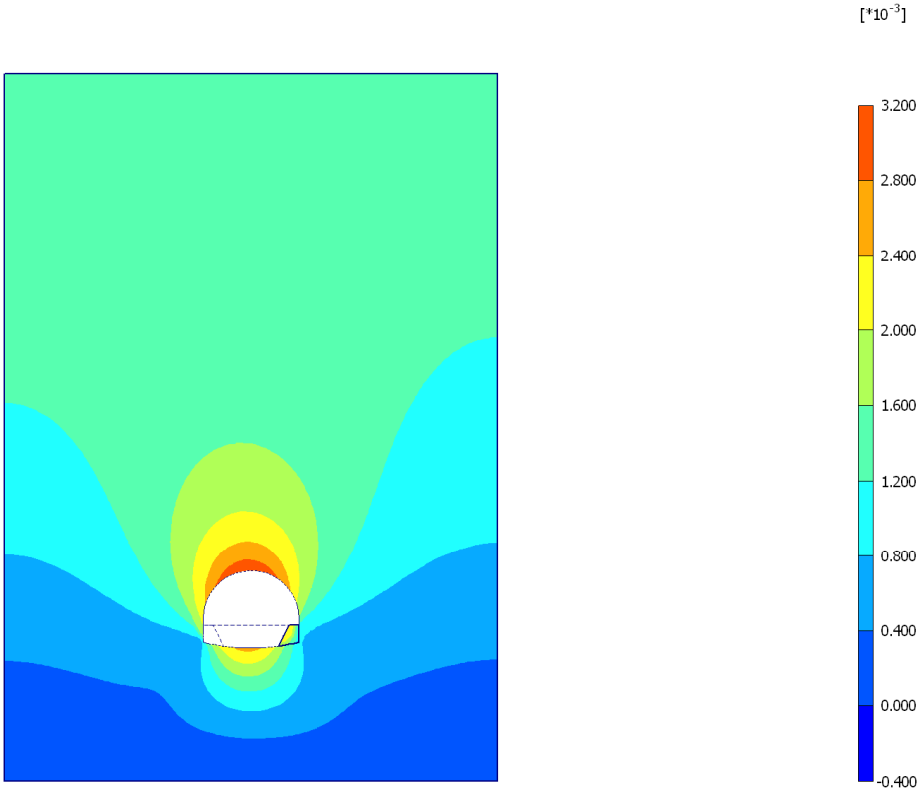


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

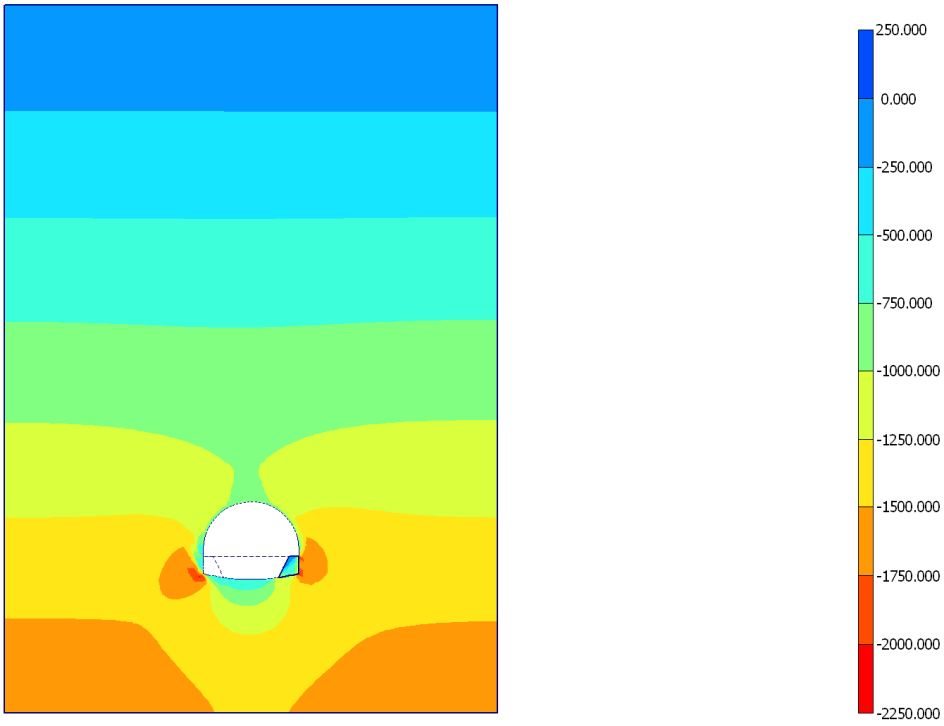


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 5)

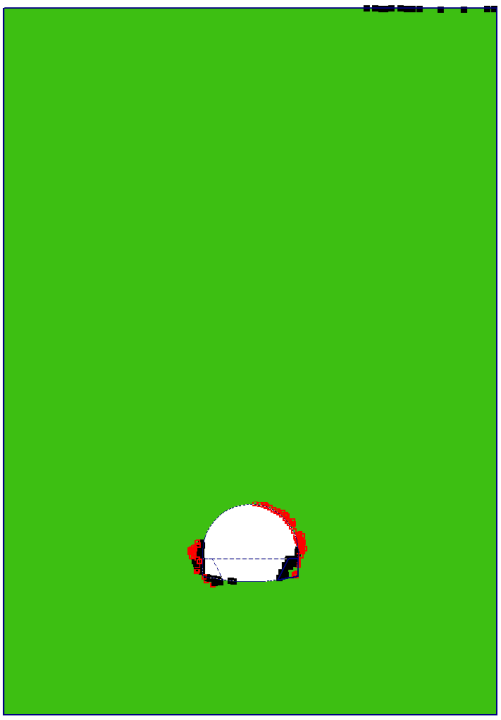


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 30 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

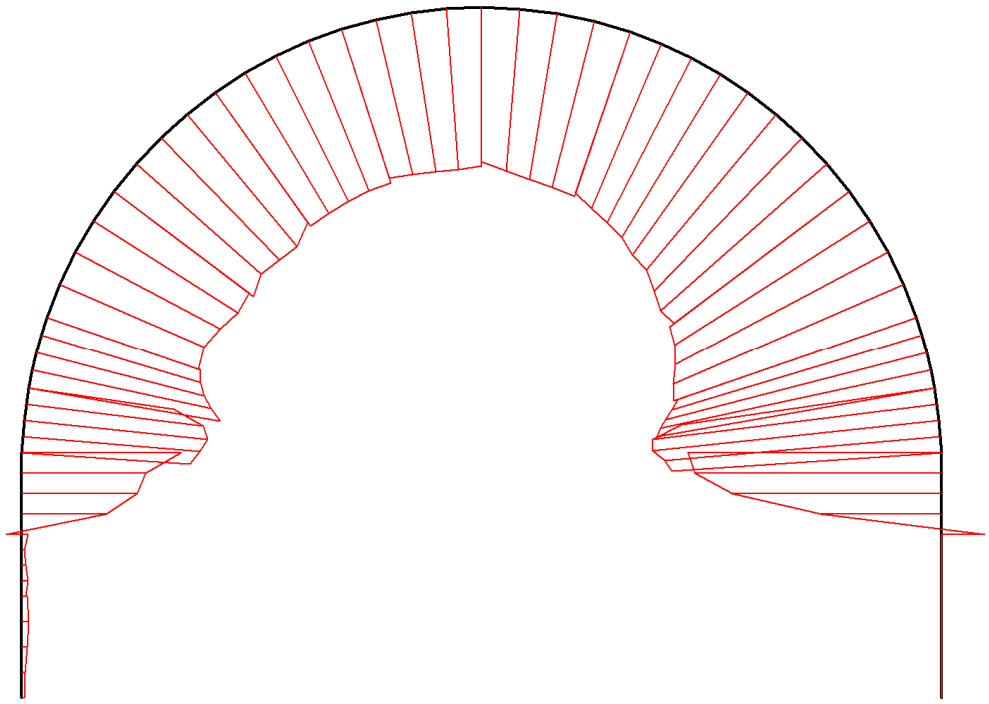


Fig. 25 Axial forces in beam
Extreme value -434,26 kN/m (Phase: 5)

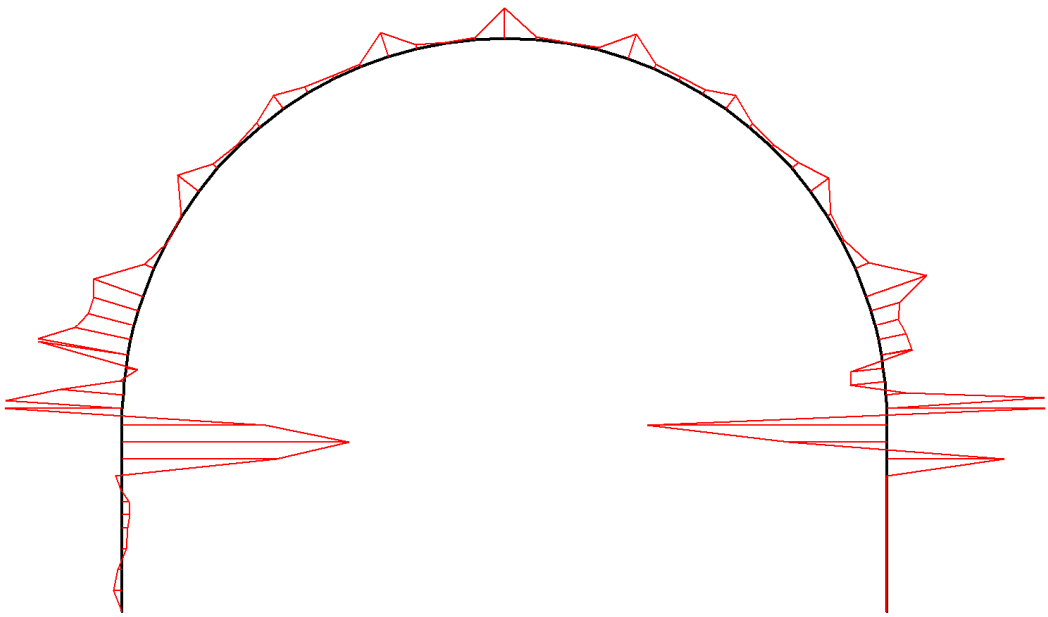


Fig. 26 Bending moments in beam
Extreme value 4,13 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1461	-8,617	0,789	0,498	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1423	-4,799	1,992						
2	2157	-8,800	3,382	24,659	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1977	-4,799	3,492						
3	2443	-8,350	6,112	12,370	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2379	-4,536	4,911						
4	2911	-7,090	8,552	10,528	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2697	-3,837	6,226						
5	3473	-5,150	10,482	9,686	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3163	-2,777	7,257						
6	3933	-2,710	11,712	9,398	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	3201	-1,460	7,914						
7	4363	2,710	11,712	9,242	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3557	1,551	7,884						
8	4563	5,150	10,482	9,358	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3567	2,777	7,257						
9	4139	7,090	8,552	9,711	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3541	3,837	6,226						
10	3673	8,350	6,112	10,837	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3137	4,536	4,911						
11	3441	8,800	3,382	17,017	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2581	4,799	3,492						
12	3059	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2289	4,799	1,982						
13	3911	0,000	12,142	9,274	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3525	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

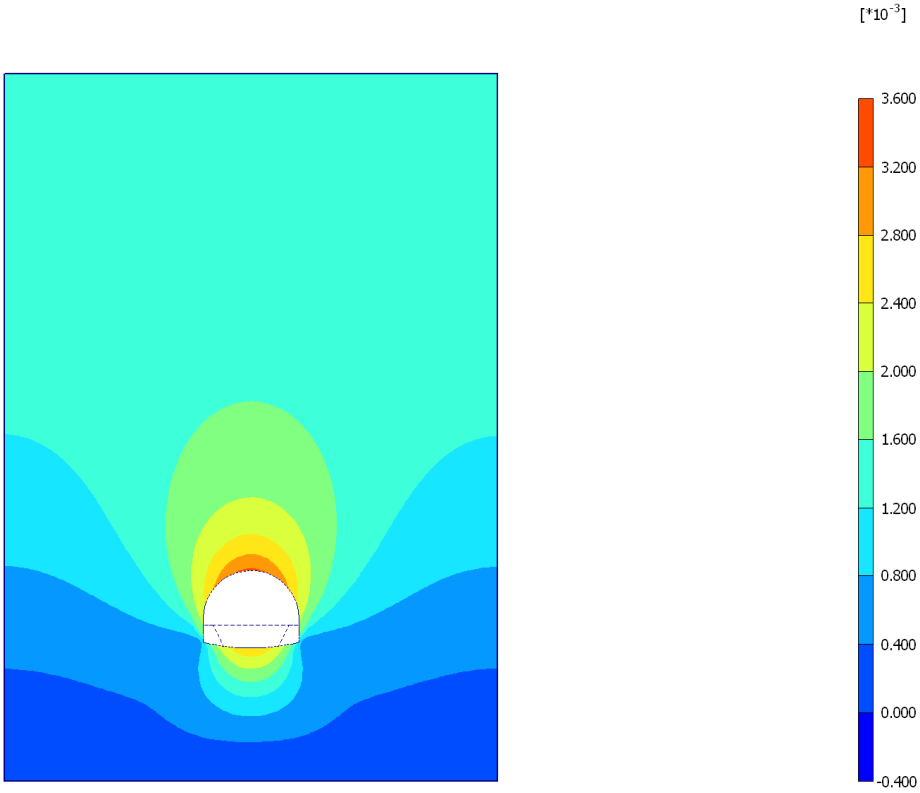


Fig. 27 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

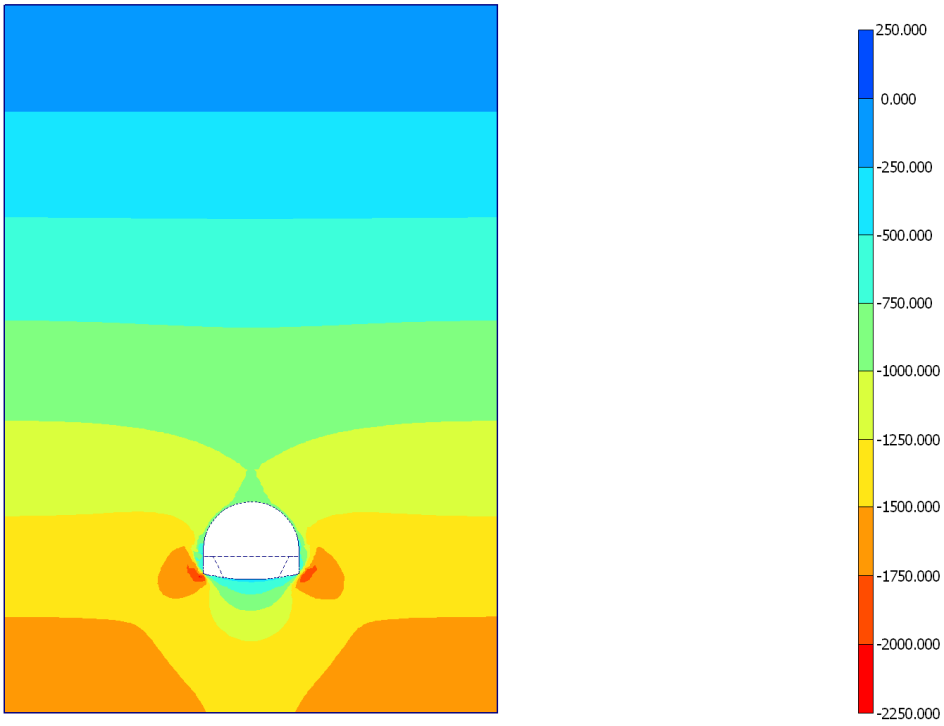


Fig. 28 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 6)

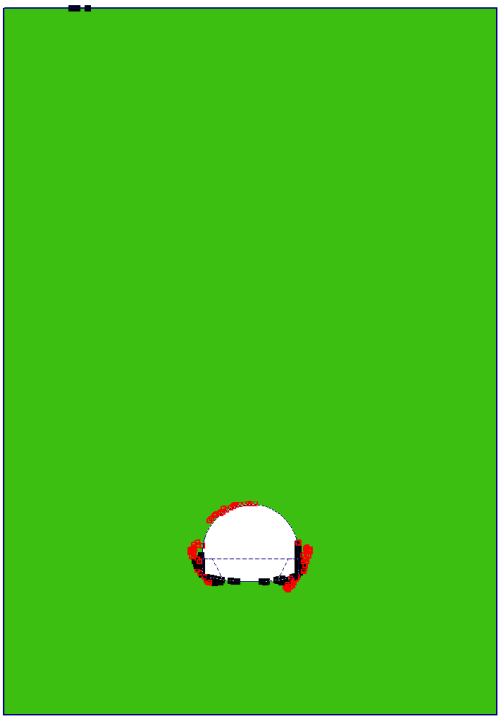


Fig. 29 Plot of plastic points
- Step no: 36 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

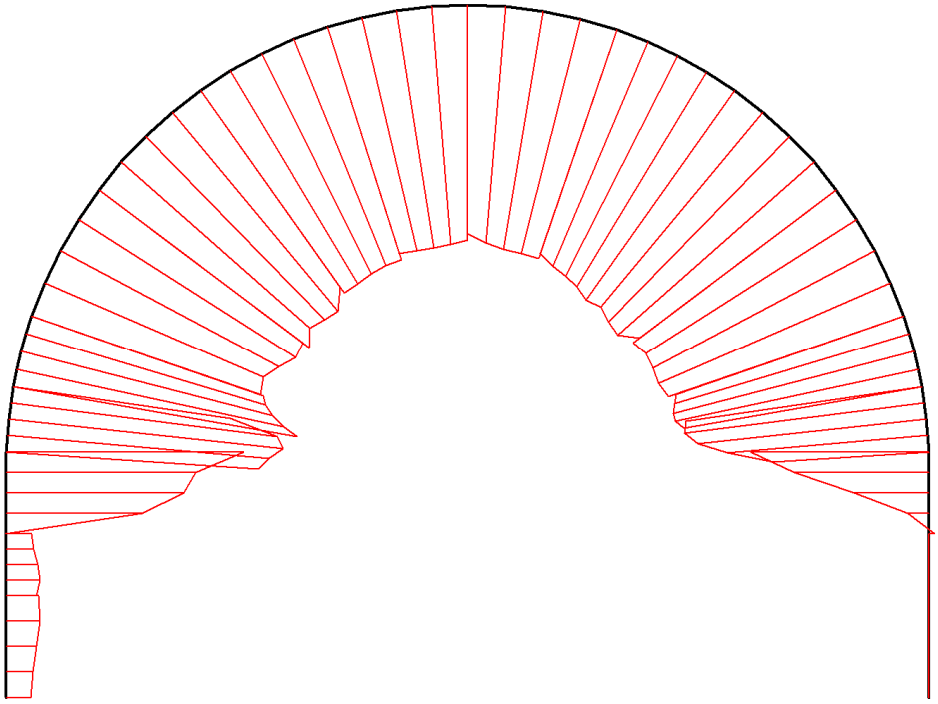


Fig. 30 Axial forces in beam
Extreme value -317,04 kN/m (Phase: 6)

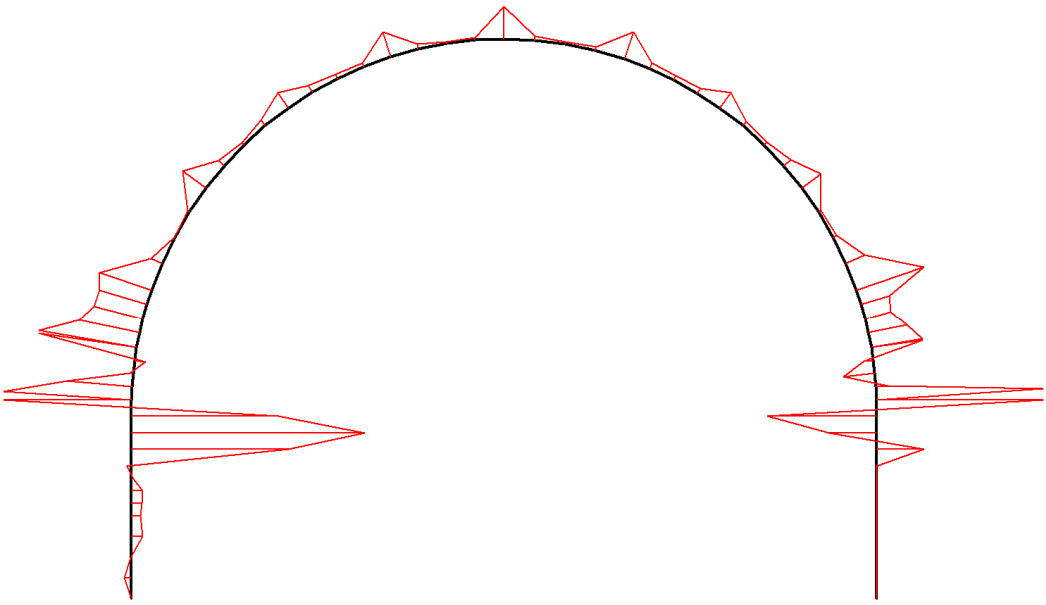


Fig. 31 Bending moments in beam
Extreme value 3,87 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1461	-8,617	0,789	1,163	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1423	-4,799	1,992						
2	2157	-8,800	3,382	24,868	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1977	-4,799	3,492						
3	2443	-8,350	6,112	12,446	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2379	-4,536	4,911						
4	2911	-7,090	8,552	10,598	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2697	-3,837	6,226						
5	3473	-5,150	10,482	9,768	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3163	-2,777	7,257						
6	3933	-2,710	11,712	9,517	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	3201	-1,460	7,914						
7	4363	2,710	11,712	9,556	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3557	1,551	7,884						
8	4563	5,150	10,482	9,847	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3567	2,777	7,257						
9	4139	7,090	8,552	10,660	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3541	3,837	6,226						
10	3673	8,350	6,112	12,936	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3137	4,536	4,911						
11	3441	8,800	3,382	23,525	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2581	4,799	3,492						
12	3059	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2289	4,799	1,982						
13	3911	0,000	12,142	9,434	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3525	0,000	8,142						

12.Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

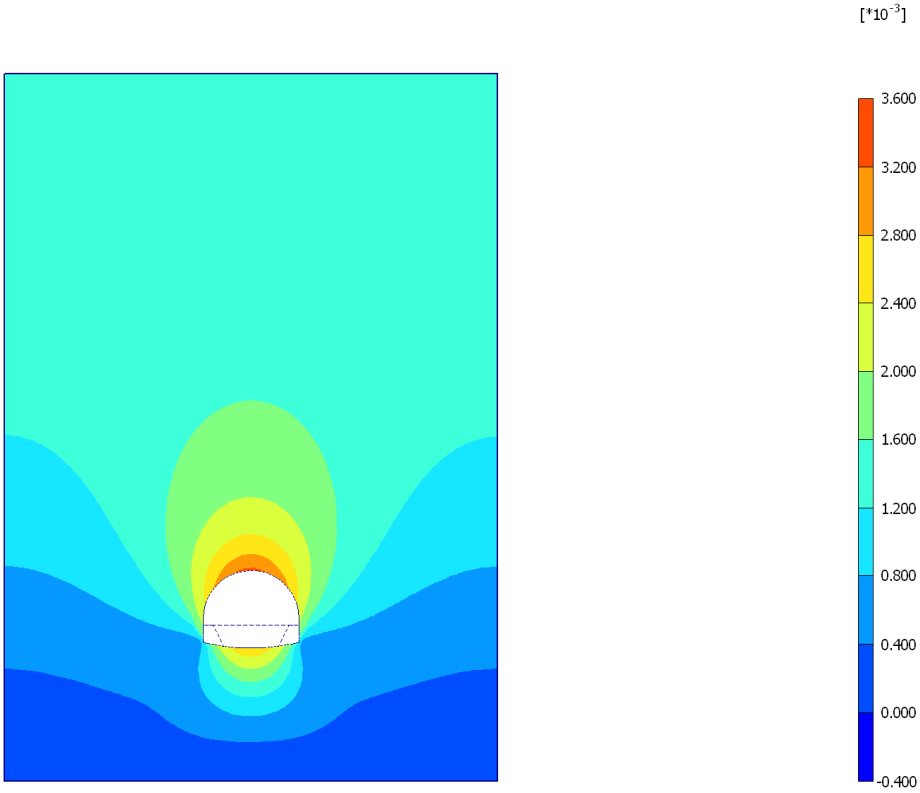


Fig. 32 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 41 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

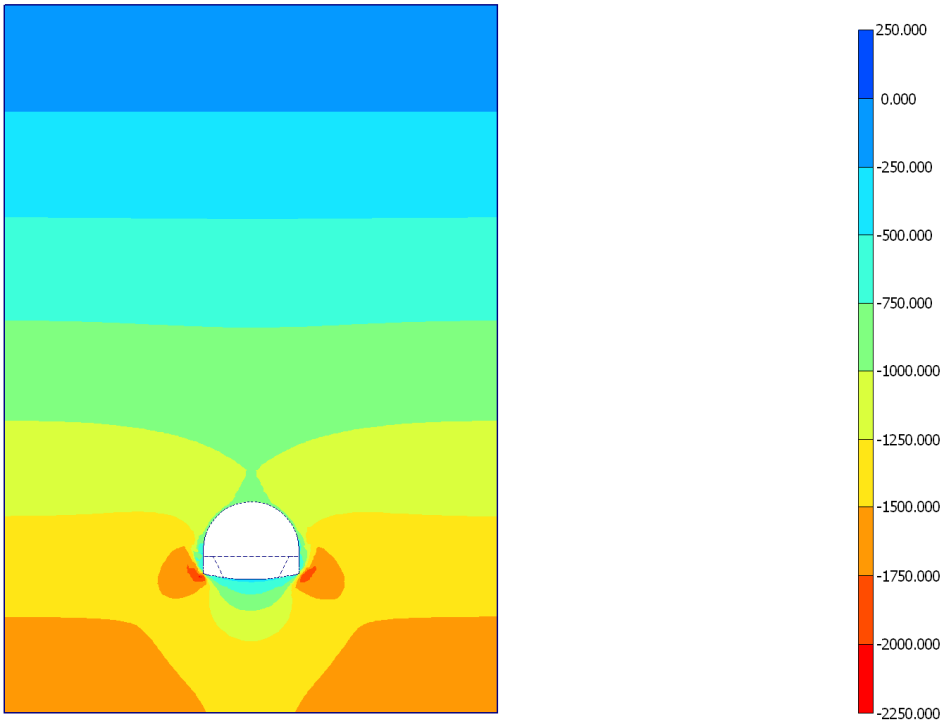


Fig. 33 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 41 - (Phase: 7)

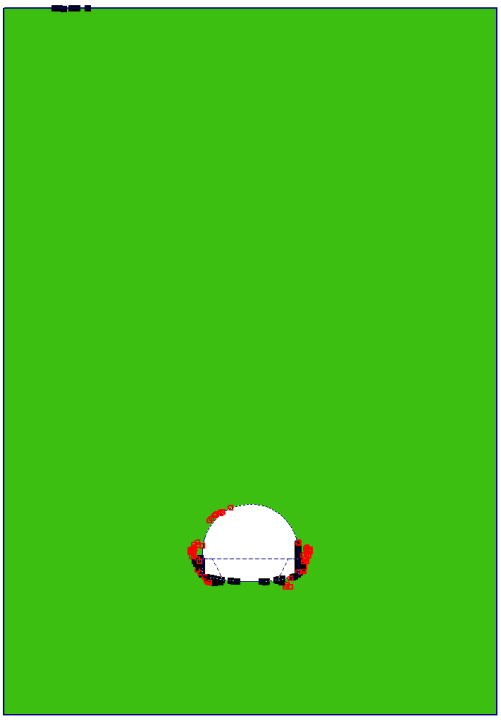


Fig. 34 Plot of plastic points
- Step no: 41 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

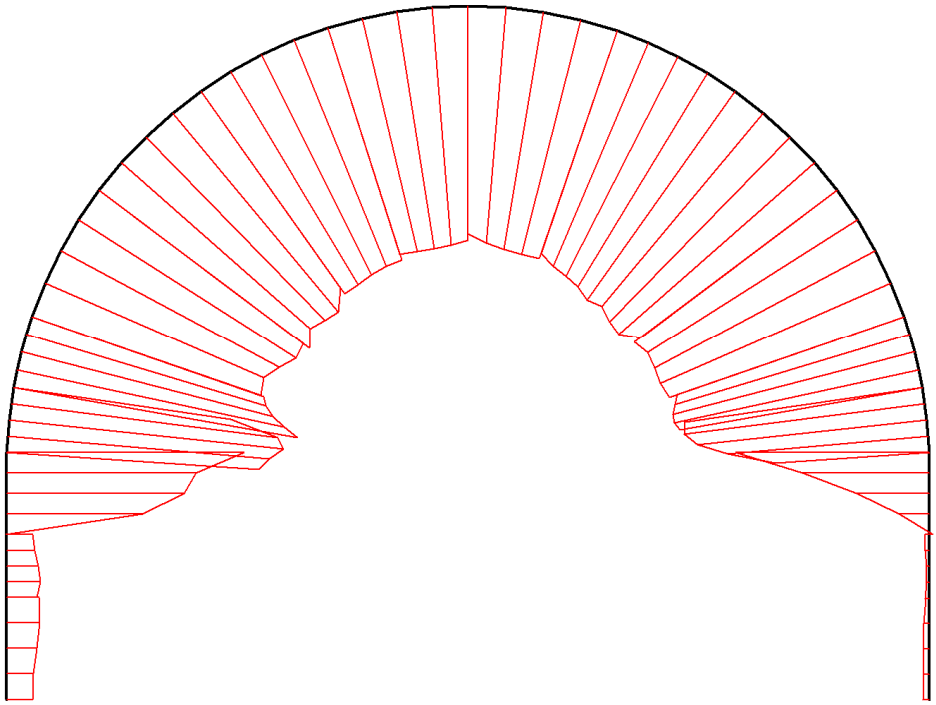


Fig. 35 Axial forces in beam
Extreme value -317,32 kN/m (Phase: 7)

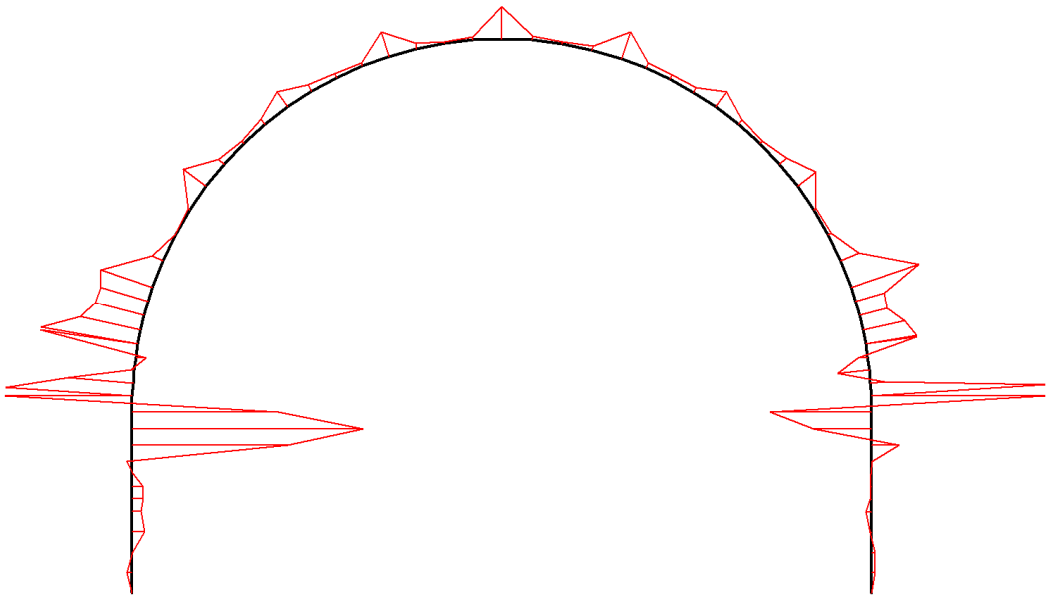


Fig. 36 Bending moments in beam
Extreme value 3,87 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1461	-8,617	0,789	1,224	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1423	-4,799	1,992						
2	2157	-8,800	3,382	24,876	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1977	-4,799	3,492						
3	2443	-8,350	6,112	12,448	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2379	-4,536	4,911						
4	2911	-7,090	8,552	10,600	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2697	-3,837	6,226						
5	3473	-5,150	10,482	9,770	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3163	-2,777	7,257						
6	3933	-2,710	11,712	9,520	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	3201	-1,460	7,914						
7	4363	2,710	11,712	9,562	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3557	1,551	7,884						
8	4563	5,150	10,482	9,854	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3567	2,777	7,257						
9	4139	7,090	8,552	10,668	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3541	3,837	6,226						
10	3673	8,350	6,112	12,944	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3137	4,536	4,911						
11	3441	8,800	3,382	23,790	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2581	4,799	3,492						
12	3059	8,617	0,789	0,438	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2289	4,799	1,982						
13	3911	0,000	12,142	9,436	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3525	0,000	8,142						

REPORT

04/23/2021

User: EPTISA

Title: ST-IV, CU-2. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	58,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

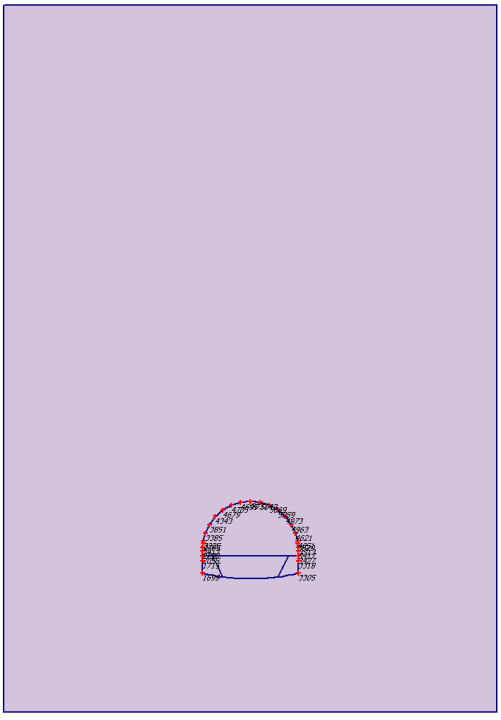


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

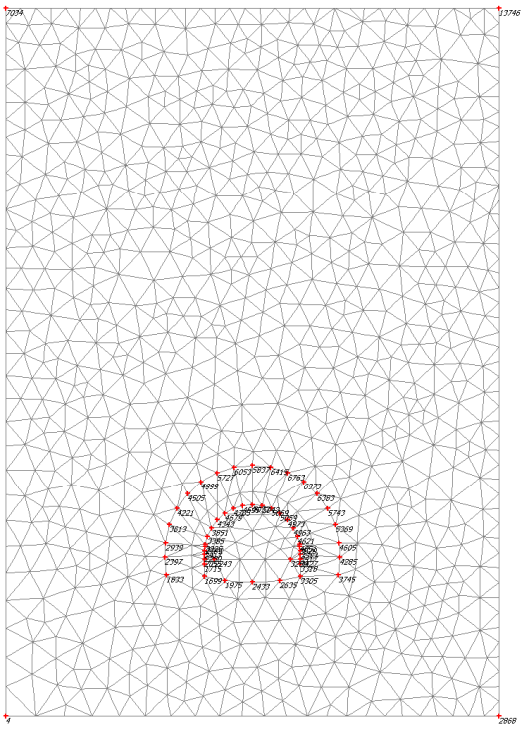


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

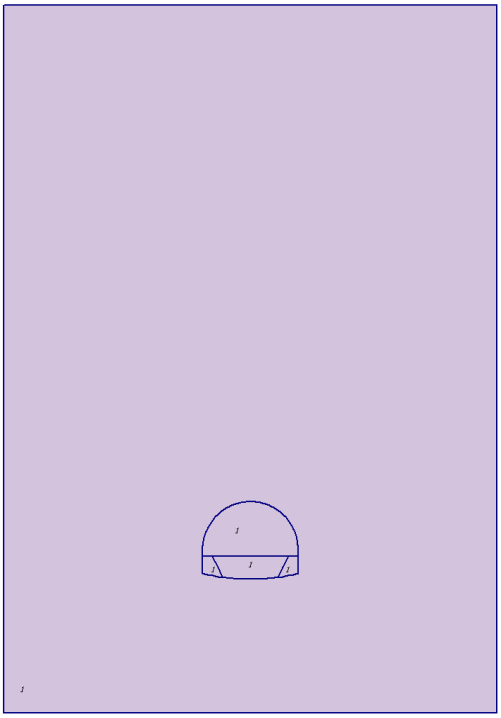


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Limolitas RMR_20**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	27,00
γ_{sat}	[kN/m³]	27,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	820000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	315384,615
E_{oed}	[kN/m²]	1103846,154
c_{ref}	[kN/m²]	125,00
φ	[°]	32,50
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	ST_IV Gunita 0,18 + Cercha TH_21	3,18E6	7760,00	4,70	0,20	1E15	1E15

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
2	ST_V Gunita 0,30 + Cercha HEB_180	5,72E6	40700,00	7,99	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	14
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	15	47
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	48	56
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	57	59
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	60	69
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	70	71

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

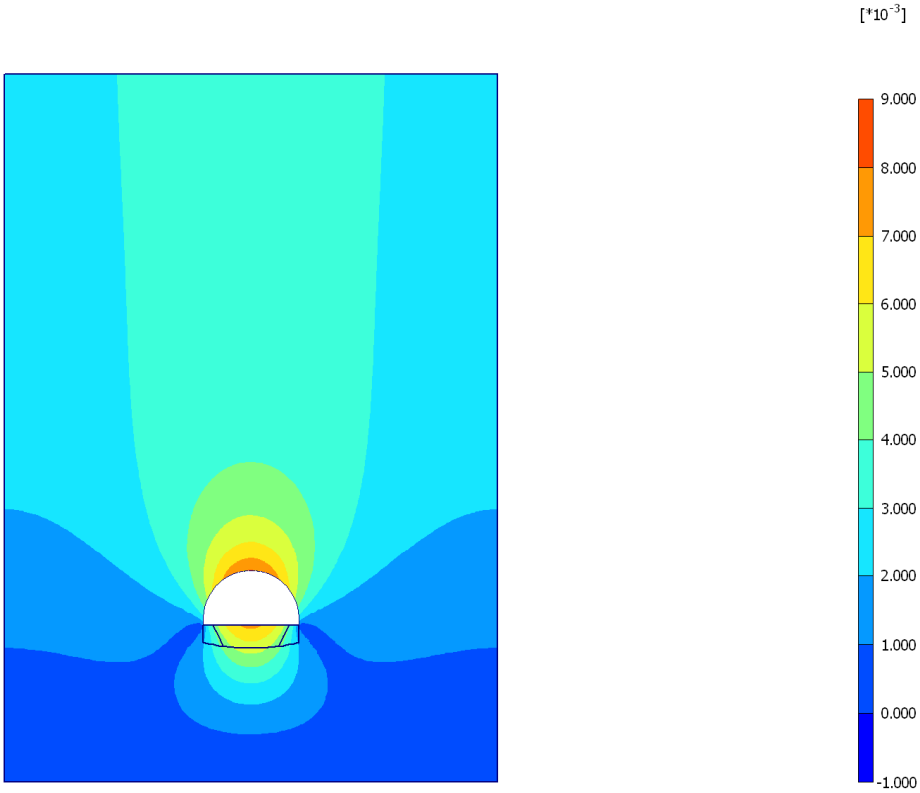


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

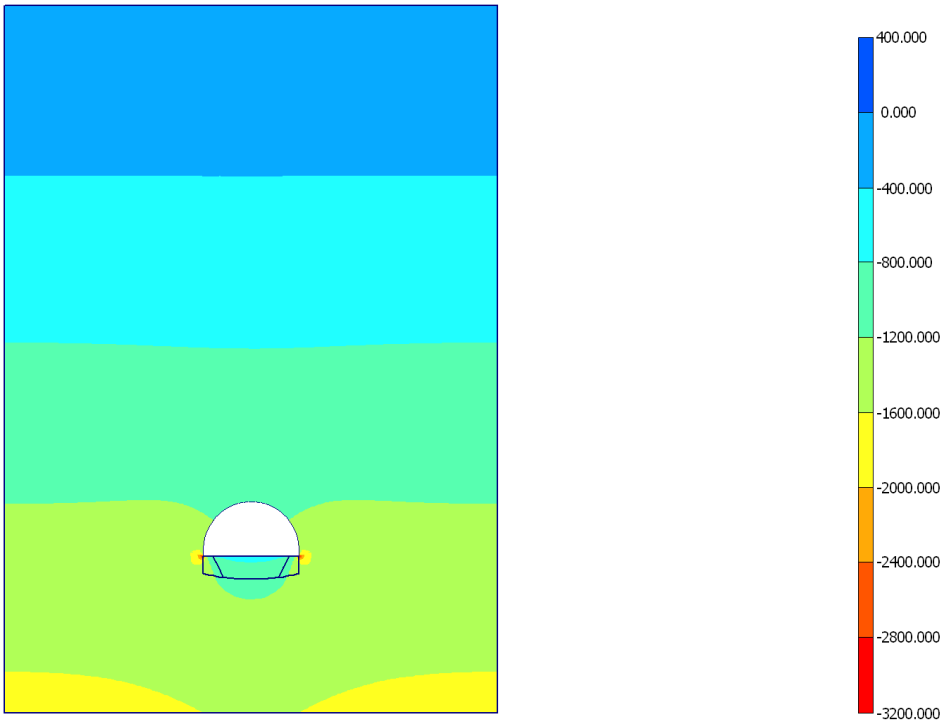


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

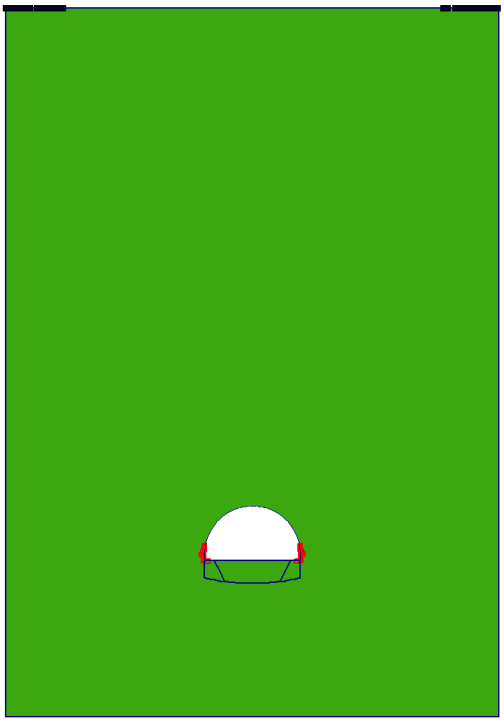


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

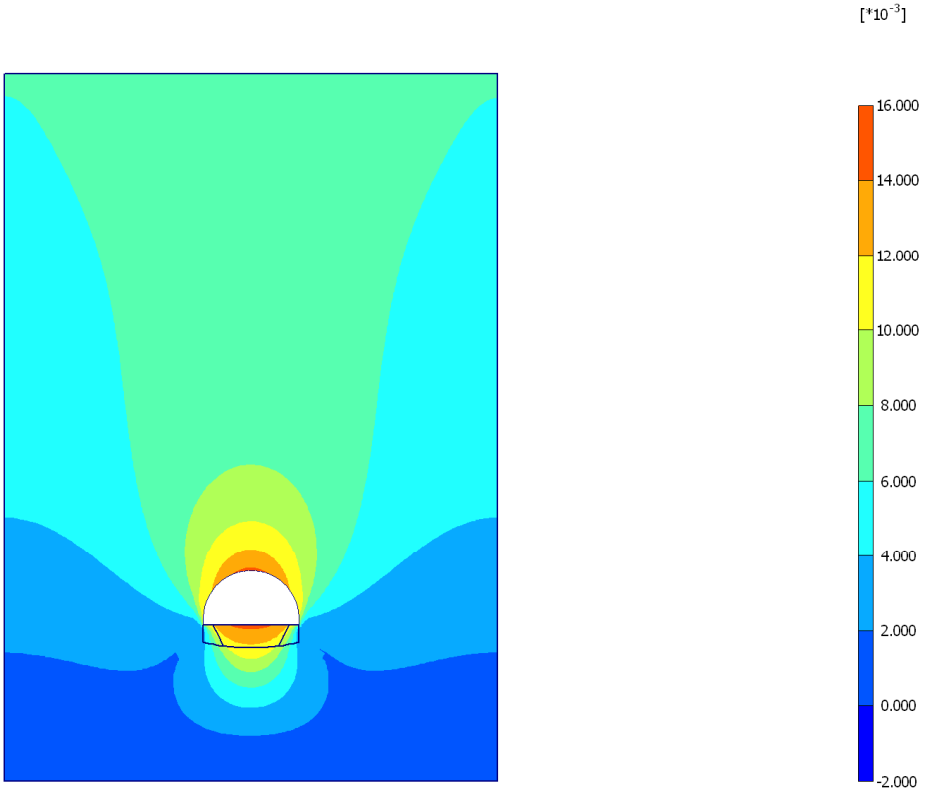


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 14 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

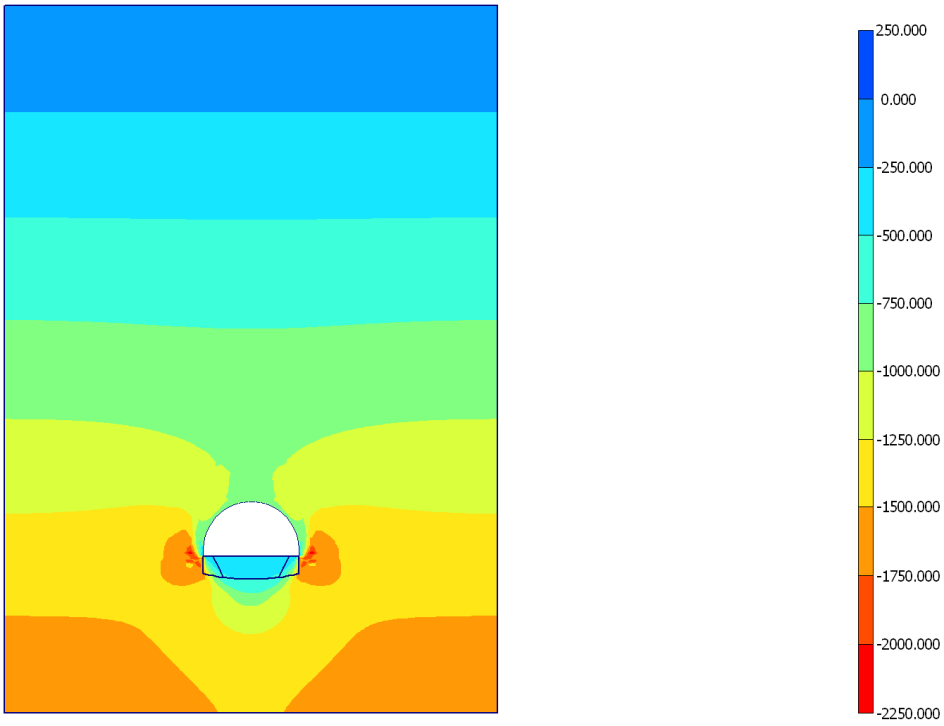


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 14 - (Phase: 2)

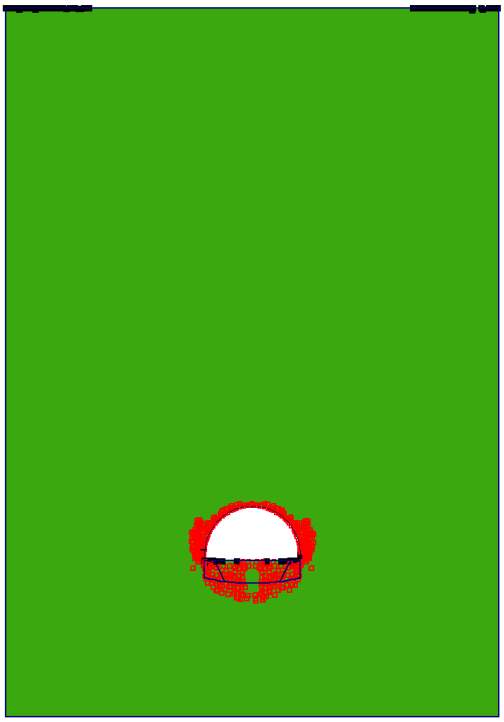


Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 14 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

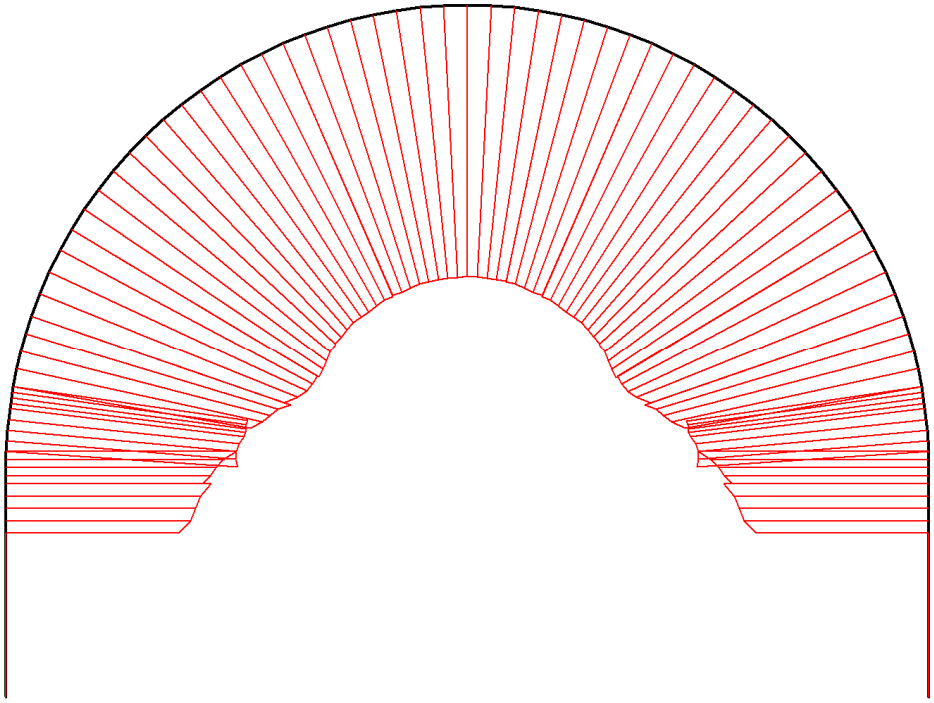


Fig. 10 Axial forces in beam
Extreme value -1,23*10^3 kN/m (Phase: 2)

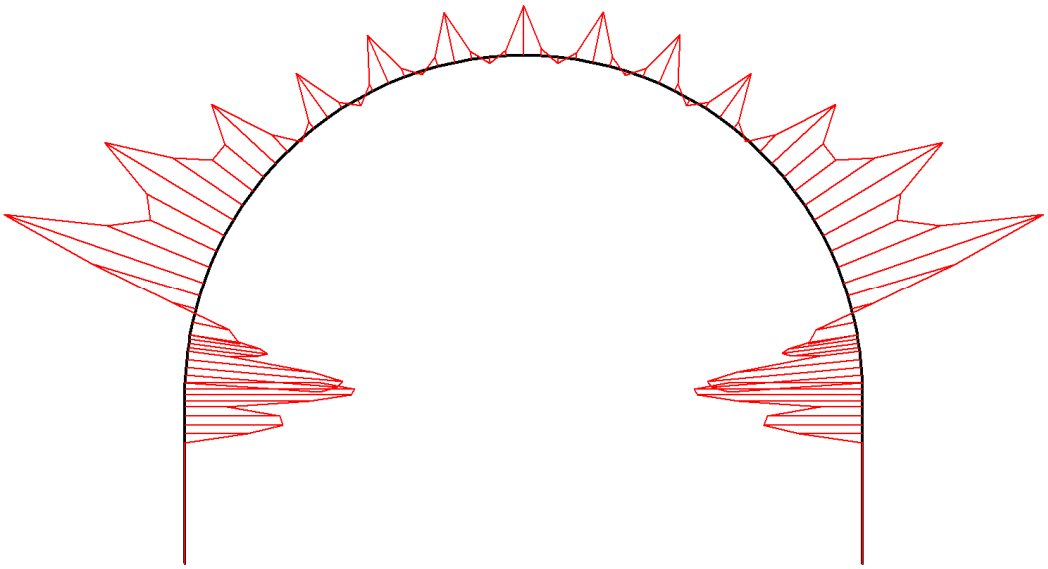


Fig. 11 Bending moments in beam
Extreme value -13,30 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	108,967	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	103,843	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	71,638	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	46,736	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	36,562	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	34,473	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	33,213	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	33,267	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	33,632	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	34,500	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	36,458	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	71,534	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	46,701	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	103,677	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	108,927	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	33,615	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	33,216	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

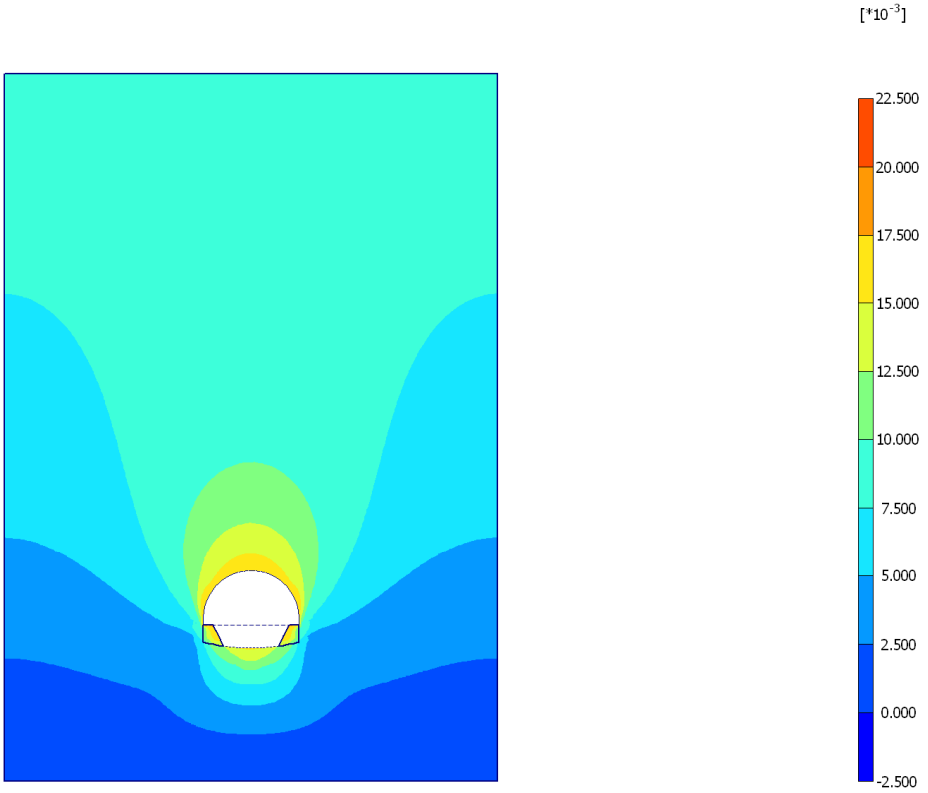


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 47 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

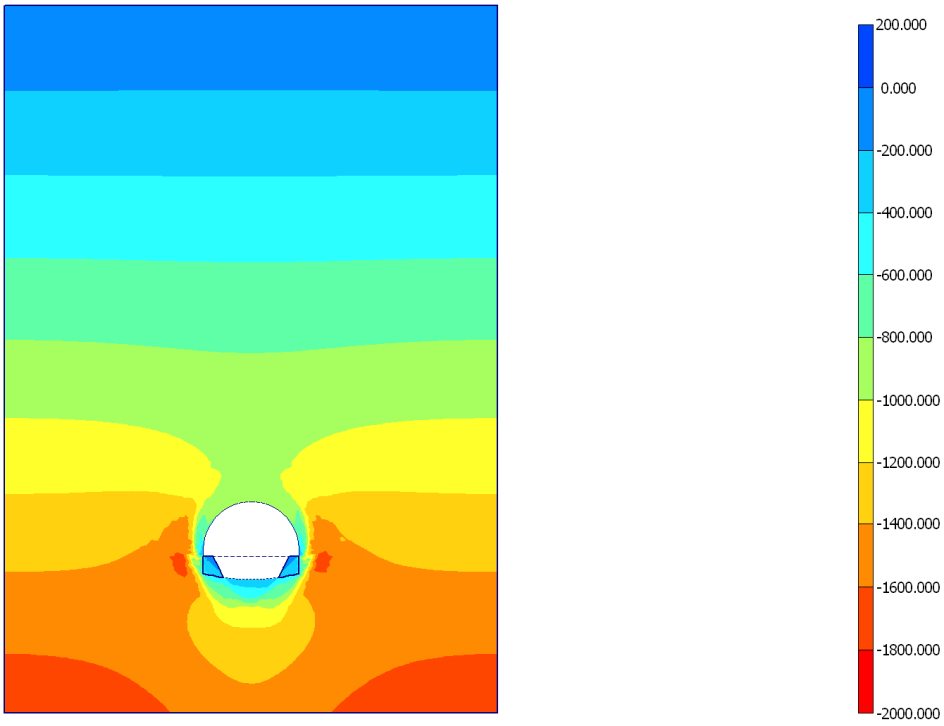


Fig. 13 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 47 - (Phase: 3)

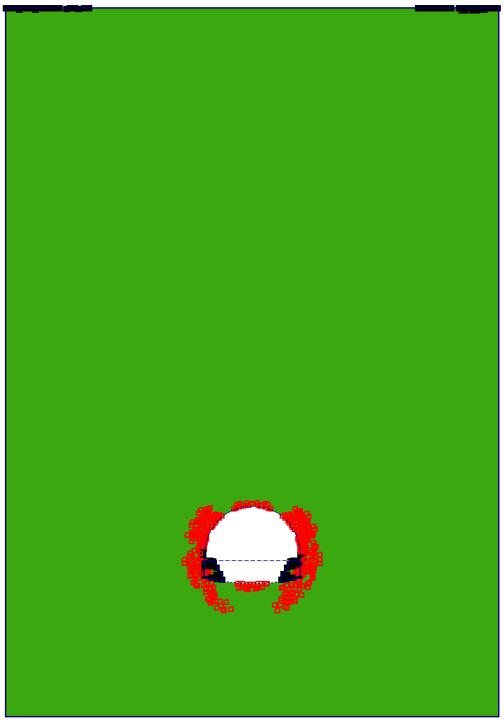


Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 47 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

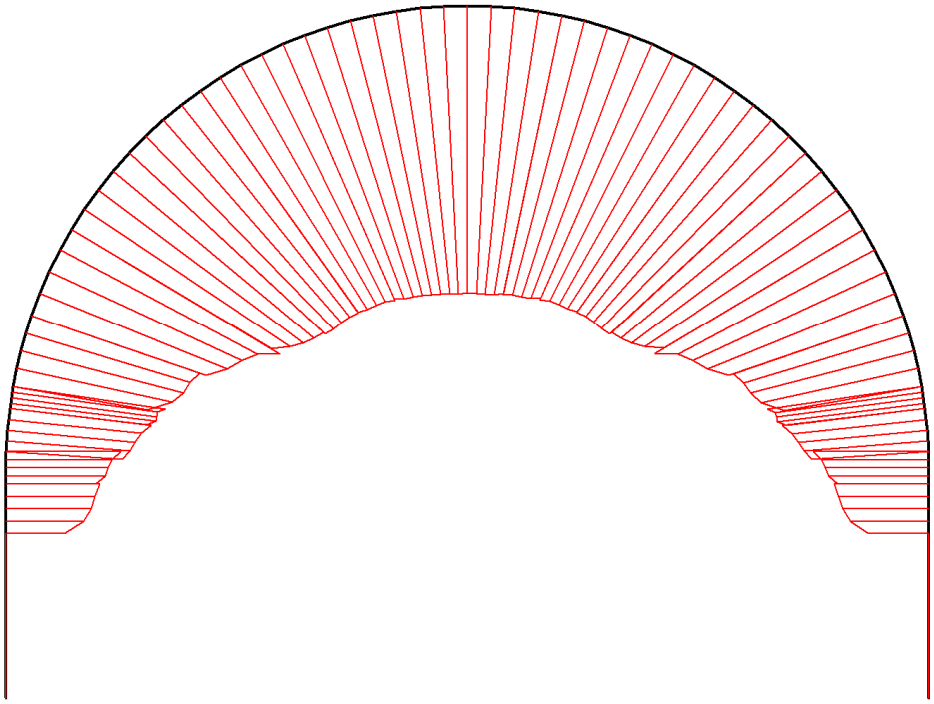


Fig. 15 Axial forces in beam
Extreme value -1,15*10^3 kN/m (Phase: 3)

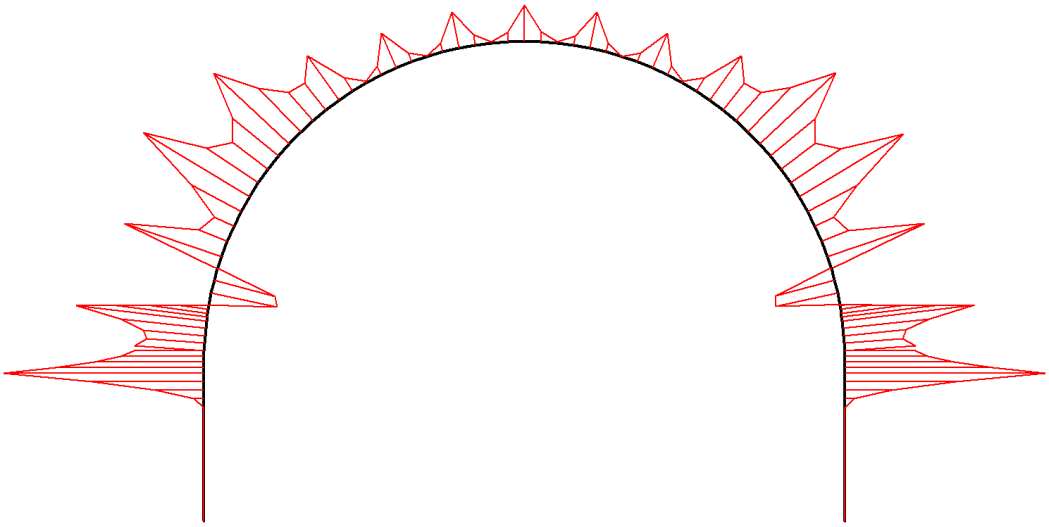


Fig. 16 Bending moments in beam
Extreme value -22,80 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	171,235	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	149,801	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	122,557	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	84,350	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	55,017	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	42,331	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	38,039	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	38,127	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	39,232	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	42,378	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	54,868	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	122,007	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	84,336	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	149,307	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	171,449	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	39,186	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	37,784	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

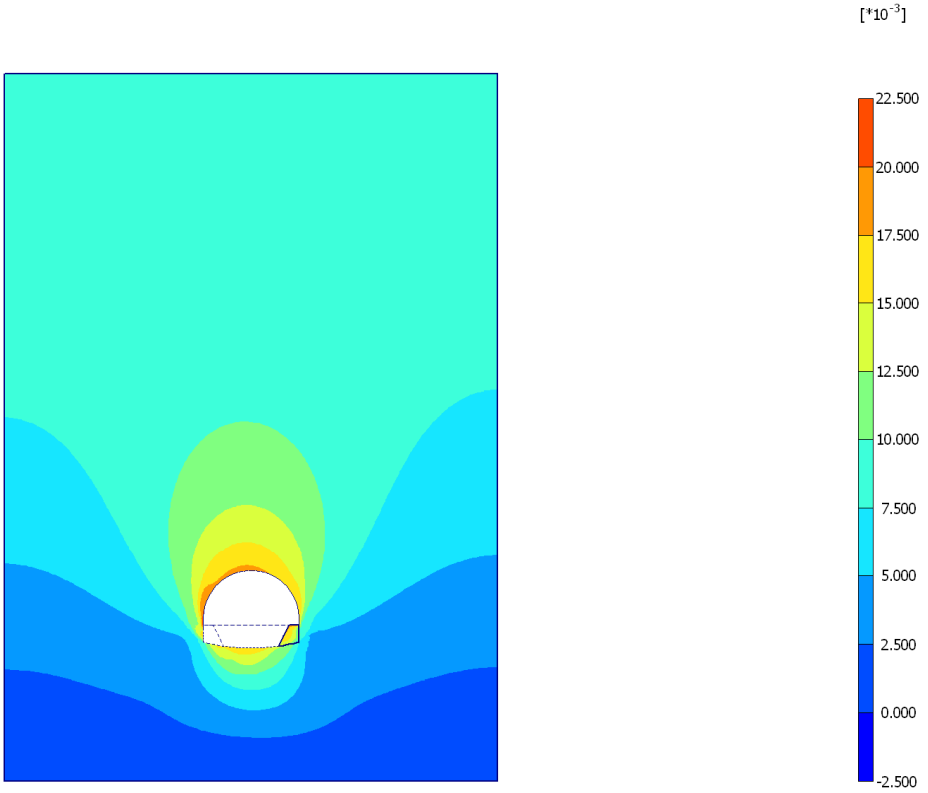


Fig. 17 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 56 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

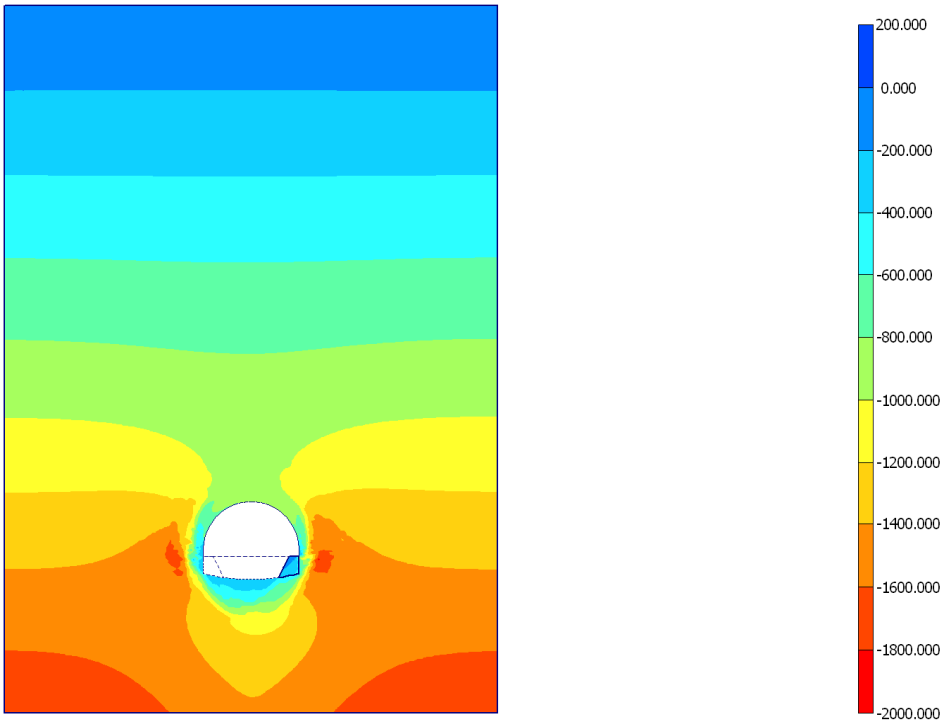


Fig. 18 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 56 - (Phase: 4)

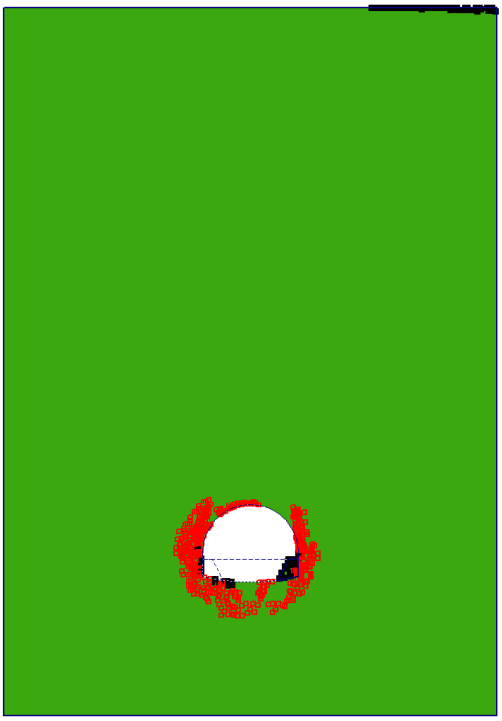


Fig. 19 Plot of plastic points
- Step no: 56 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

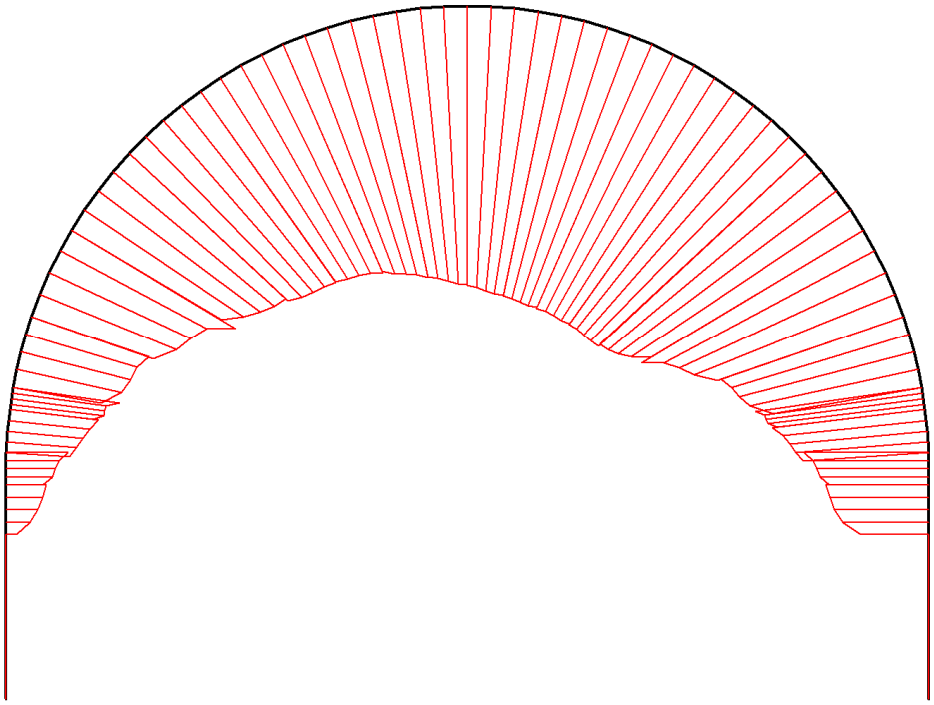


Fig. 20 Axial forces in beam
Extreme value -1,15*10^3 kN/m (Phase: 4)

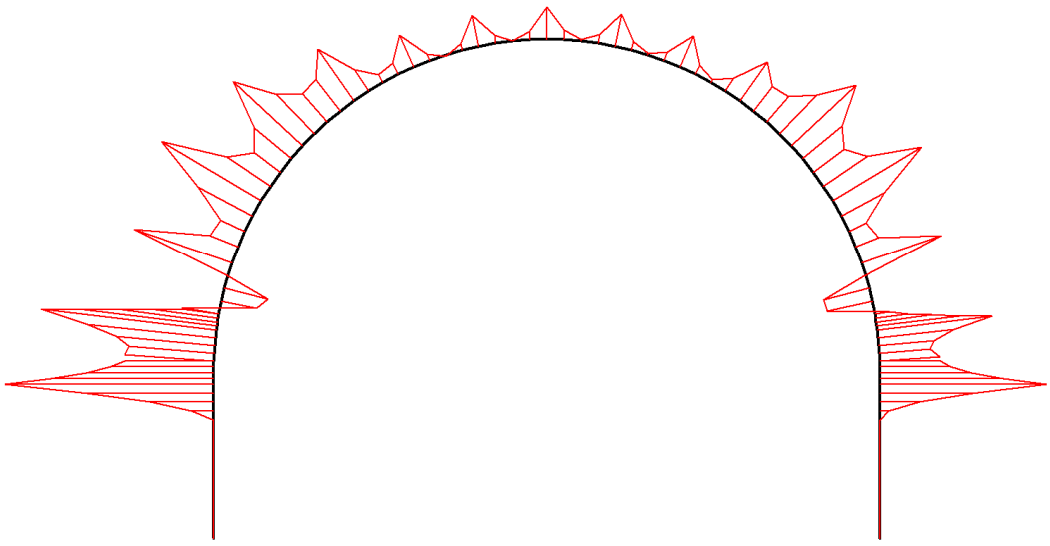


Fig. 21 Bending moments in beam
Extreme value -28,80 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	148,614	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	100,744	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	66,692	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	47,764	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	40,488	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	39,474	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	40,230	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	43,171	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	55,624	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	123,383	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	85,321	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	150,589	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	173,207	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	42,135	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	39,644	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

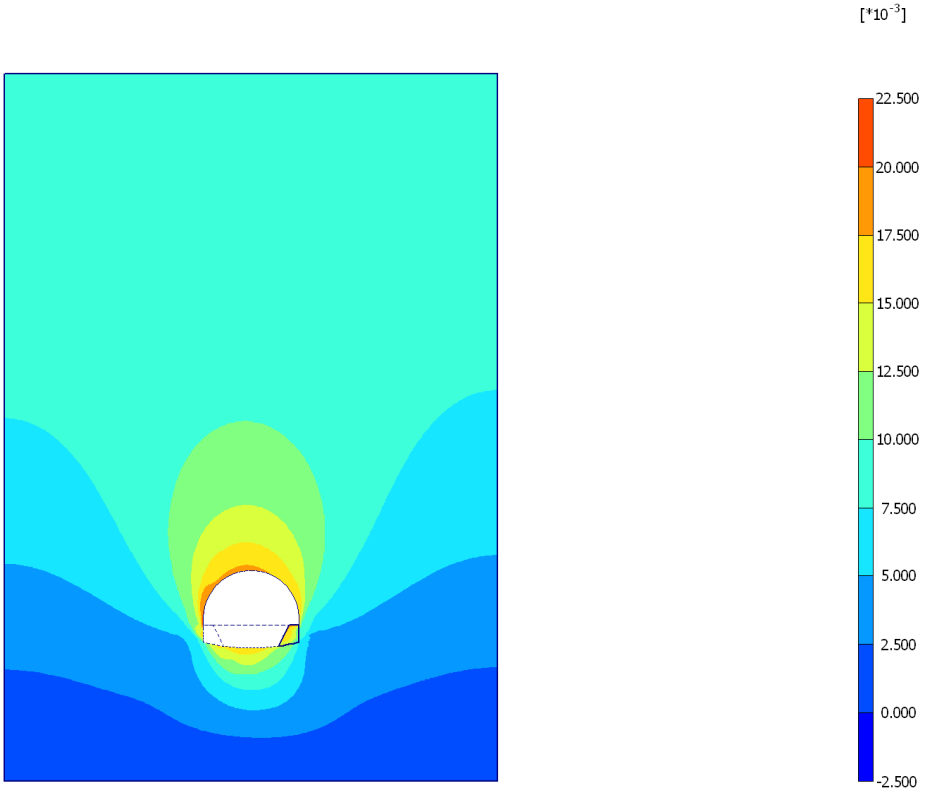


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 59 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

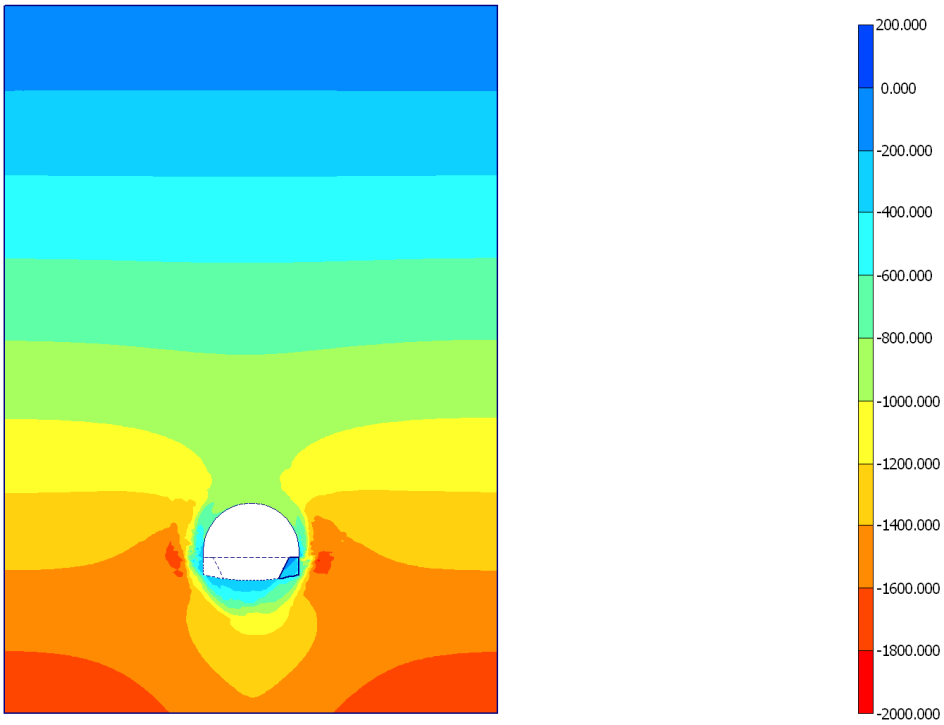


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 59 - (Phase: 5)

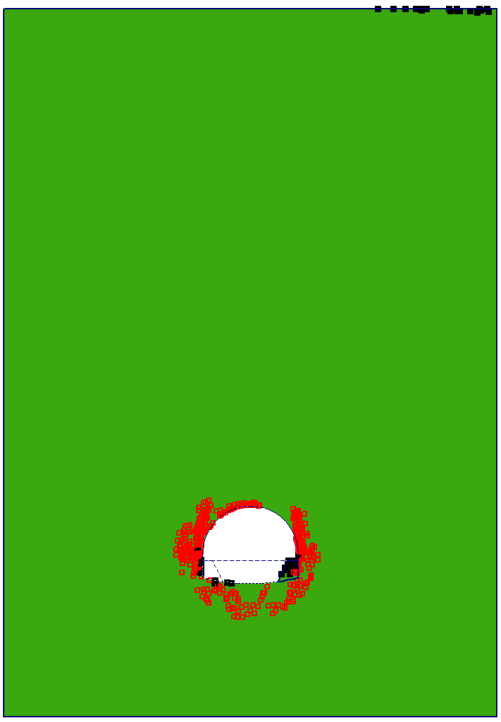


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 59 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

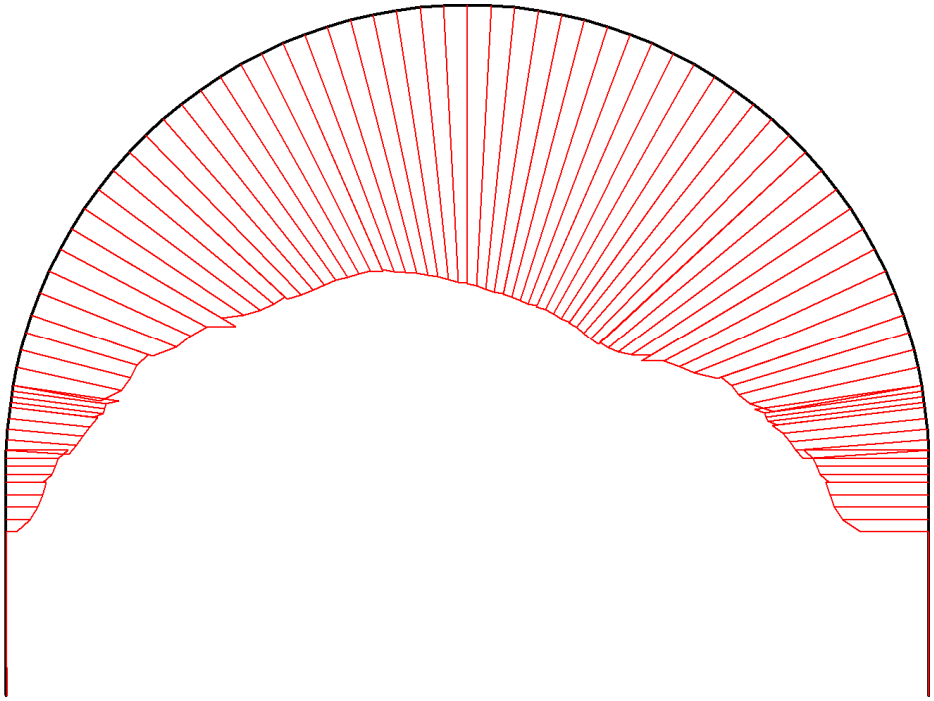


Fig. 25 Axial forces in beam
Extreme value -1,15*10^3 kN/m (Phase: 5)

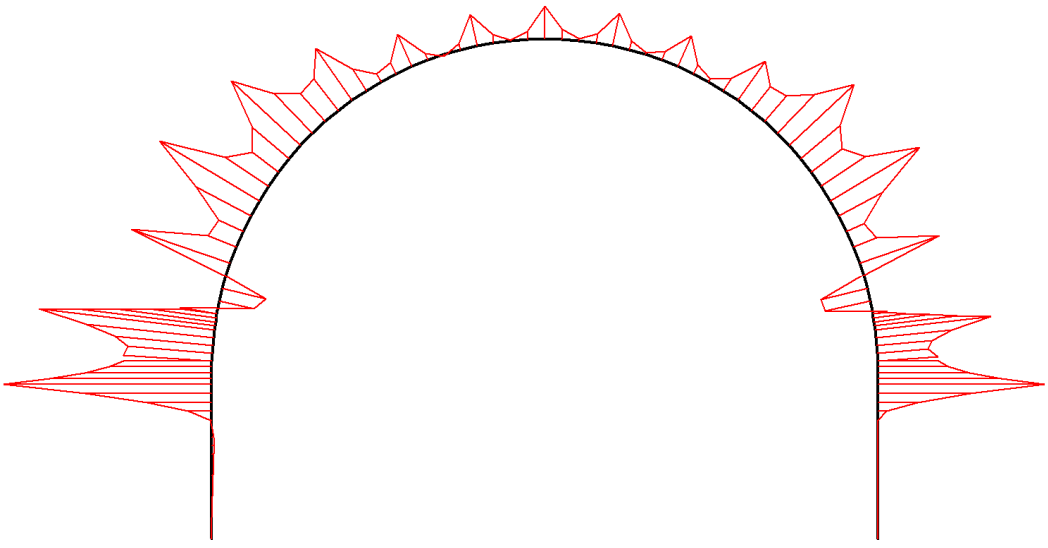


Fig. 26 Bending moments in beam
Extreme value -28,73 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	0,301	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	148,796	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	100,869	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	66,751	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	47,802	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	40,510	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	39,490	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	40,244	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	43,186	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	55,649	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	123,426	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	85,361	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	150,615	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	173,230	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	42,161	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	39,662	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

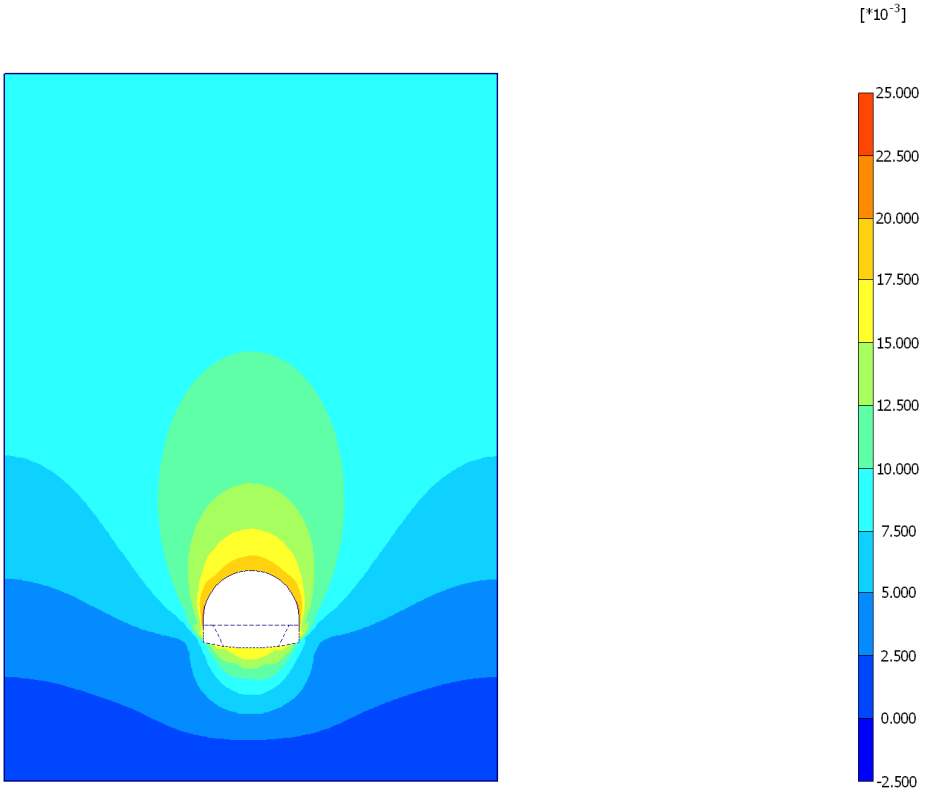


Fig. 27 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 69 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

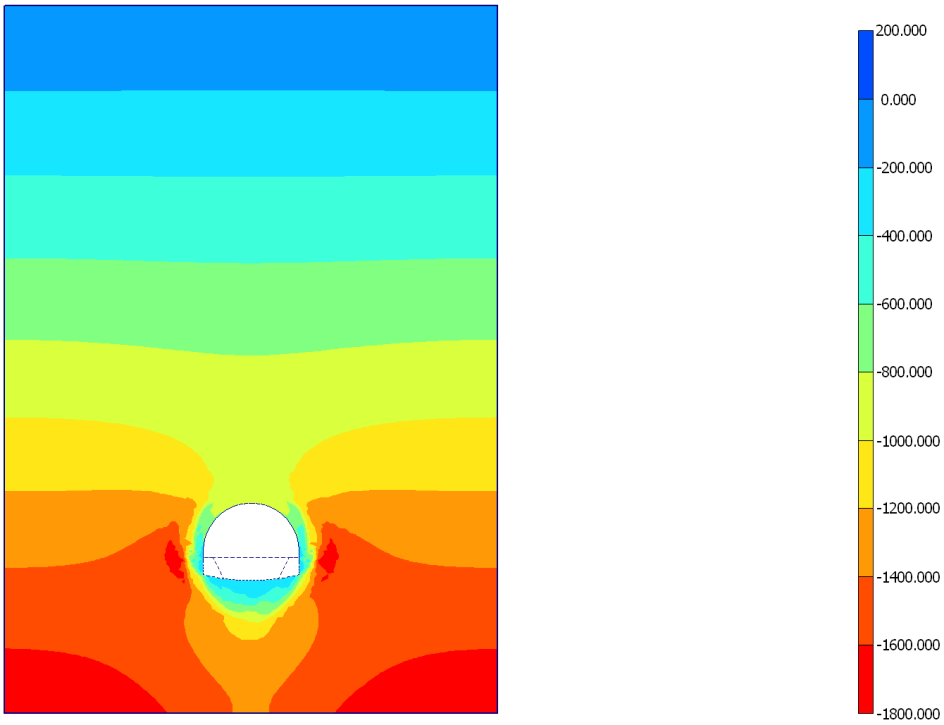


Fig. 28 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 69 - (Phase: 6)

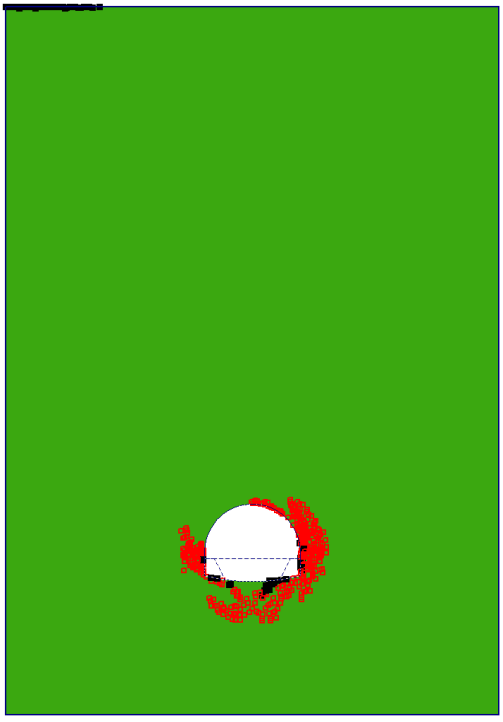


Fig. 29 Plot of plastic points
- Step no: 69 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

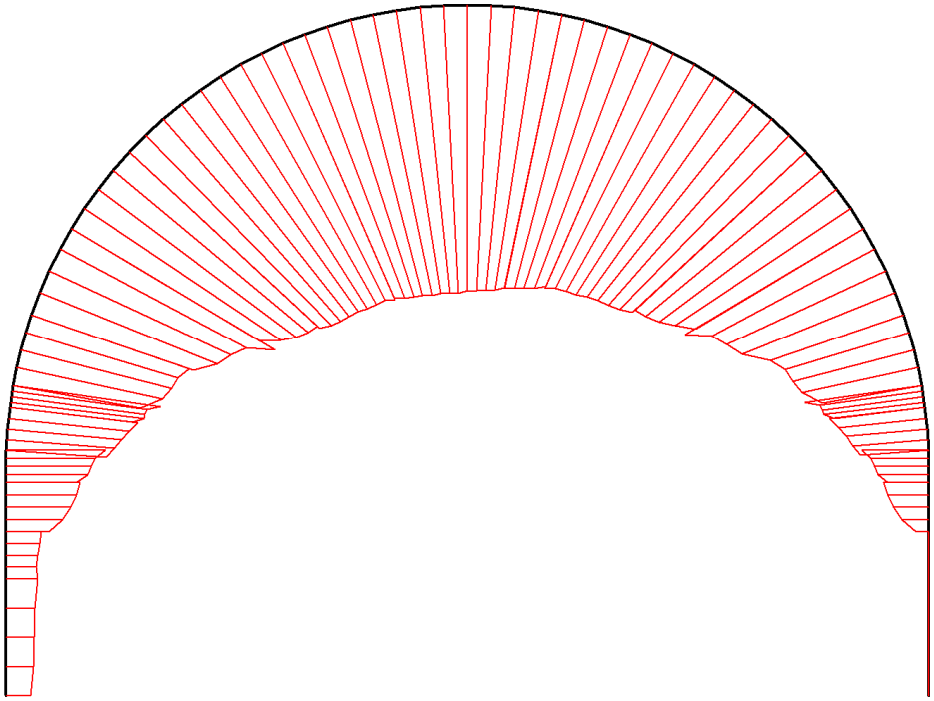


Fig. 30 Axial forces in beam
Extreme value -1,08*10^3 kN/m (Phase: 6)

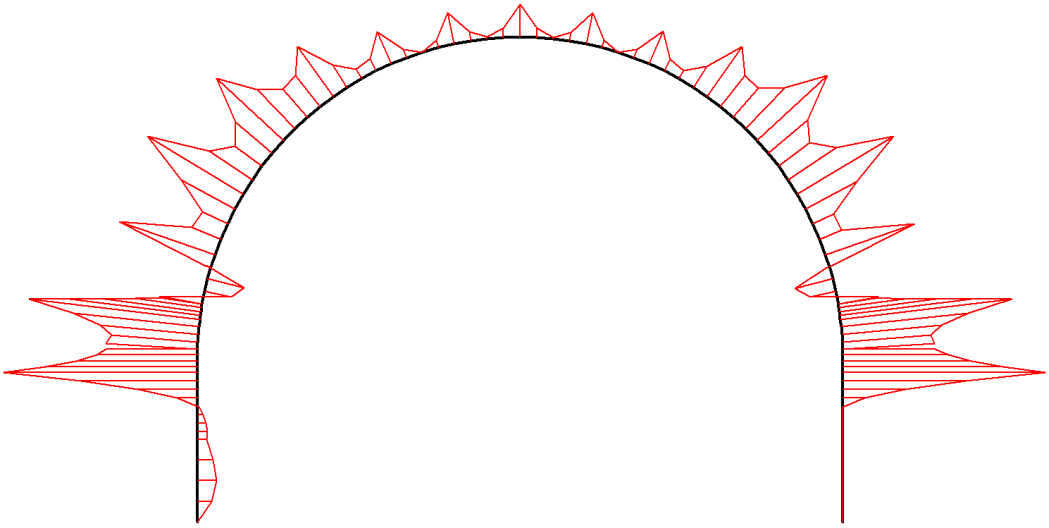


Fig. 31 Bending moments in beam
Extreme value -29,72 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	2,907	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	148,499	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	100,519	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	66,605	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	47,988	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	41,694	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	42,065	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	43,475	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	49,125	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	67,912	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	154,342	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	103,957	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	42,795	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	41,511	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

12.Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

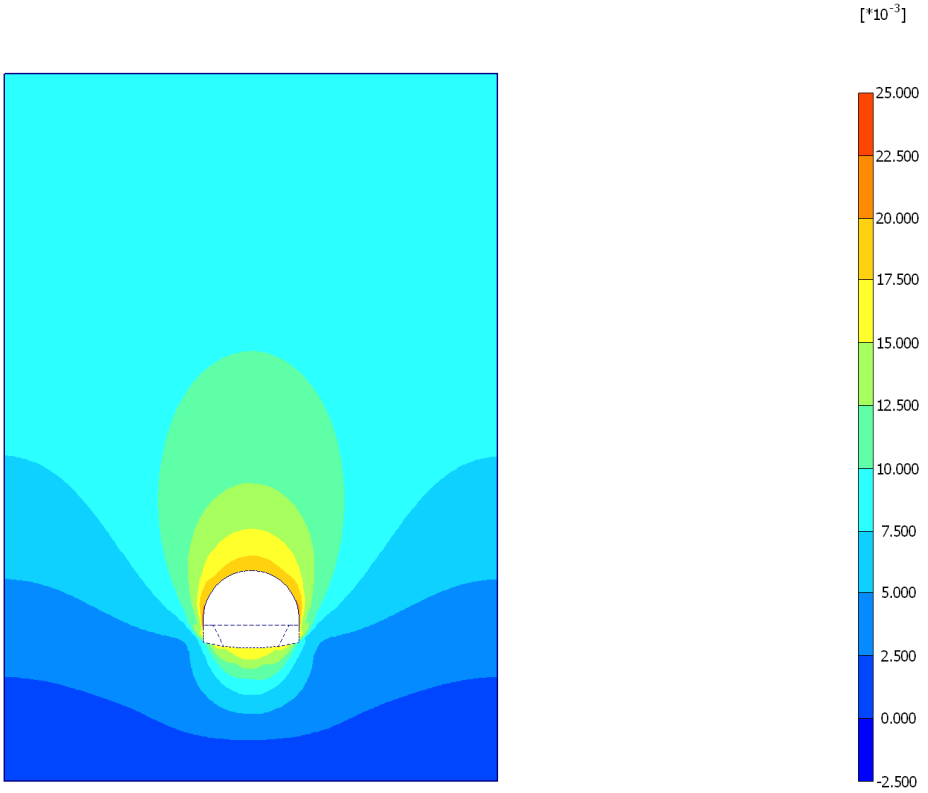


Fig. 32 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 71 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

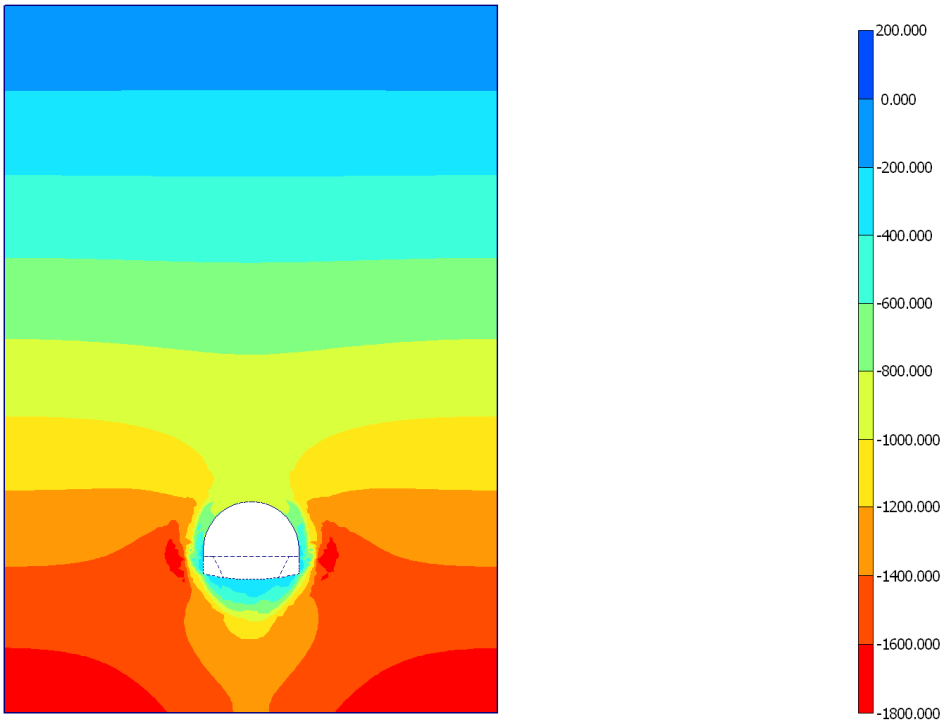


Fig. 33 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 71 - (Phase: 7)

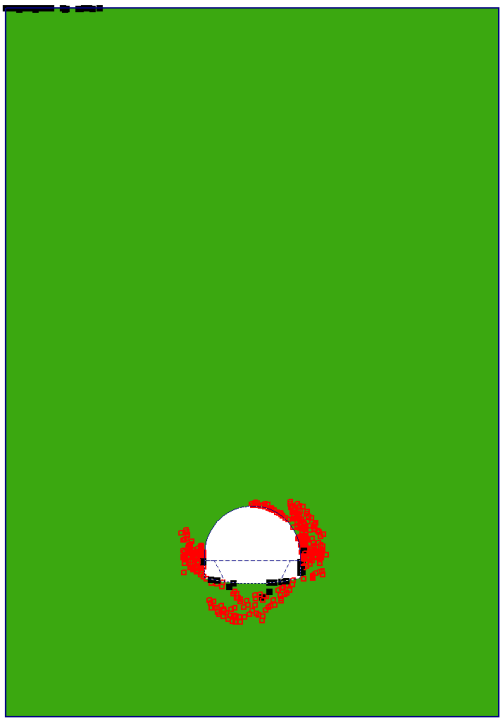


Fig. 34 Plot of plastic points
- Step no: 71 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

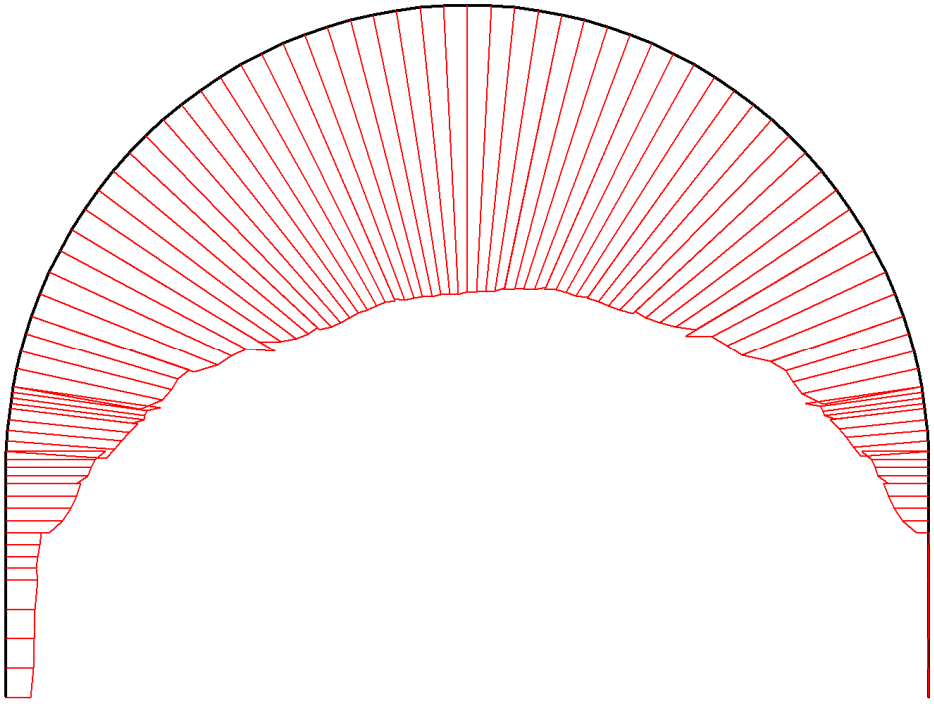


Fig. 35 Axial forces in beam
Extreme value -1,08*10^3 kN/m (Phase: 7)

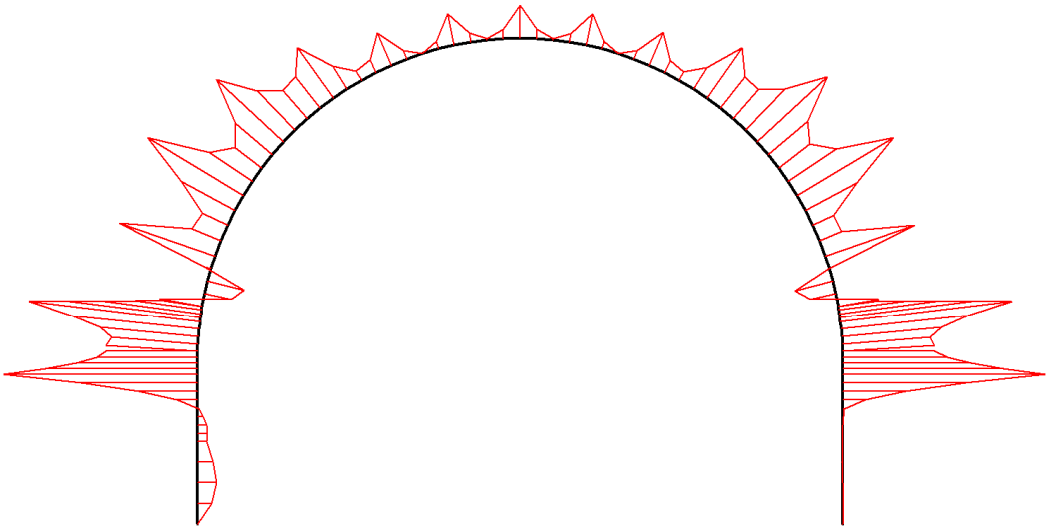


Fig. 36 Bending moments in beam
Extreme value -29,68 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	2,923	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	148,499	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	100,518	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	66,605	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	47,989	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	41,699	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	42,076	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	43,490	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	49,144	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	67,954	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	154,427	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	104,047	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,108	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	42,797	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	41,518	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

REPORT

04/23/2021

User: EPTISA

Title: ST-V, CU-2. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	58,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

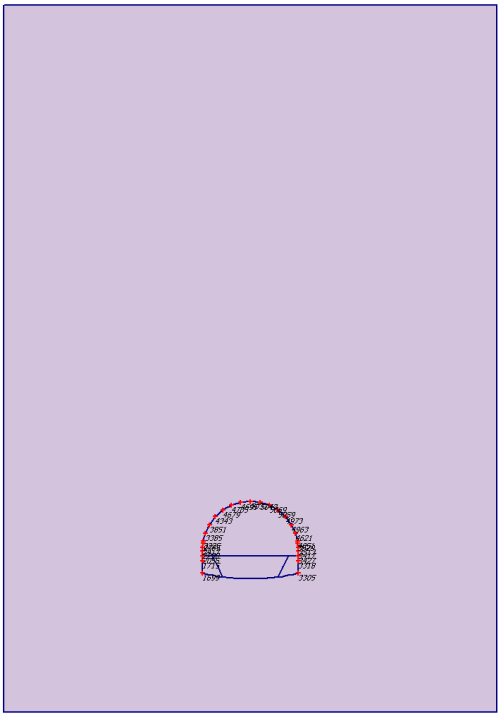


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

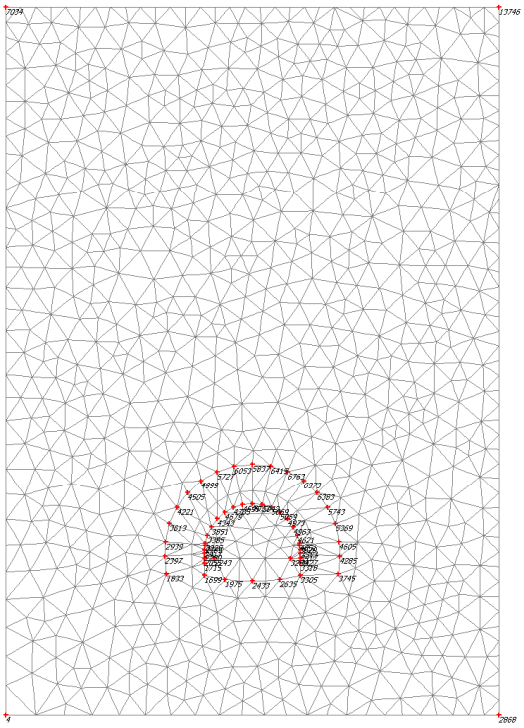


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

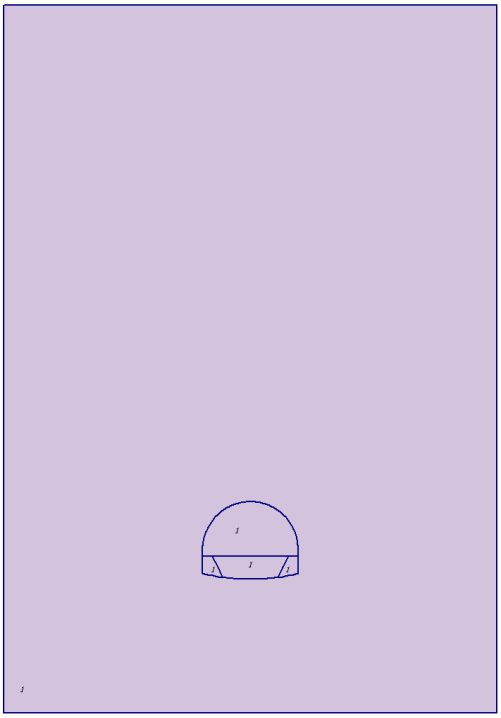


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		1 Limolitas RMR_10
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	27,00
γ_{sat}	[kN/m³]	27,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	550000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	211538,462
E_{oed}	[kN/m²]	740384,615
c_{ref}	[kN/m²]	80,00
φ	[°]	26,50
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	ST_IV Gunita 0,18 + Cercha TH_21	3,18E6	7760,00	4,70	0,20	1E15	1E15

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
2	ST_V Gunita 0,30 + Cercha HEB_180	5,72E6	40700,00	7,99	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	3
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	4	48
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	49	101
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	102	121
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	122	126
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	127	145
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	146	148

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

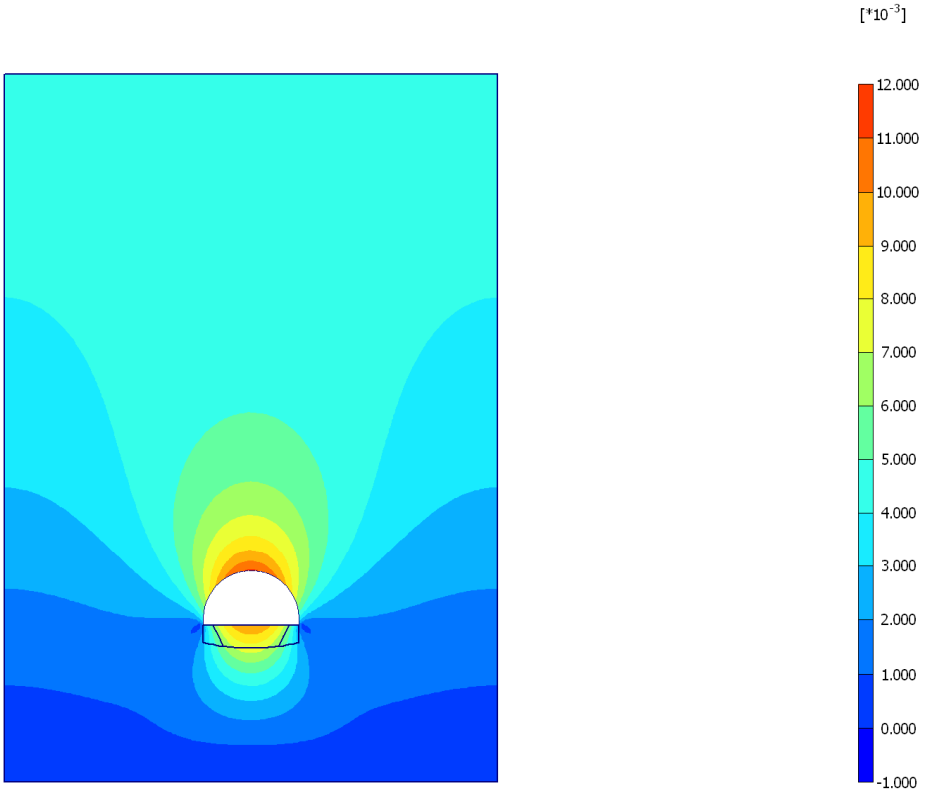


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

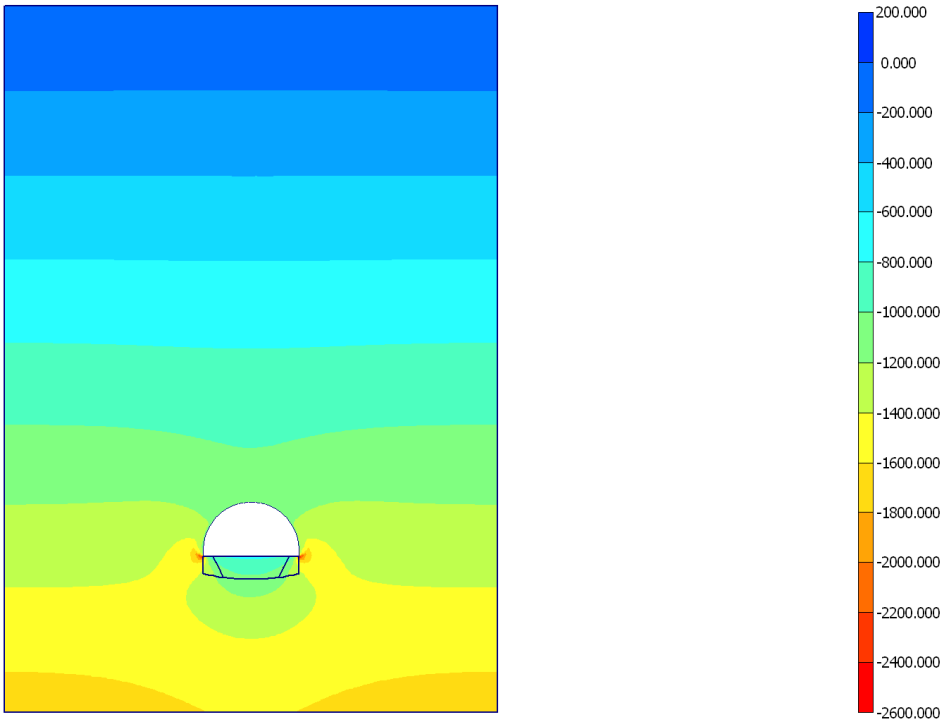


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

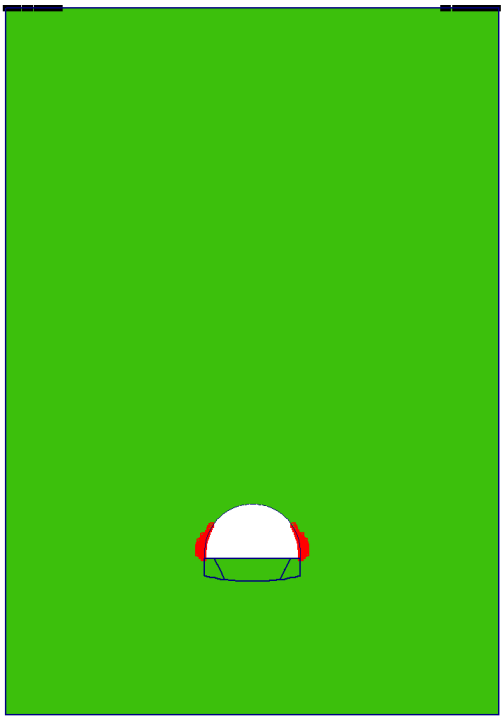


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

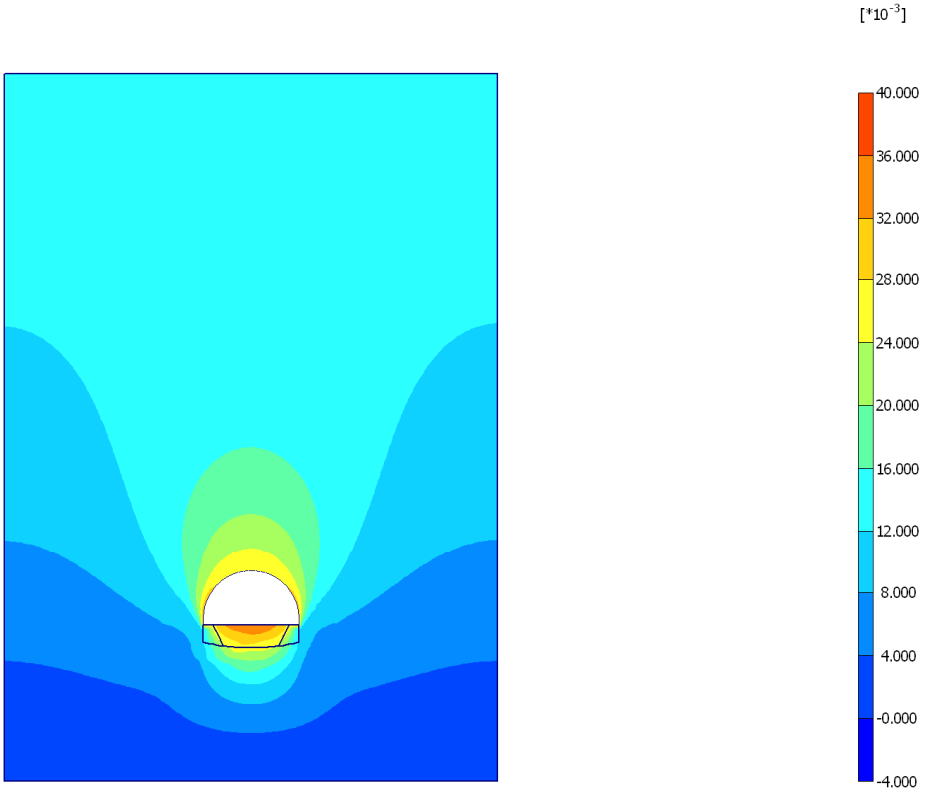


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 48 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

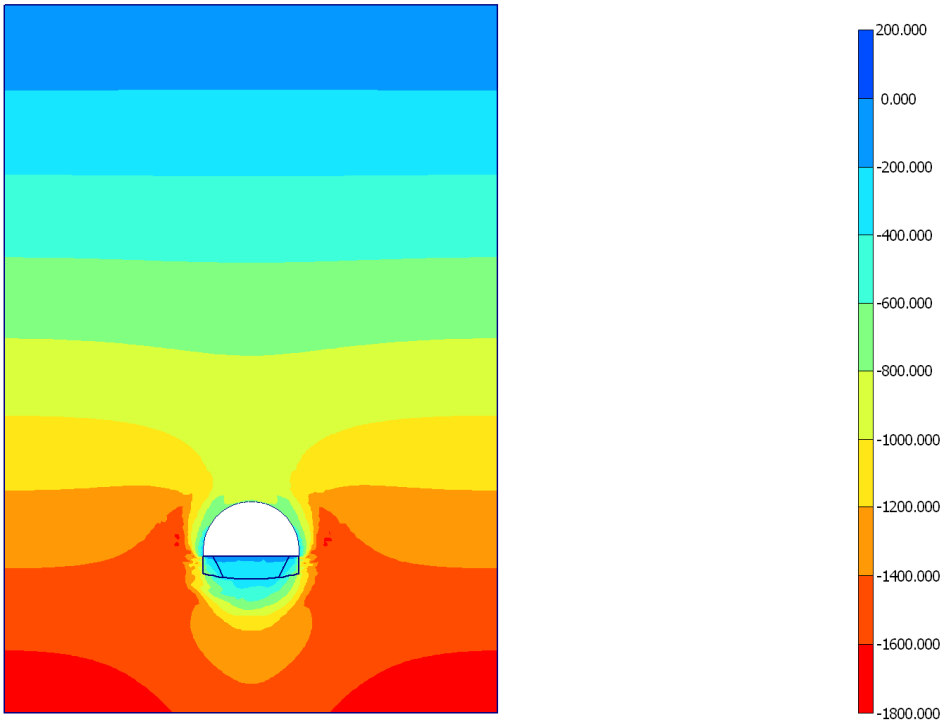


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 48 - (Phase: 2)

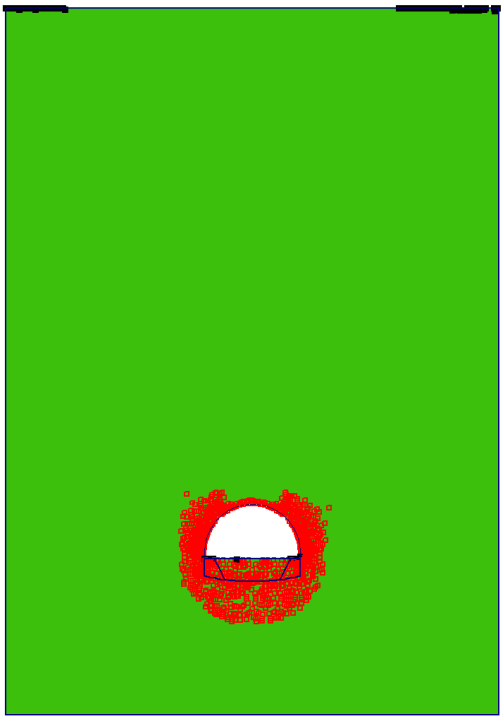


Fig. 8 Plot of plastic points
- Step no: 48 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

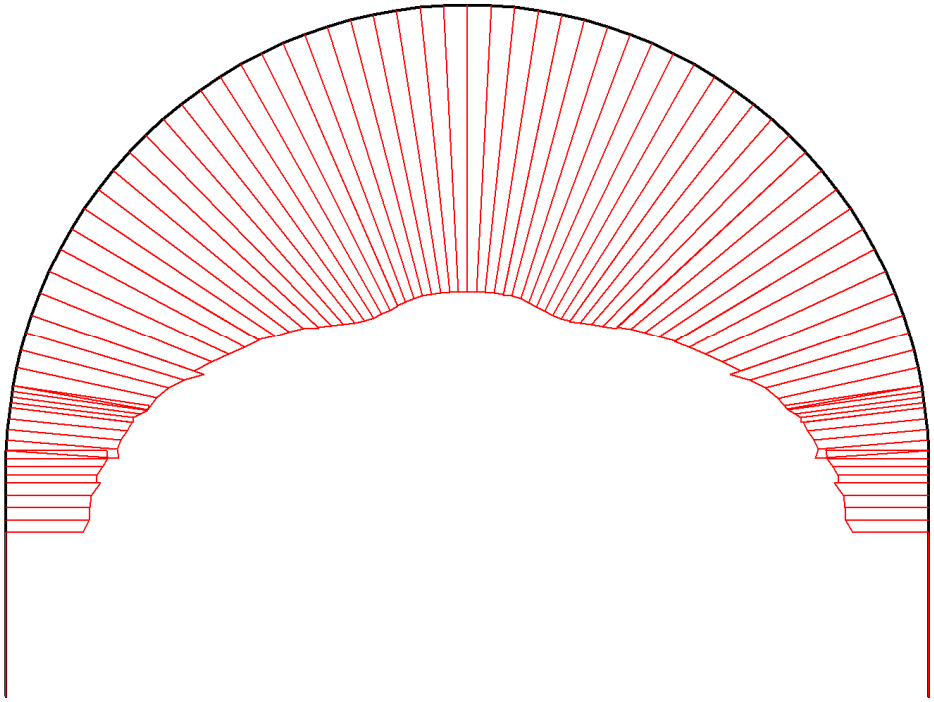


Fig. 10 Axial forces in beam
Extreme value -1,36*10^3 kN/m (Phase: 2)

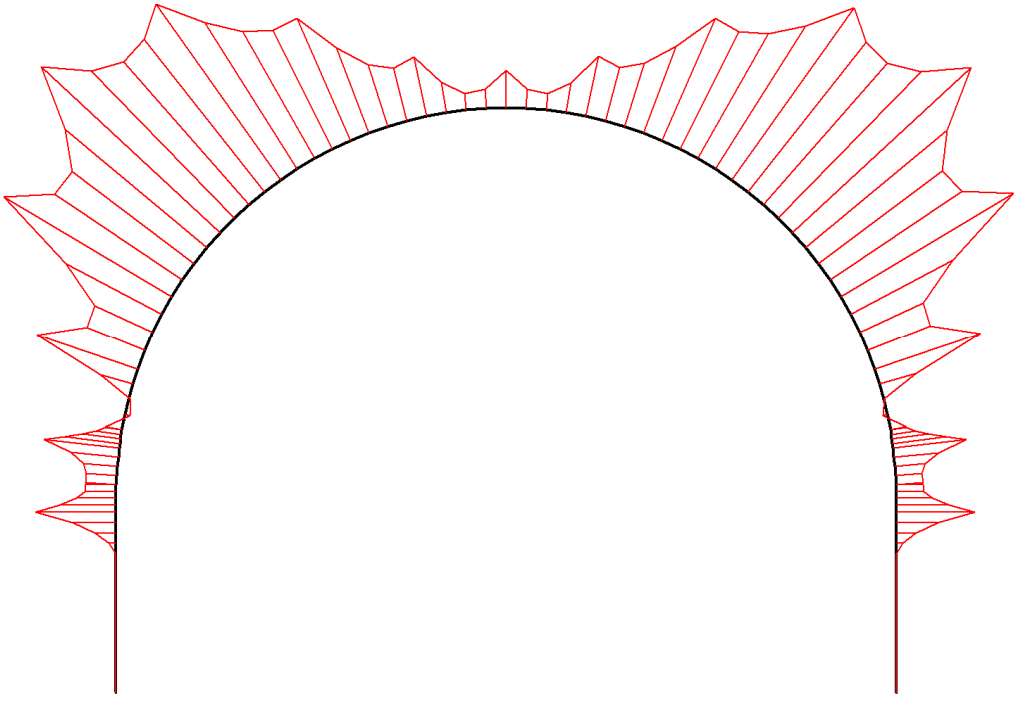


Fig. 11 Bending moments in beam
Extreme value -65,00 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	133,602	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	86,883	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	58,642	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	58,620	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	63,906	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	86,903	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	133,992	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	64,149	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	58,559	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

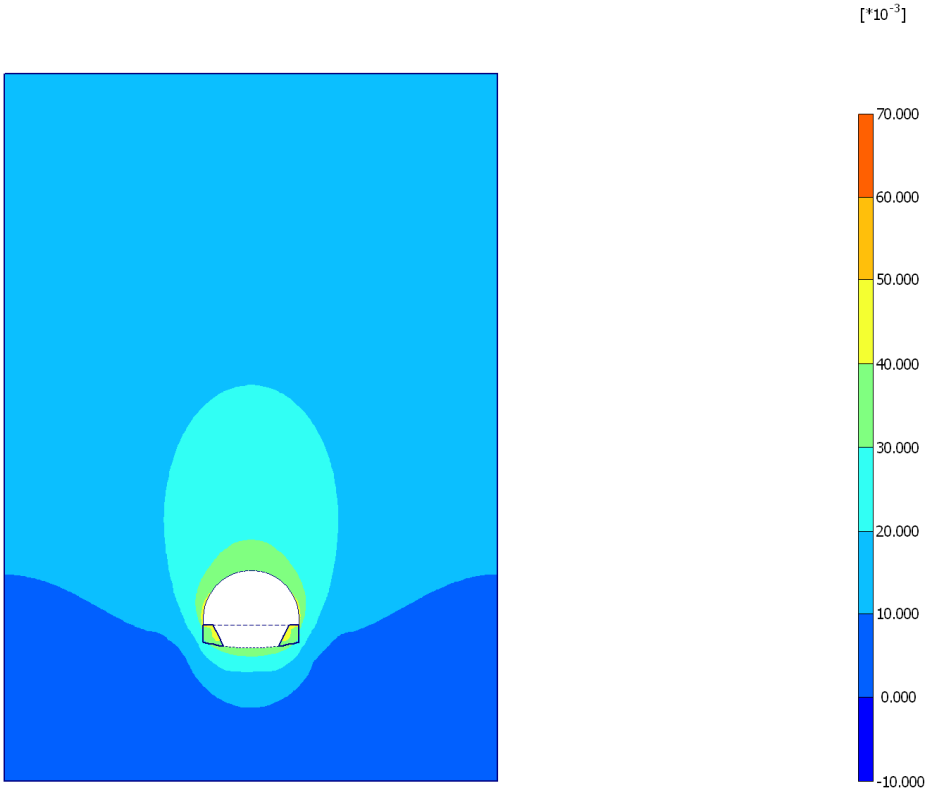


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 101 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

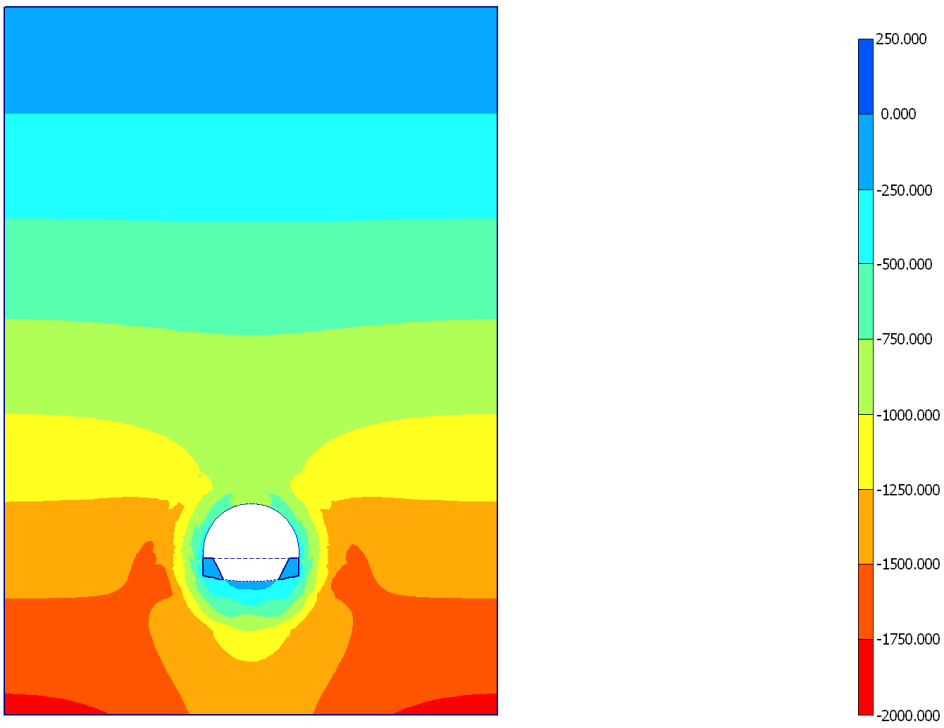


Fig. 13 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 101 - (Phase: 3)

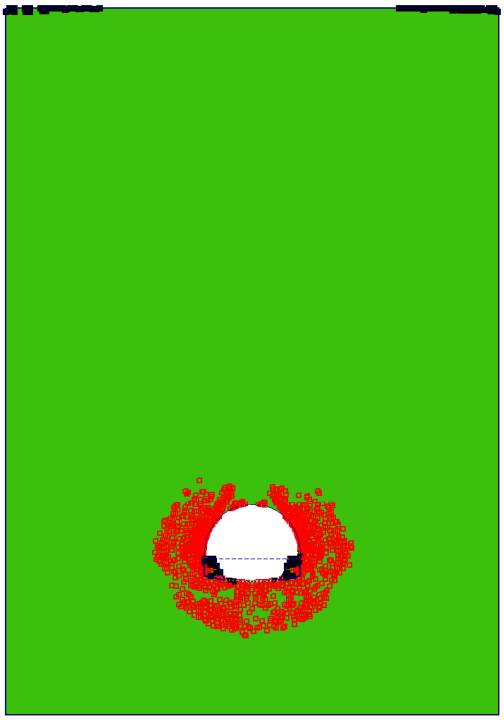


Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 101 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

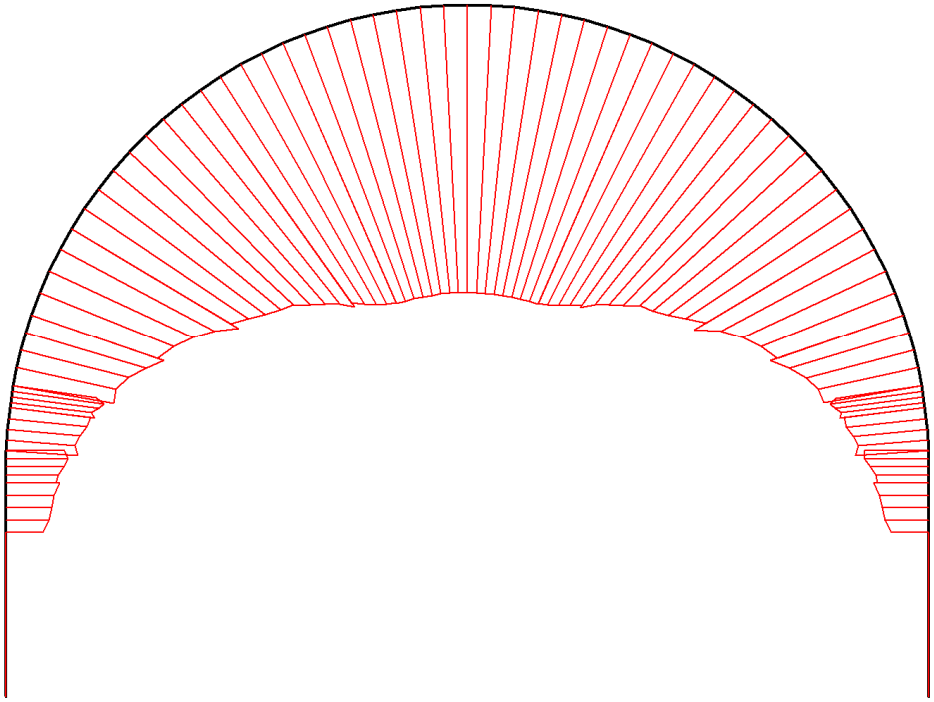


Fig. 15 Axial forces in beam
Extreme value -1,24*10^3 kN/m (Phase: 3)

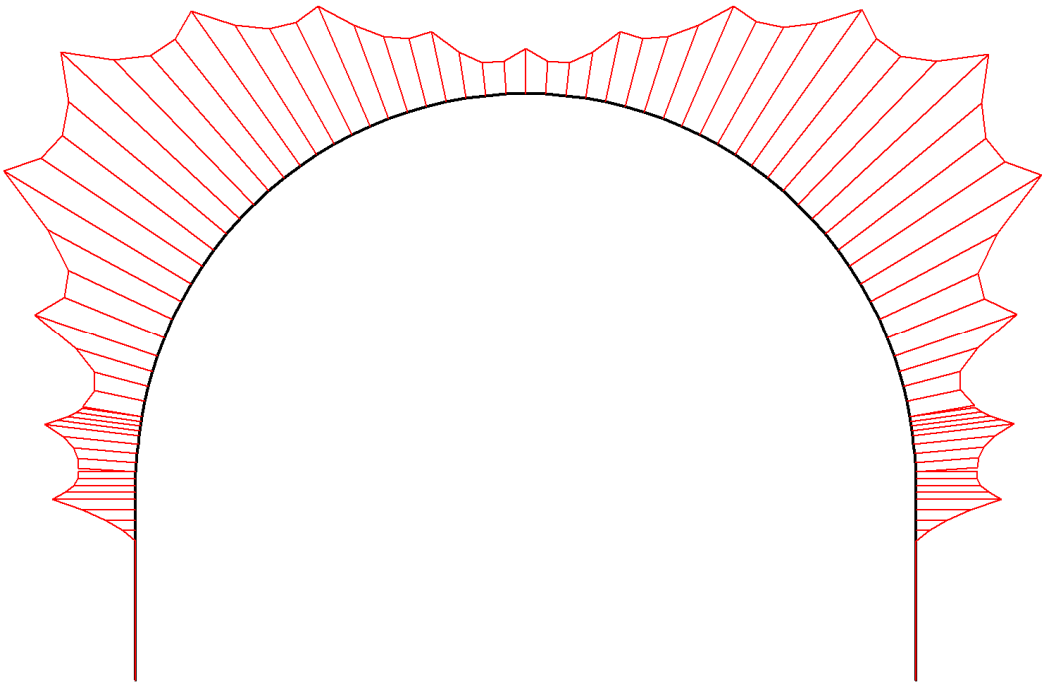


Fig. 16 Bending moments in beam
Extreme value -102,89 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	178,224	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	114,941	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	68,624	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	68,457	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	81,324	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	115,491	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	176,459	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	81,711	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	66,383	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

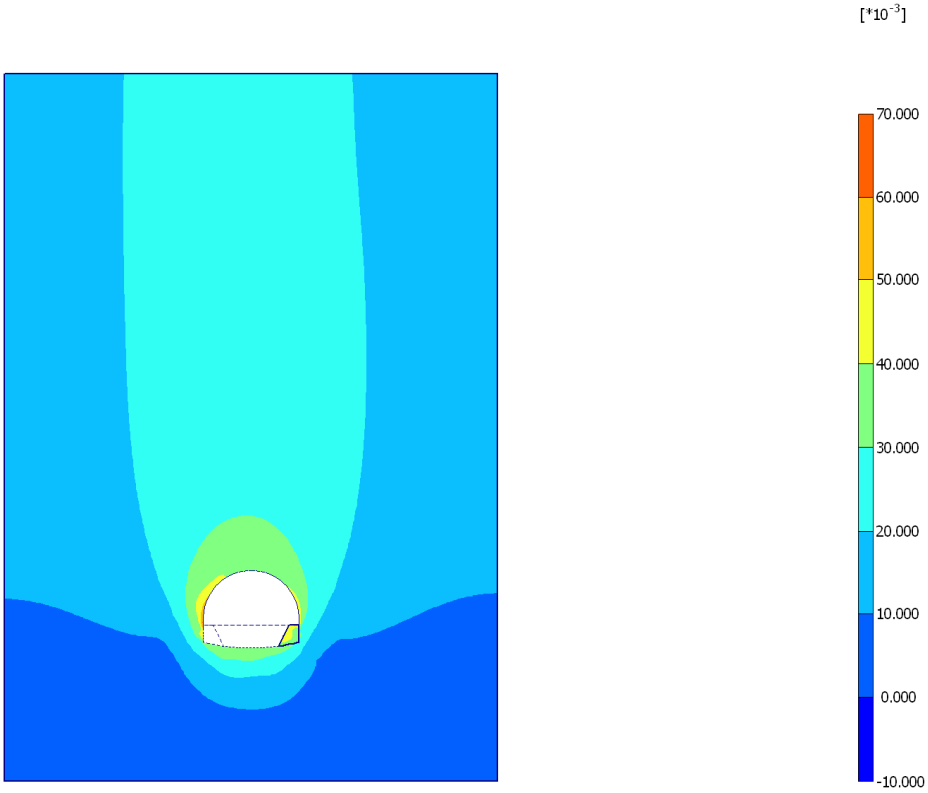


Fig. 17 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 121 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

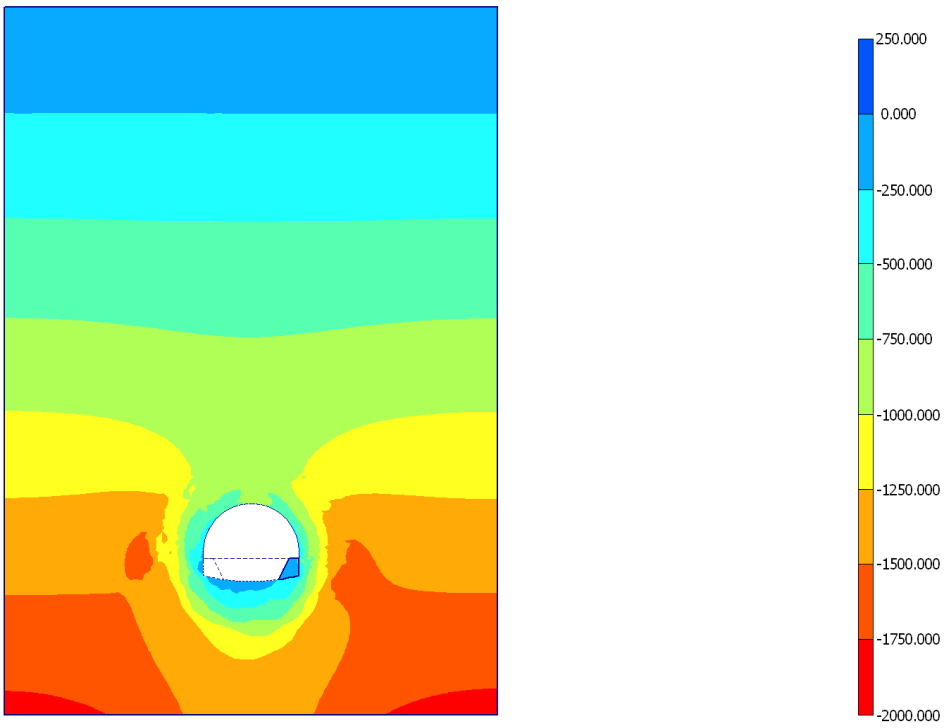


Fig. 18 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 121 - (Phase: 4)

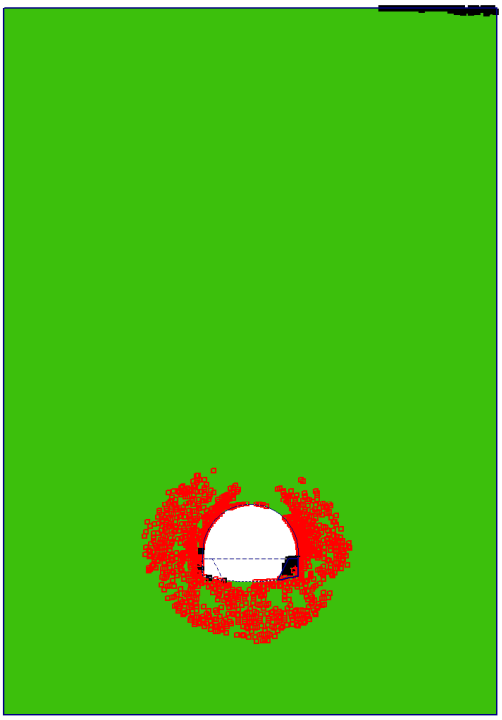


Fig. 19 Plot of plastic points
- Step no: 121 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

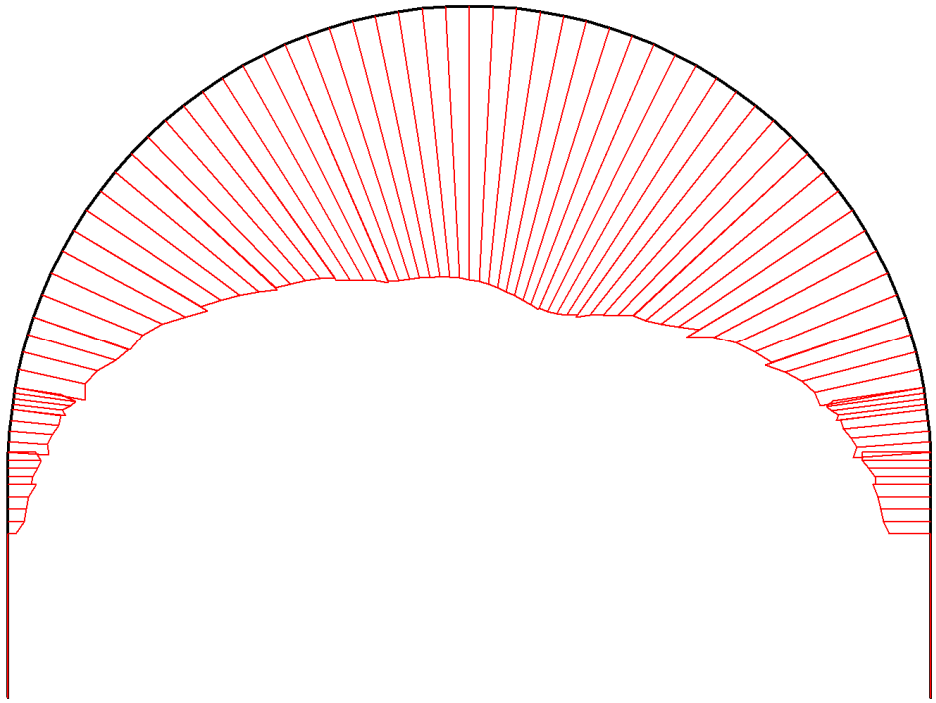


Fig. 20 Axial forces in beam
Extreme value -1,22*10^3 kN/m (Phase: 4)

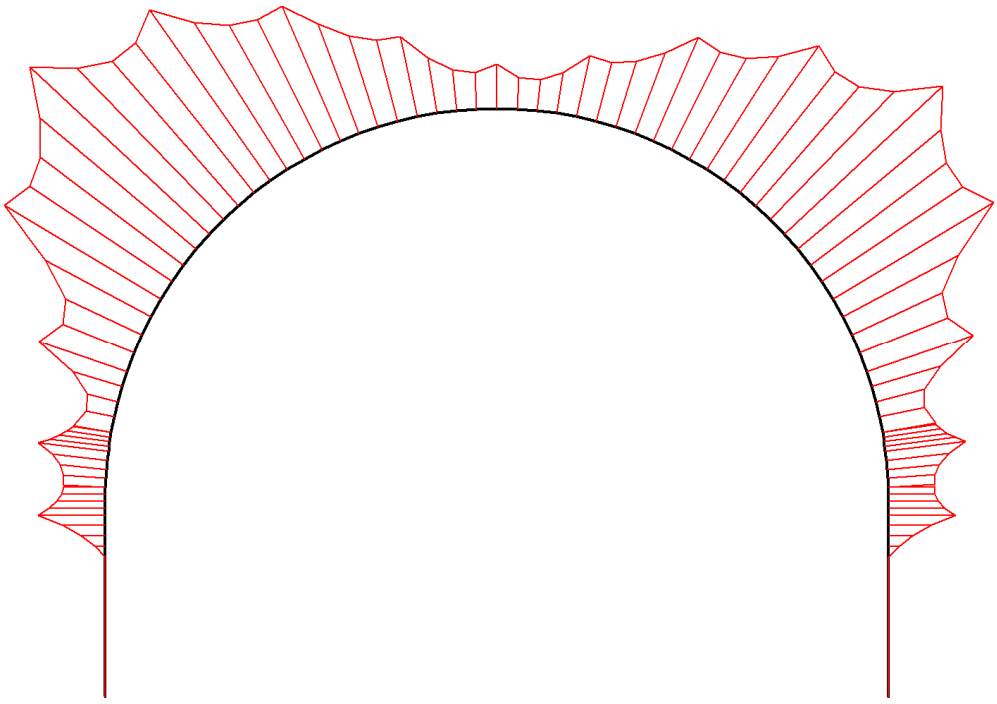


Fig. 21 Bending moments in beam
Extreme value -125,45 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	139,715	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	71,042	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	70,040	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	83,809	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	119,171	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	181,851	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	90,190	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	67,398	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

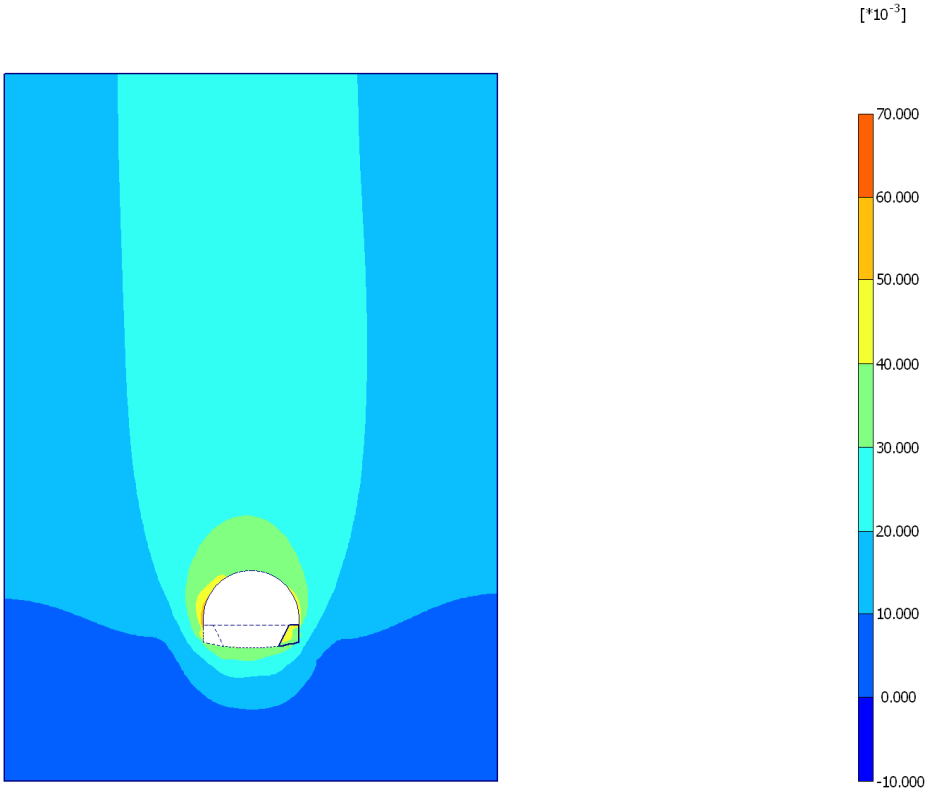


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 126 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

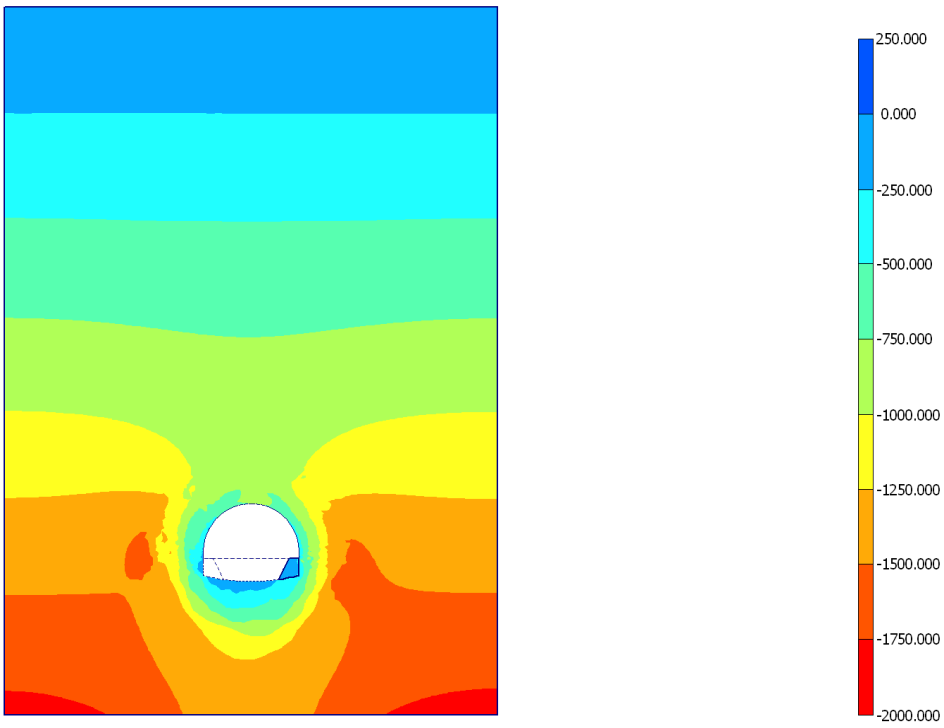


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 126 - (Phase: 5)

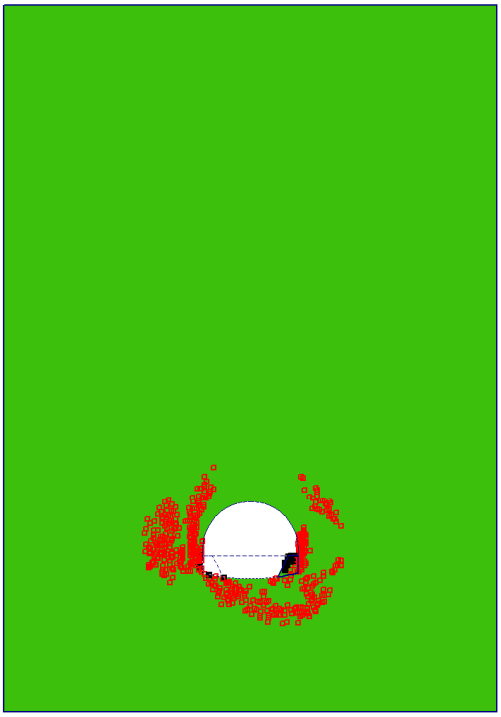


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 126 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

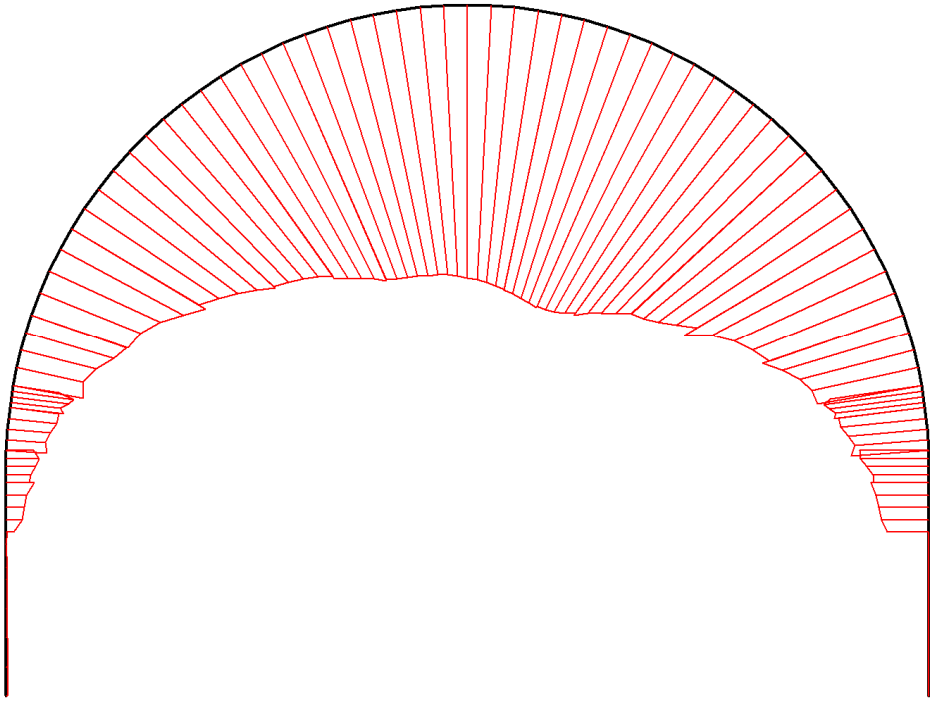


Fig. 25 Axial forces in beam
Extreme value -1,22*10^3 kN/m (Phase: 5)

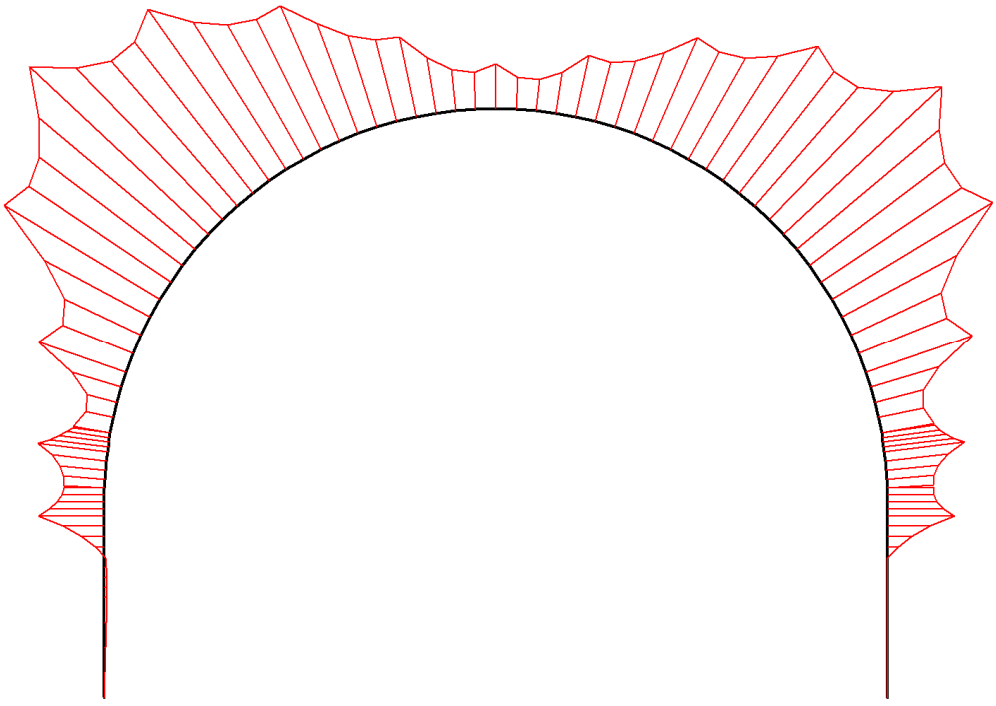


Fig. 26 Bending moments in beam
Extreme value -125,65 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	0,688	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	140,060	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	71,016	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	70,027	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	83,805	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	119,171	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	181,853	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	183,997	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	183,999	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	183,992	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	90,218	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	67,371	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

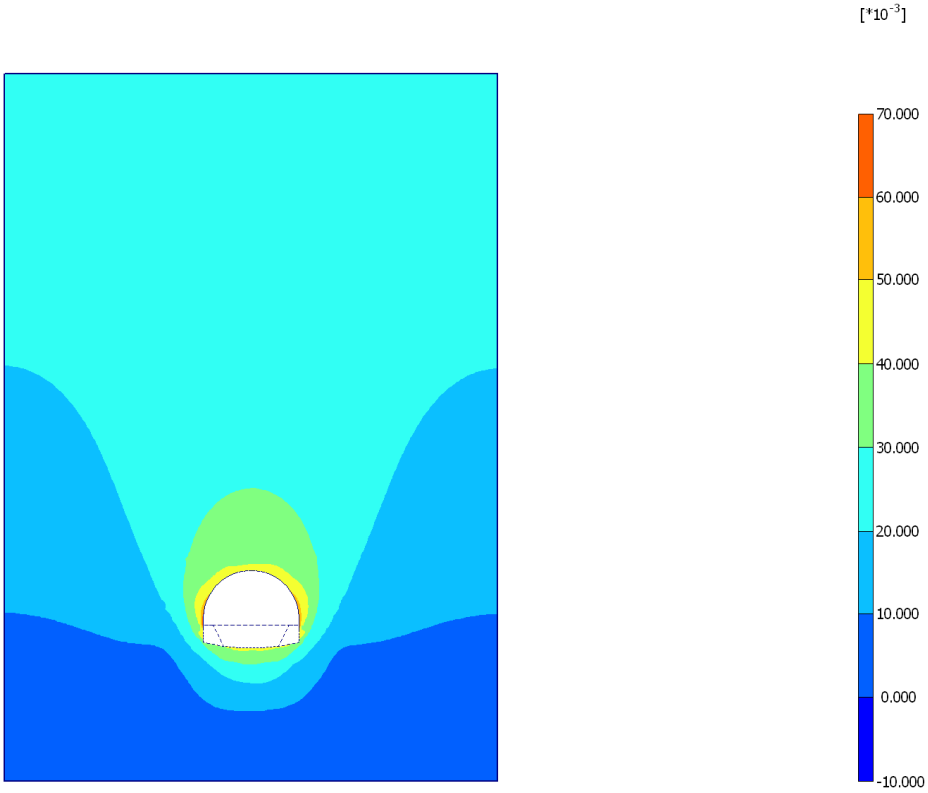


Fig. 27 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 145 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

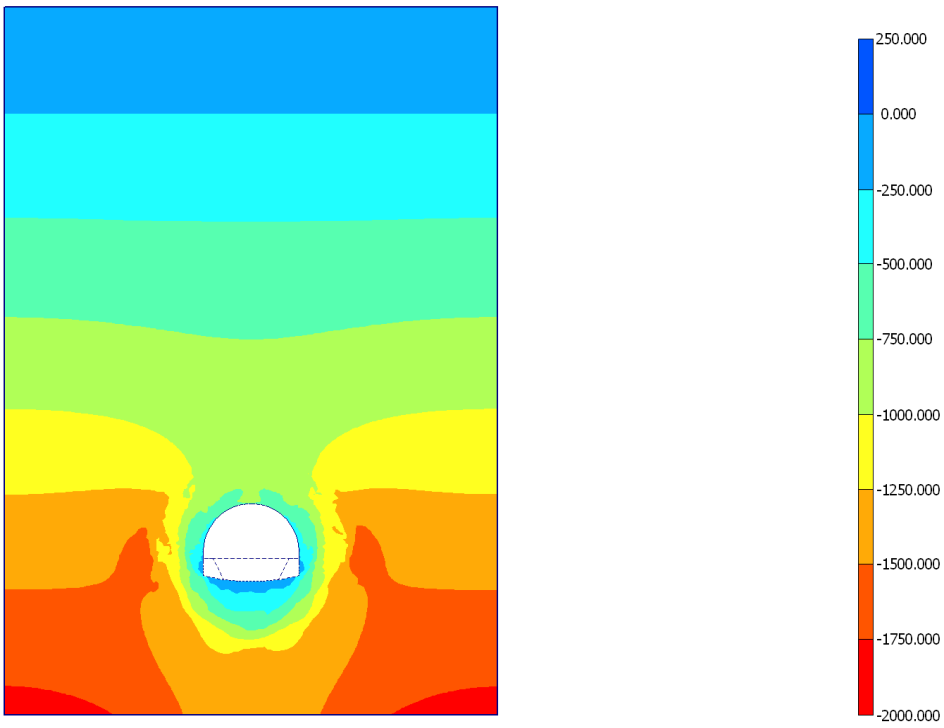


Fig. 28 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 145 - (Phase: 6)

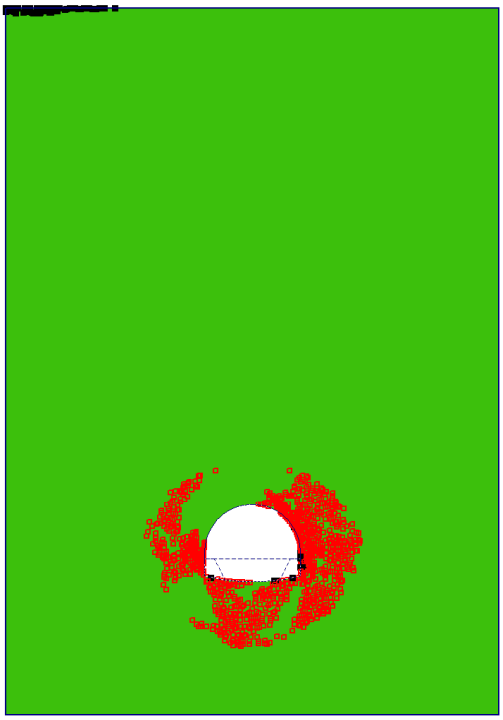


Fig. 29 Plot of plastic points
- Step no: 145 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

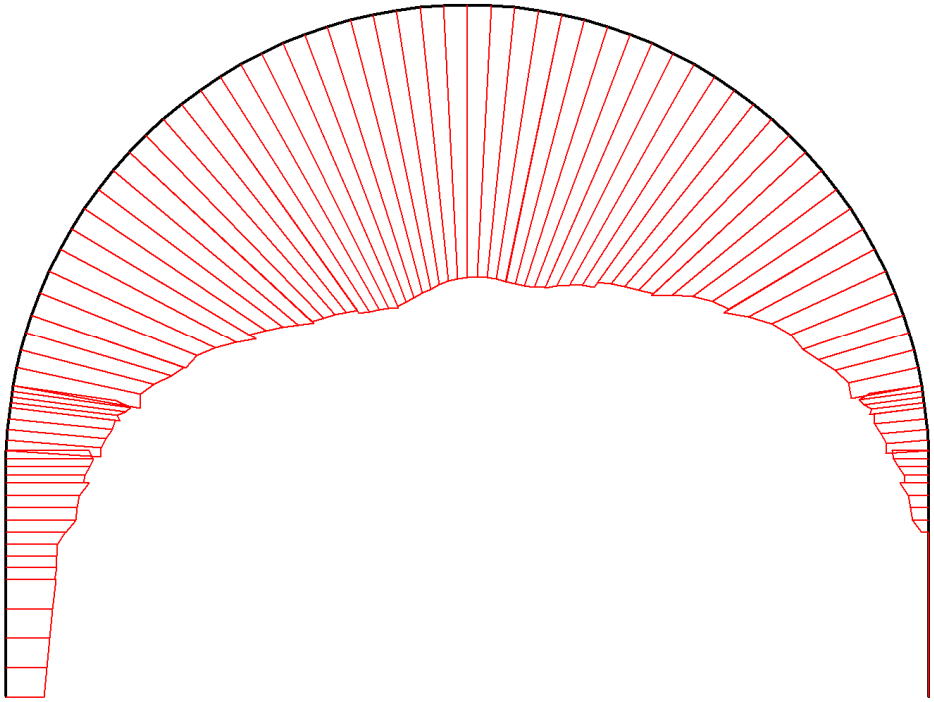


Fig. 30 Axial forces in beam
Extreme value -1,17*10^3 kN/m (Phase: 6)

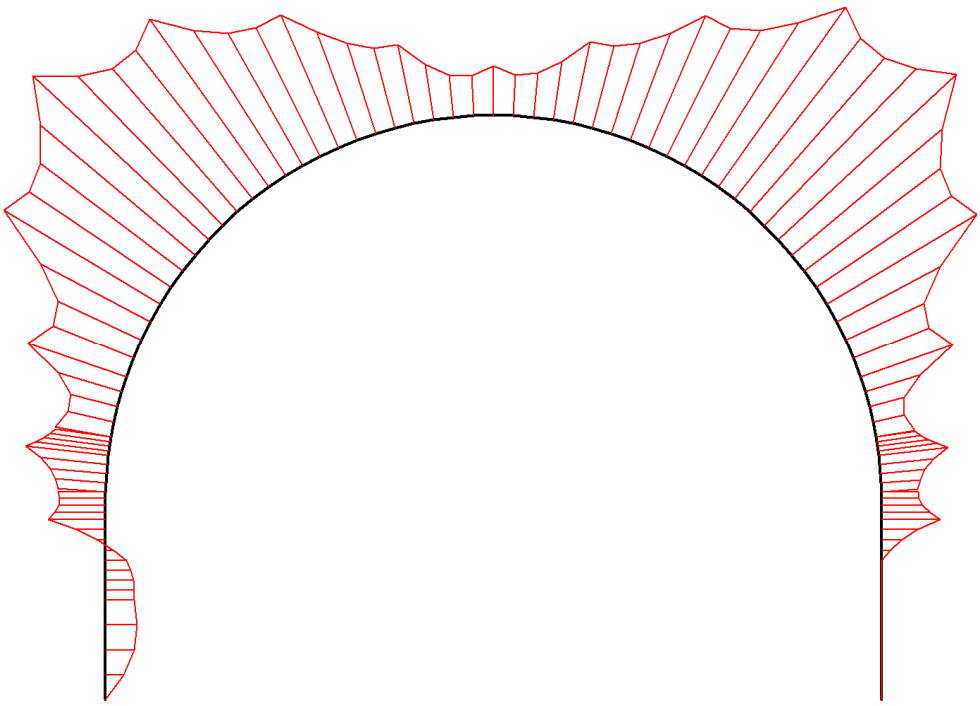


Fig. 31 Bending moments in beam
Extreme value -130,61 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	7,006	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	183,487	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	183,099	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	183,477	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	139,886	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	70,927	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	71,446	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	93,582	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	148,784	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	90,267	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	66,922	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

12.Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

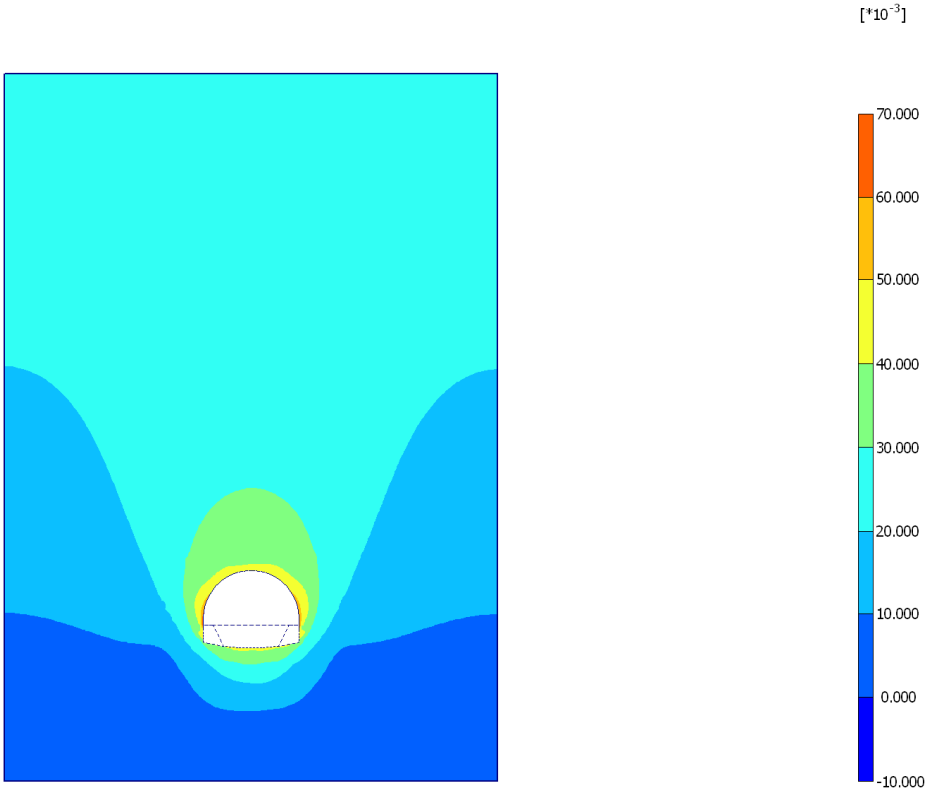


Fig. 32 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 148 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

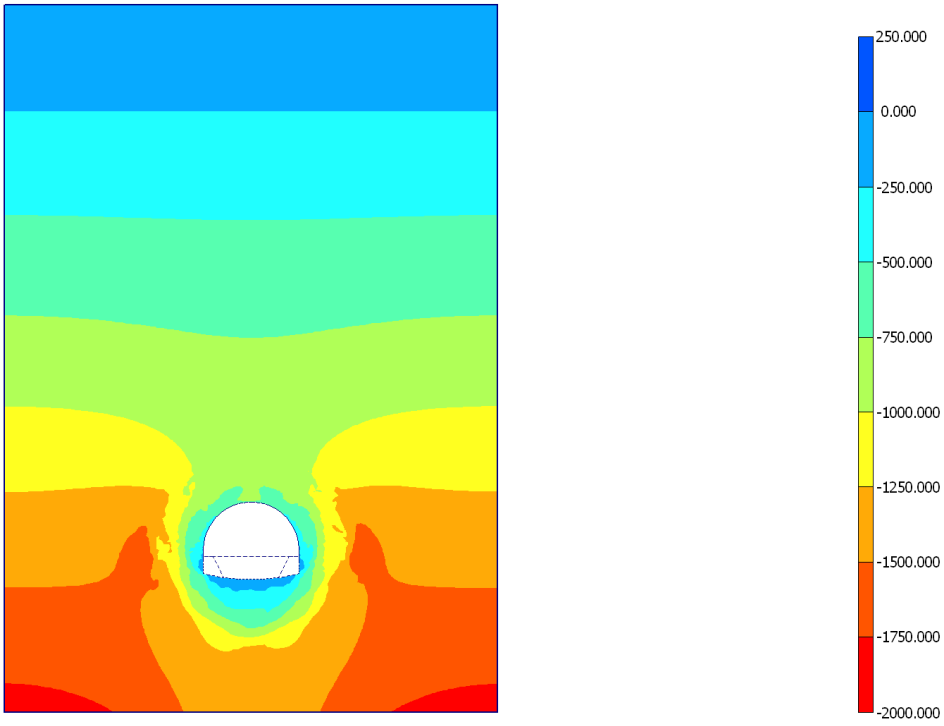


Fig. 33 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 148 - (Phase: 7)

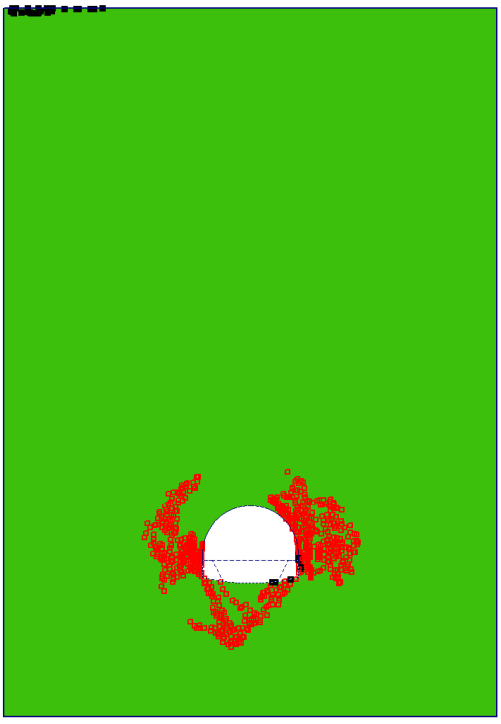


Fig. 34 Plot of plastic points
- Step no: 148 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

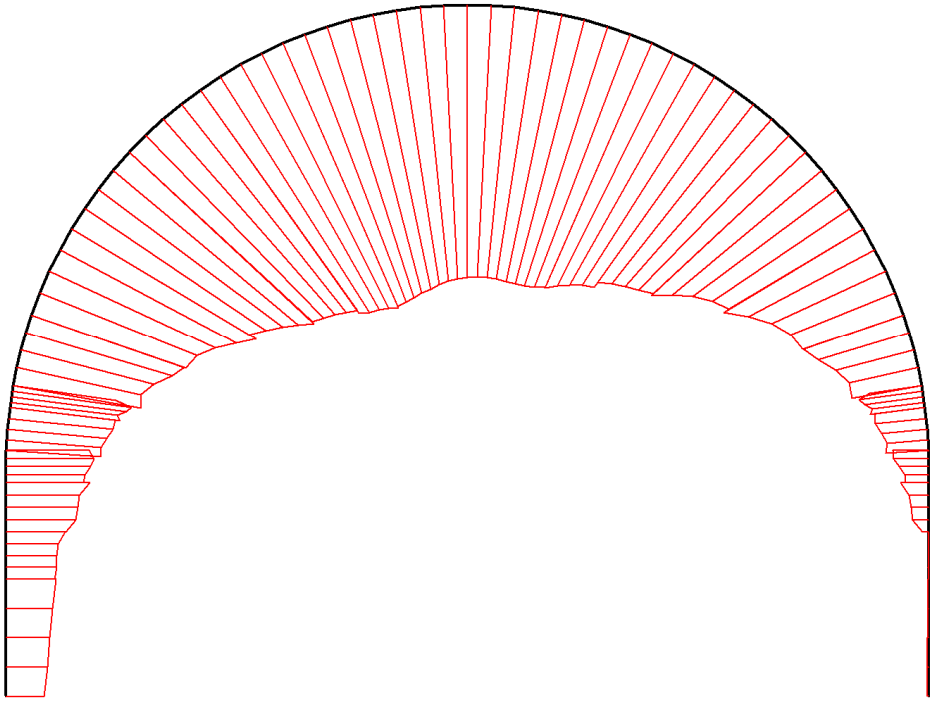


Fig. 35 Axial forces in beam
Extreme value -1,17*10^3 kN/m (Phase: 7)

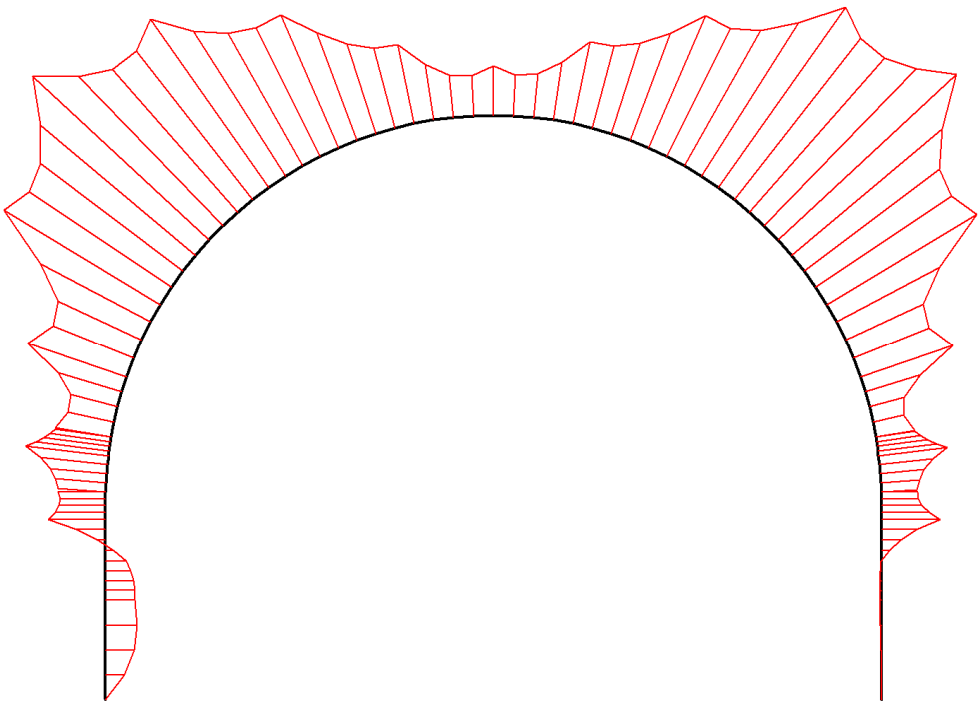


Fig. 36 Bending moments in beam
Extreme value -130,67 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1833	-8,654	1,089	7,028	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1715	-4,799	2,155						
2	2397	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2230	-4,799	3,155						
3	2939	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2785	-4,758	3,939						
4	3613	-8,350	6,112	183,486	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3385	-4,536	4,911						
5	4221	-7,600	7,782	183,096	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3851	-4,116	5,811						
6	4505	-6,510	9,262	183,476	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4343	-3,519	6,606						
7	4999	-5,150	10,482	139,885	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4679	-2,777	7,257						
8	6053	-1,820	11,952	70,923	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4695	-0,980	8,041						
9	6415	1,820	11,952	71,440	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5043	0,980	8,041						
10	6763	3,560	11,392	93,632	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5069	1,917	7,742						
11	6373	5,150	10,482	149,038	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5059	2,777	7,257						
12	6383	6,510	9,262	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4973	3,519	6,606						
13	4621	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5369	8,350	6,112						
14	5743	7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4963	4,116	5,811						
15	3529	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4605	8,740	4,322						
16	4285	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	3417	4,799	3,155						
17	3745	8,654	1,089	0,235	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3318	4,799	2,155						
18	5727	-3,560	11,392	90,266	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4705	-1,917	7,742						
19	5837	0,000	12,142	66,911	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5033	0,000	8,142						

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: ST-II, CS-4. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	59,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

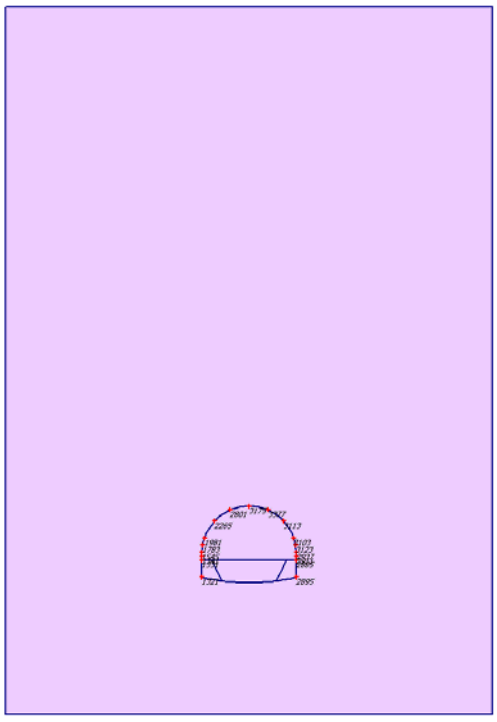


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

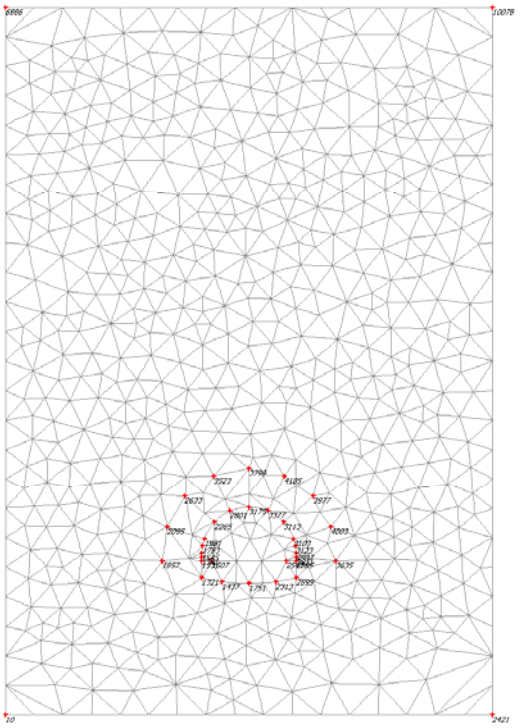


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

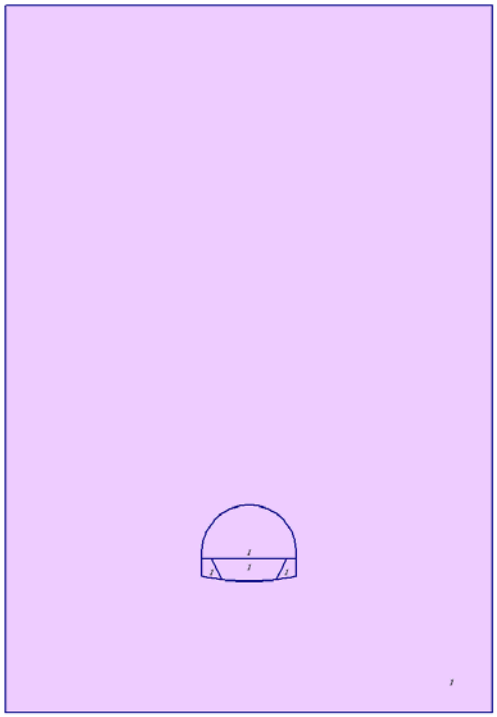


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas calcareas RMR_55**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,80
γ_{sat}	[kN/m³]	26,80
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	6125000,000
ν	[-]	0,280
G_{ref}	[kN/m²]	2392578,125
E_{oed}	[kN/m²]	7830255,682
c_{ref}	[kN/m²]	335,00
φ	[°]	44,50
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	**Identification**	**EA** [kN/m]	**EI** [kNm²/m]	**w** [kN/m/m]	**ν** [-]	**Mp** [kNm/m]	**Np** [kN/m]
1	Gunita 0,10	1,45E6	1210,00	2,50	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Swellex Mn18?	103000,00	184,000	184,000	2,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	5
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	6	21
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	22	26
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	27	32
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	33	36
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	37	41

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

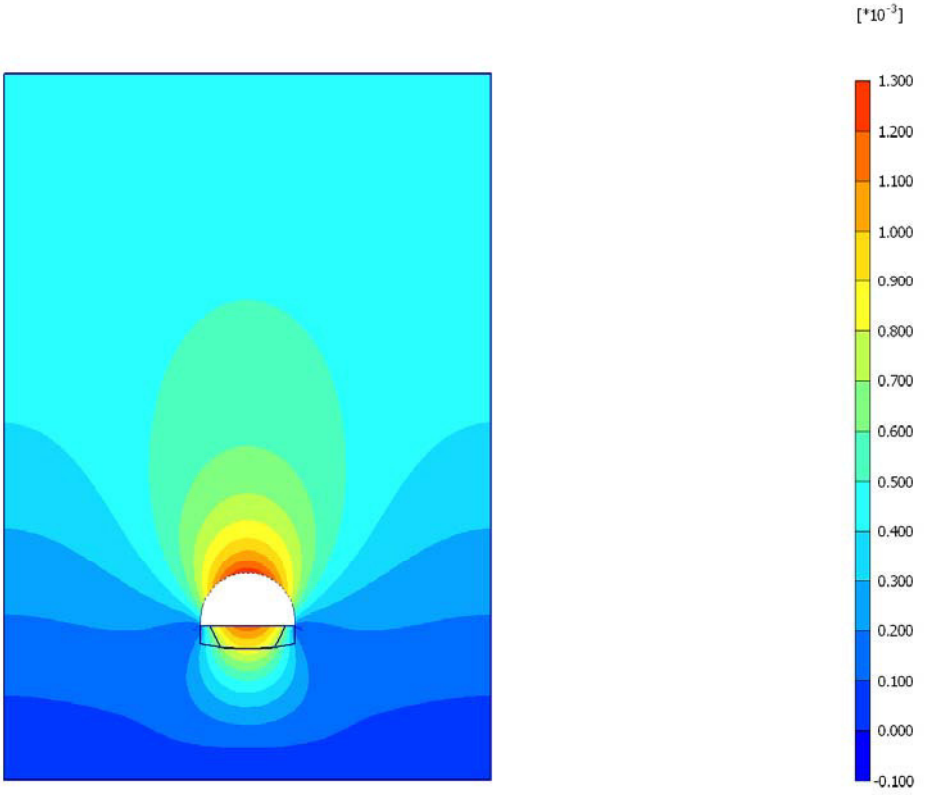


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

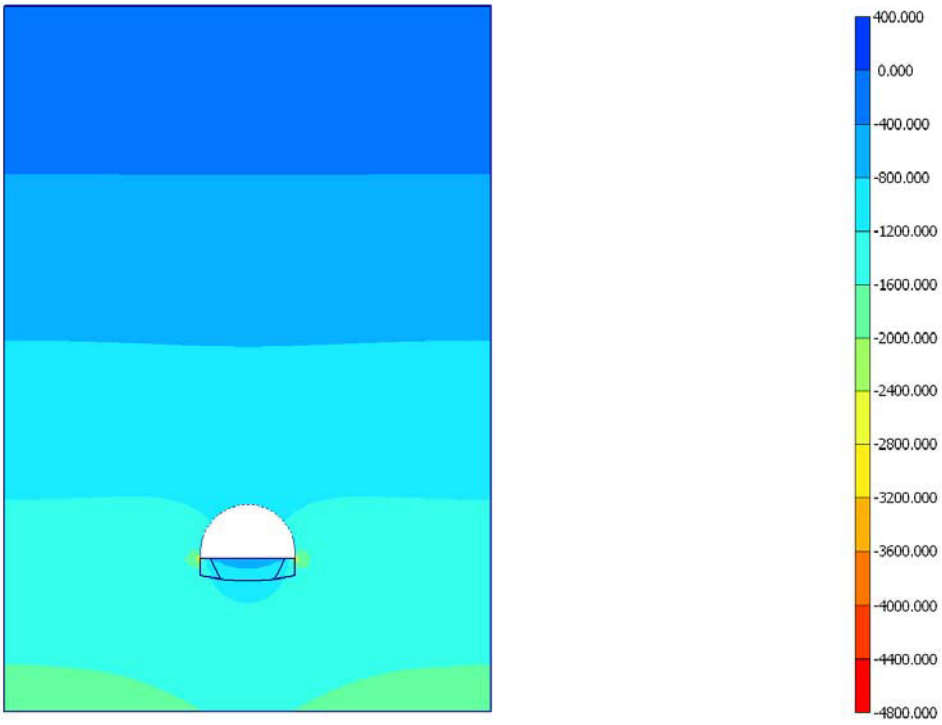


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

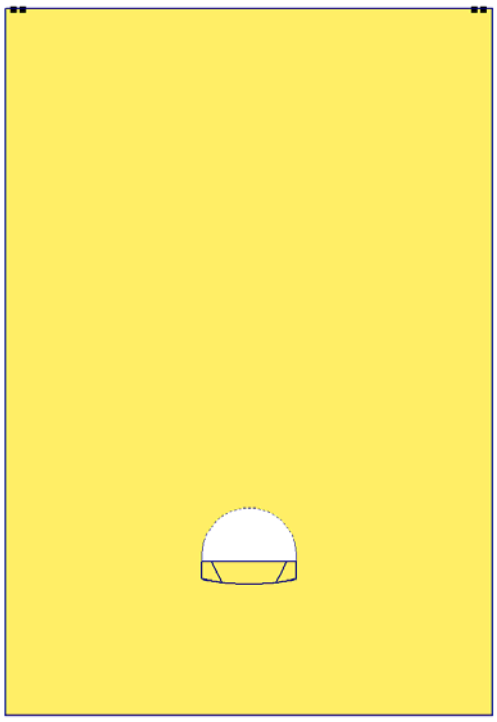


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
1	1657	-8,800	2,682	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1341	-4,799	3,046						
2	2095	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	1981	-4,536	4,911						
3	2633	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2265	-3,519	6,606						
4	3523	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2801	-1,917	7,742						
5	4185	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	1,917	7,742						
6	3977	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3113	3,519	6,606						
7	4003	8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3103	4,536	4,911						
8	3635	8,800	2,682	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						
9	3799	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3175	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

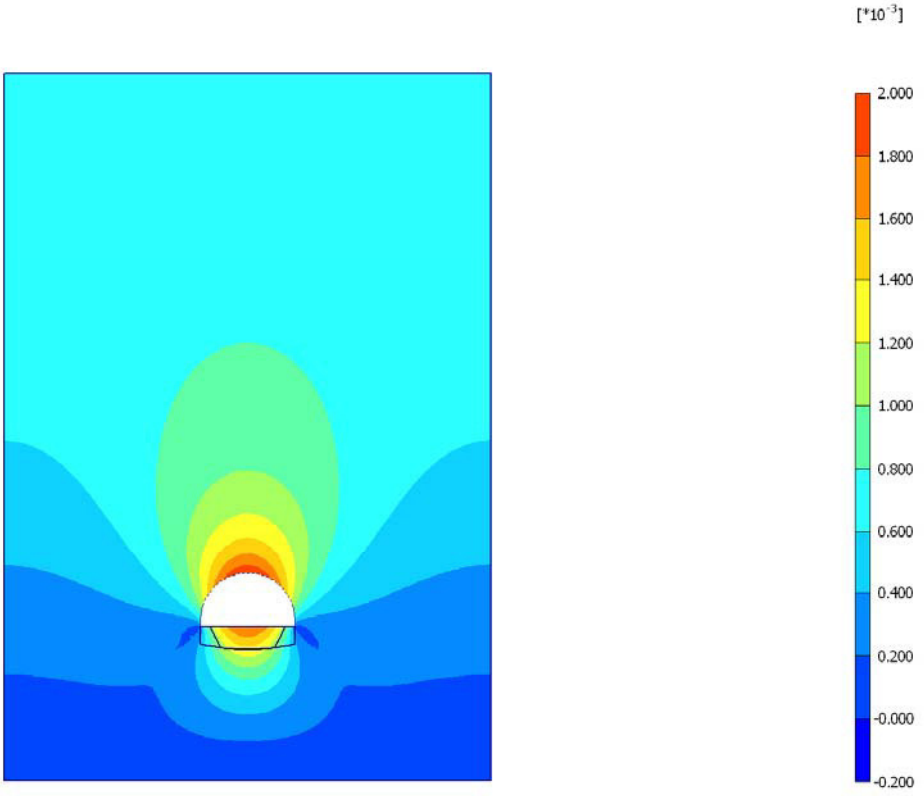


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 5 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

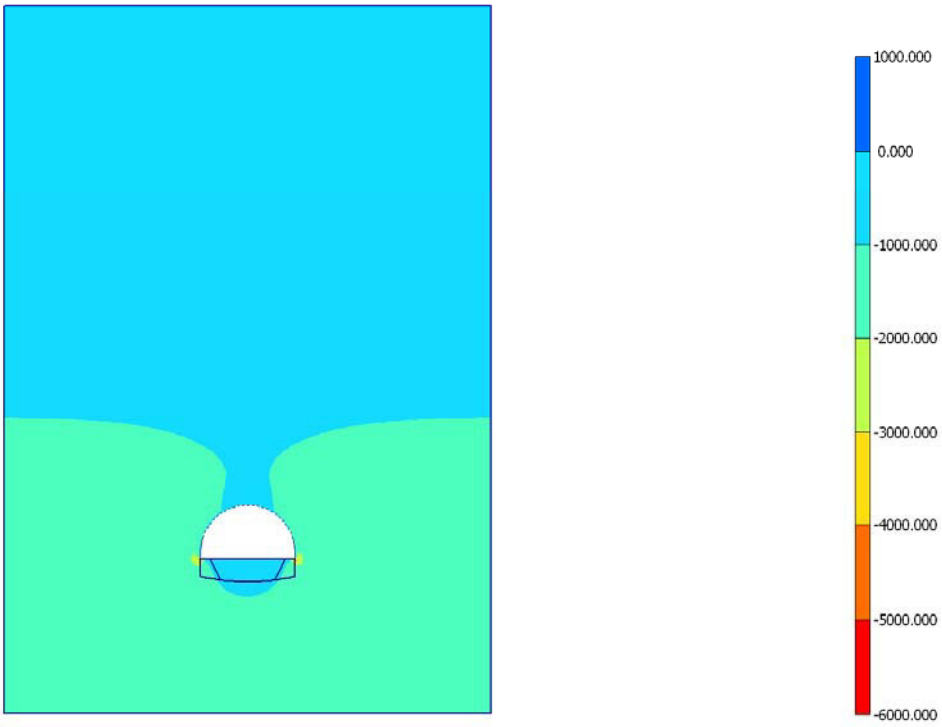


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 5 - (Phase: 2)

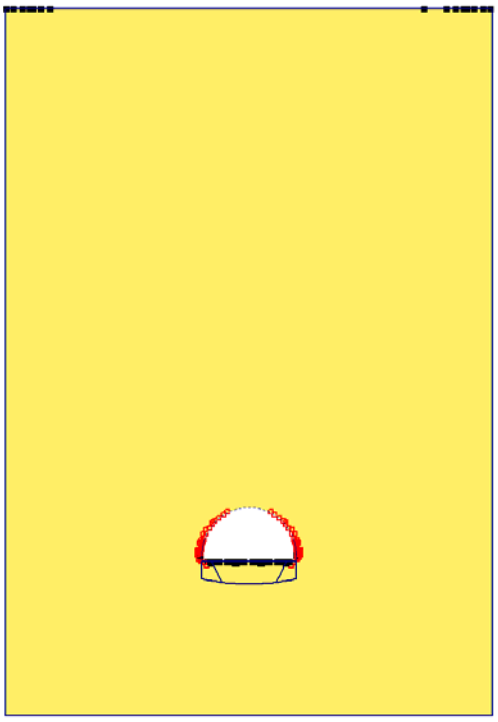
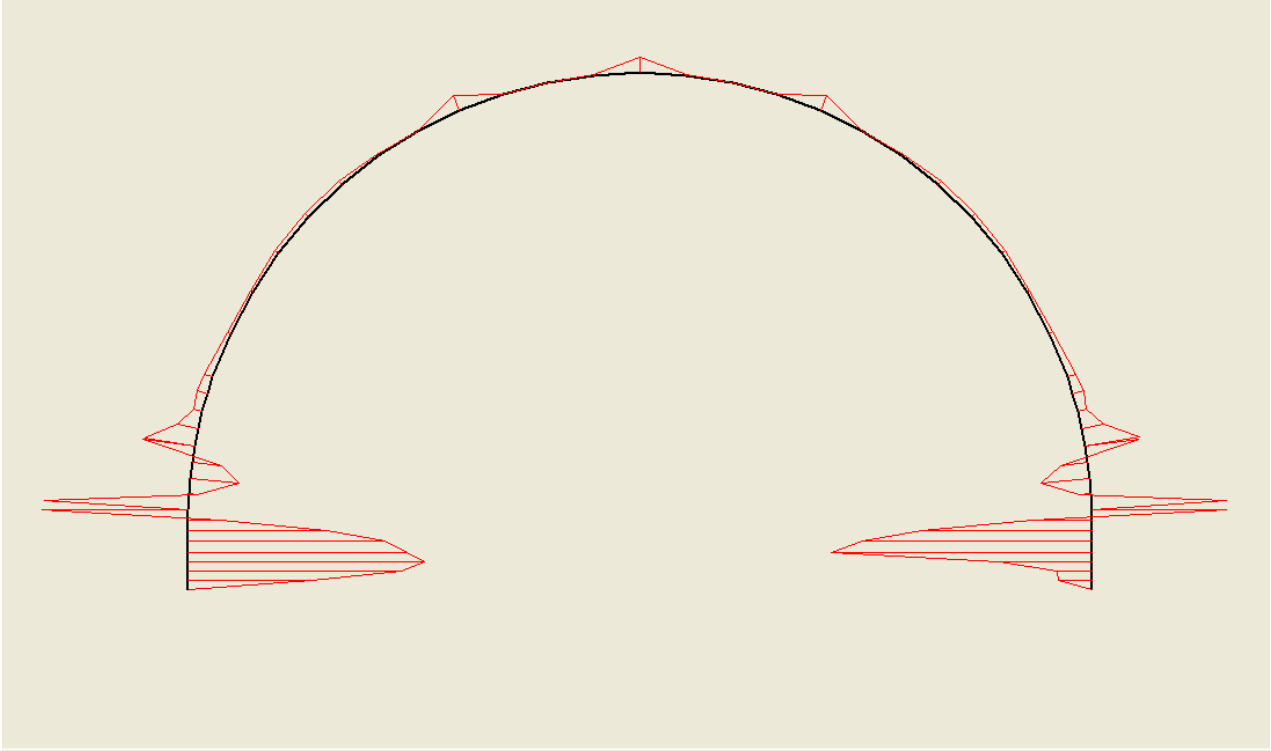


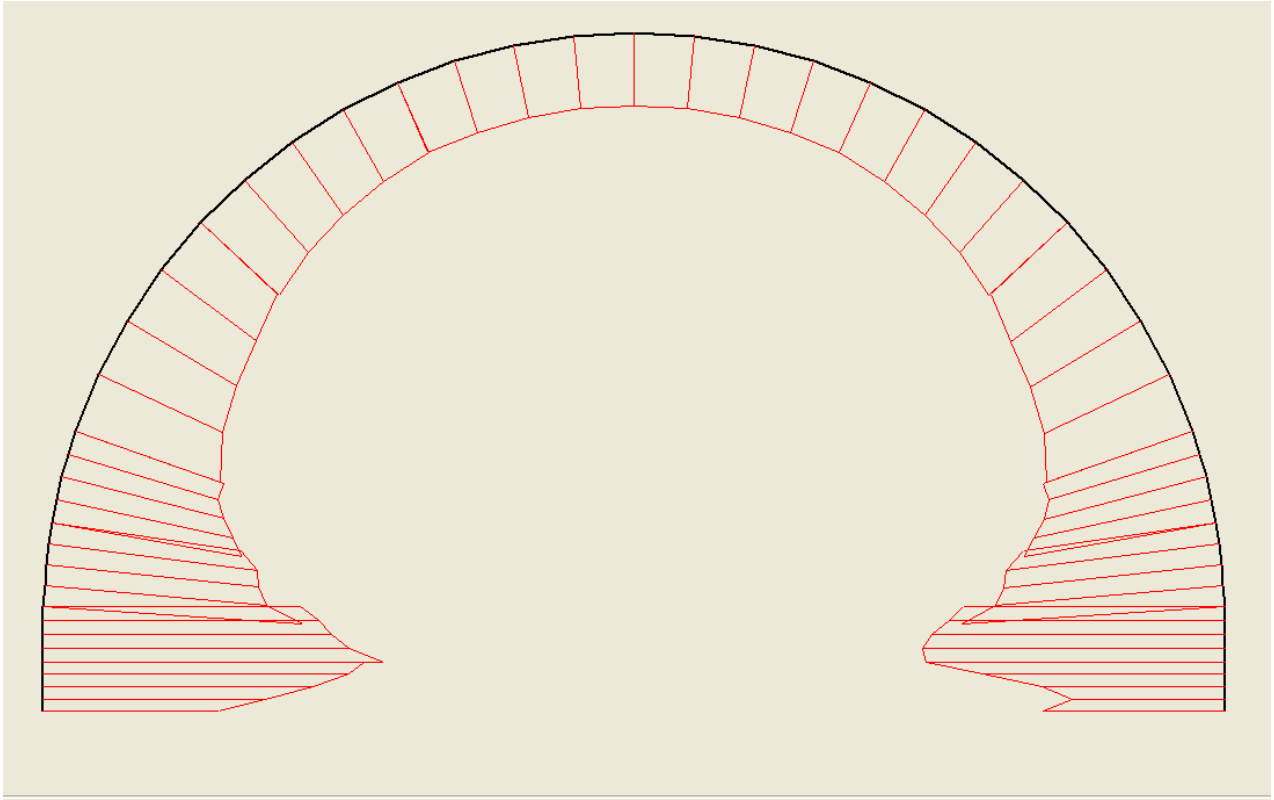
Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 5 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment 1,42 kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -392,59 kN/m

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1657	-8,800	2,682	4,301	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1341	-4,799	3,046						
2	2095	-8,350	6,112	5,012	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	1981	-4,536	4,911						
3	2633	-6,510	9,262	5,206	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2265	-3,519	6,606						
4	3523	-3,560	11,392	5,289	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2801	-1,917	7,742						
5	4185	3,560	11,392	5,288	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	1,917	7,742						
6	3977	6,510	9,262	5,204	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3113	3,519	6,606						
7	4003	8,350	6,112	5,002	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3103	4,536	4,911						
8	3635	8,800	2,682	4,042	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						
9	3799	0,000	12,142	5,393	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3175	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

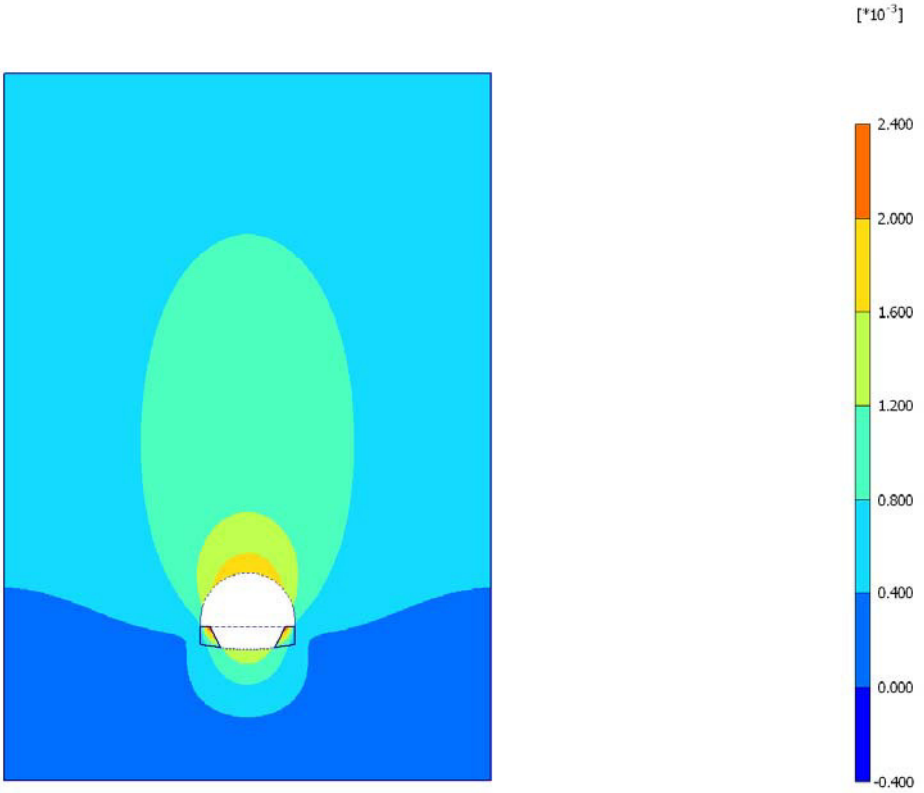


Fig. 10 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 21 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

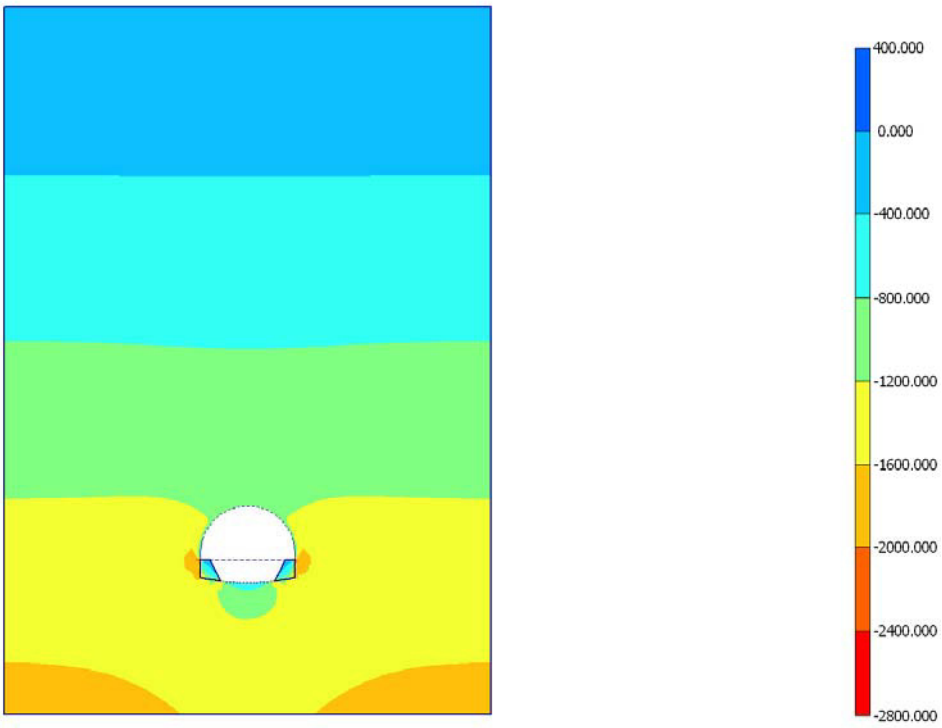


Fig. 11 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 21 - (Phase: 3)

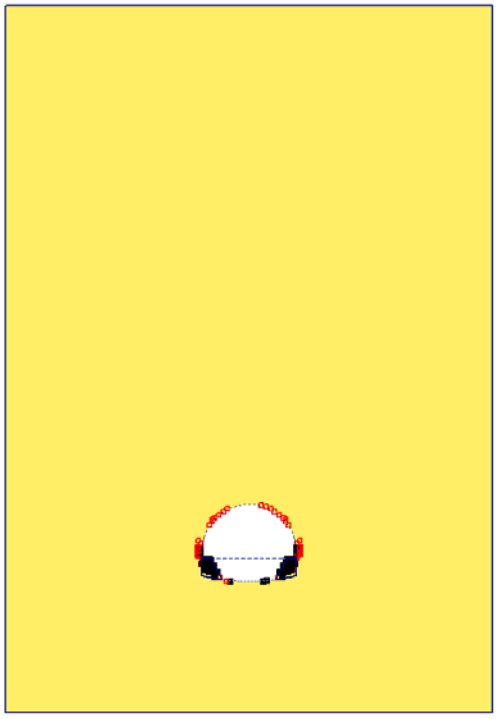


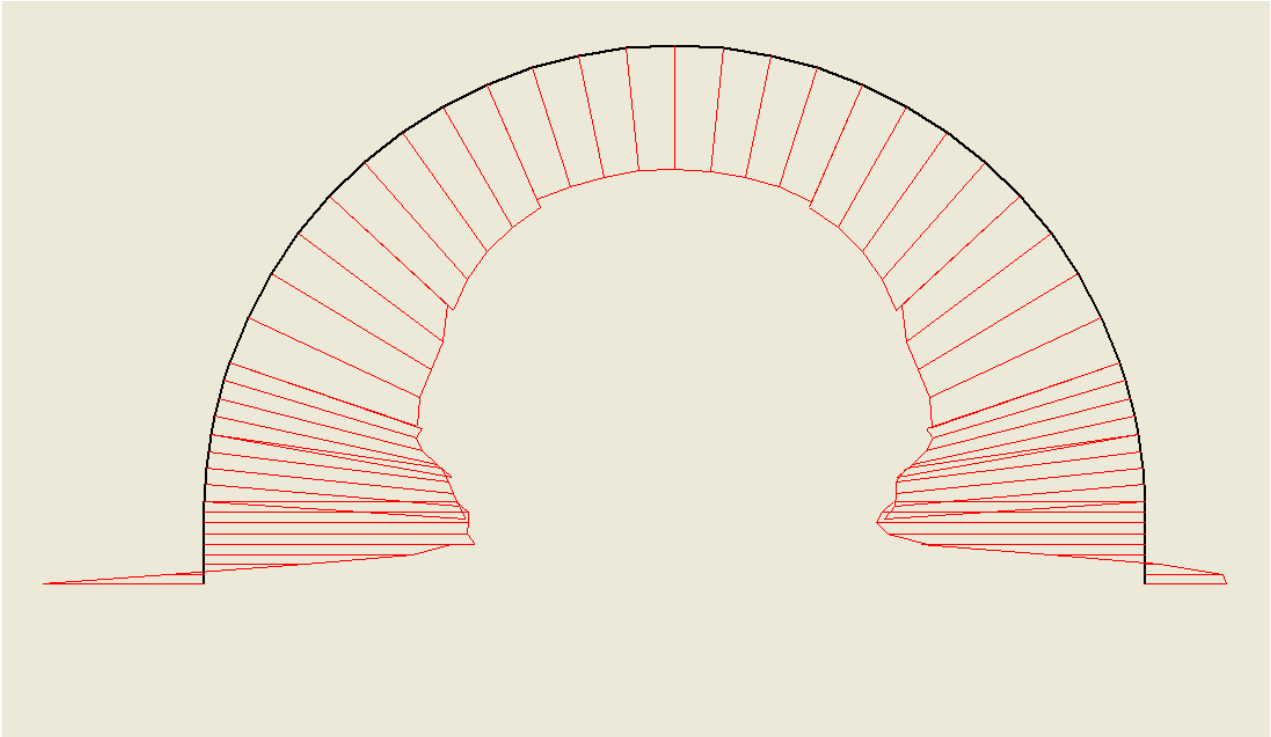
Fig. 12 Plot of plastic points
- Step no: 21 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -784,68*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -244,77 kN/m

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1657	-8,800	2,682	9,473	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1341	-4,799	3,046						
2	2095	-8,350	6,112	6,003	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	1981	-4,536	4,911						
3	2633	-6,510	9,262	5,497	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2265	-3,519	6,606						
4	3523	-3,560	11,392	5,343	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2801	-1,917	7,742						
5	4185	3,560	11,392	5,343	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	1,917	7,742						
6	3977	6,510	9,262	5,498	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3113	3,519	6,606						
7	4003	8,350	6,112	6,011	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3103	4,536	4,911						
8	3635	8,800	2,682	9,024	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						
9	3799	0,000	12,142	5,411	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3175	0,000	8,142						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

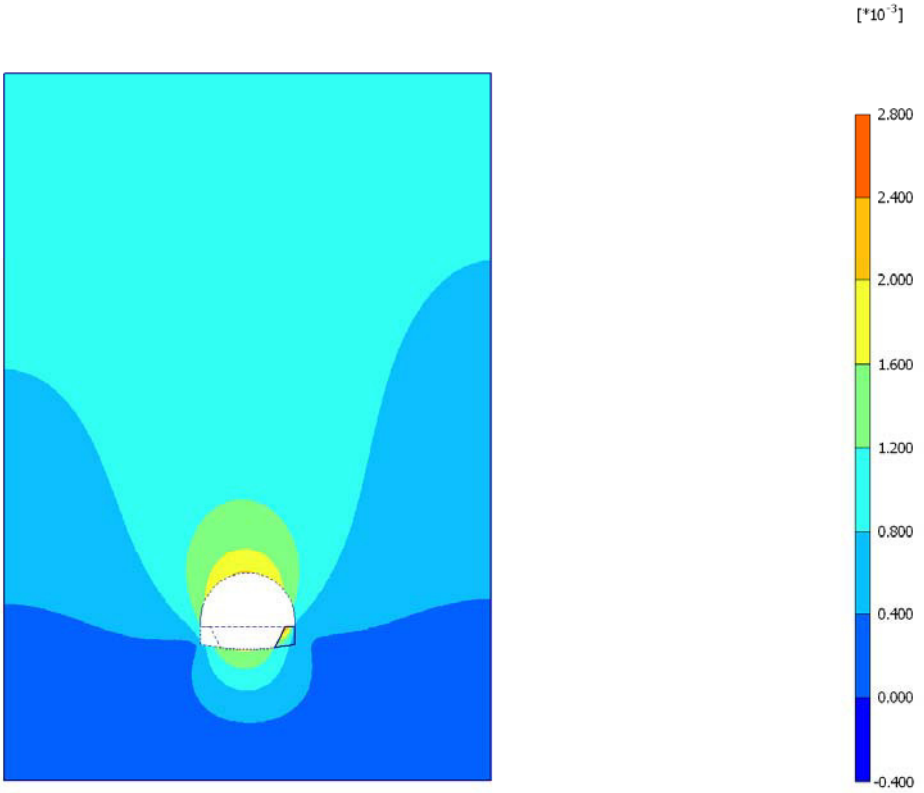


Fig. 13 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 26 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

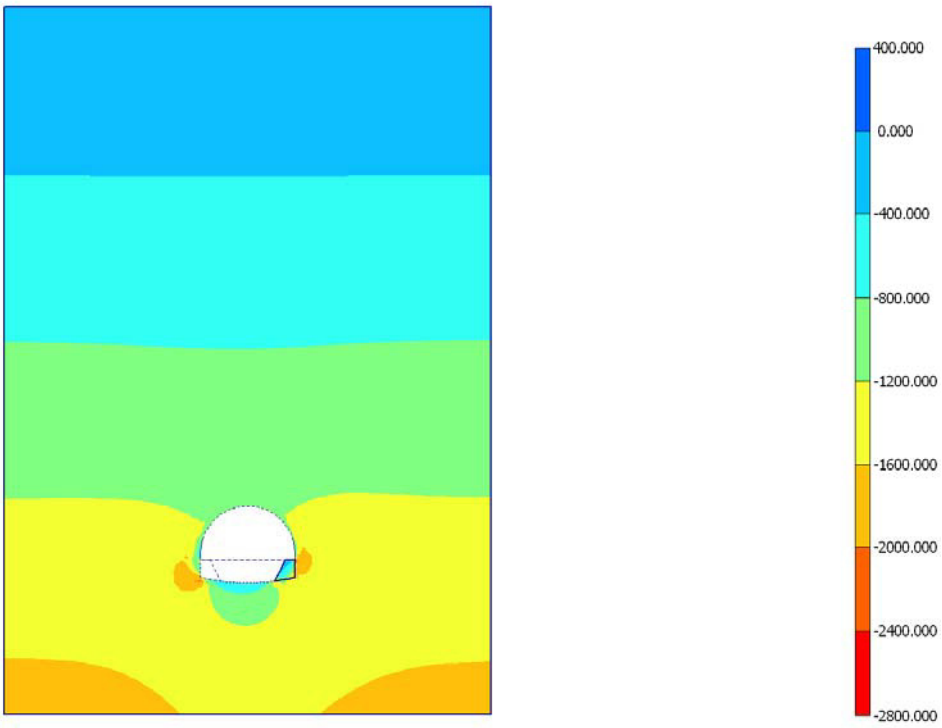


Fig. 14 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 26 - (Phase: 4)

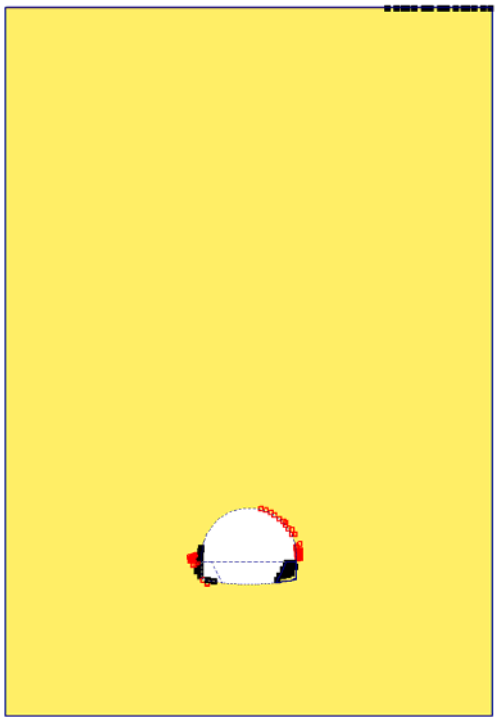
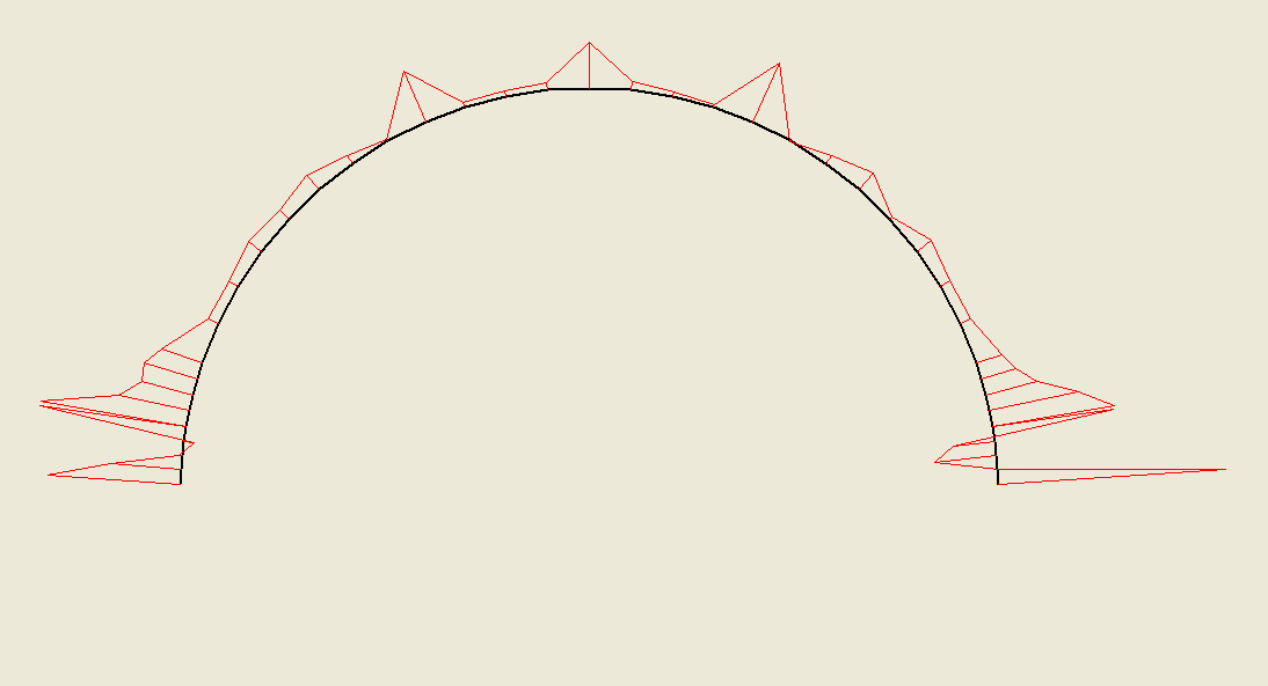


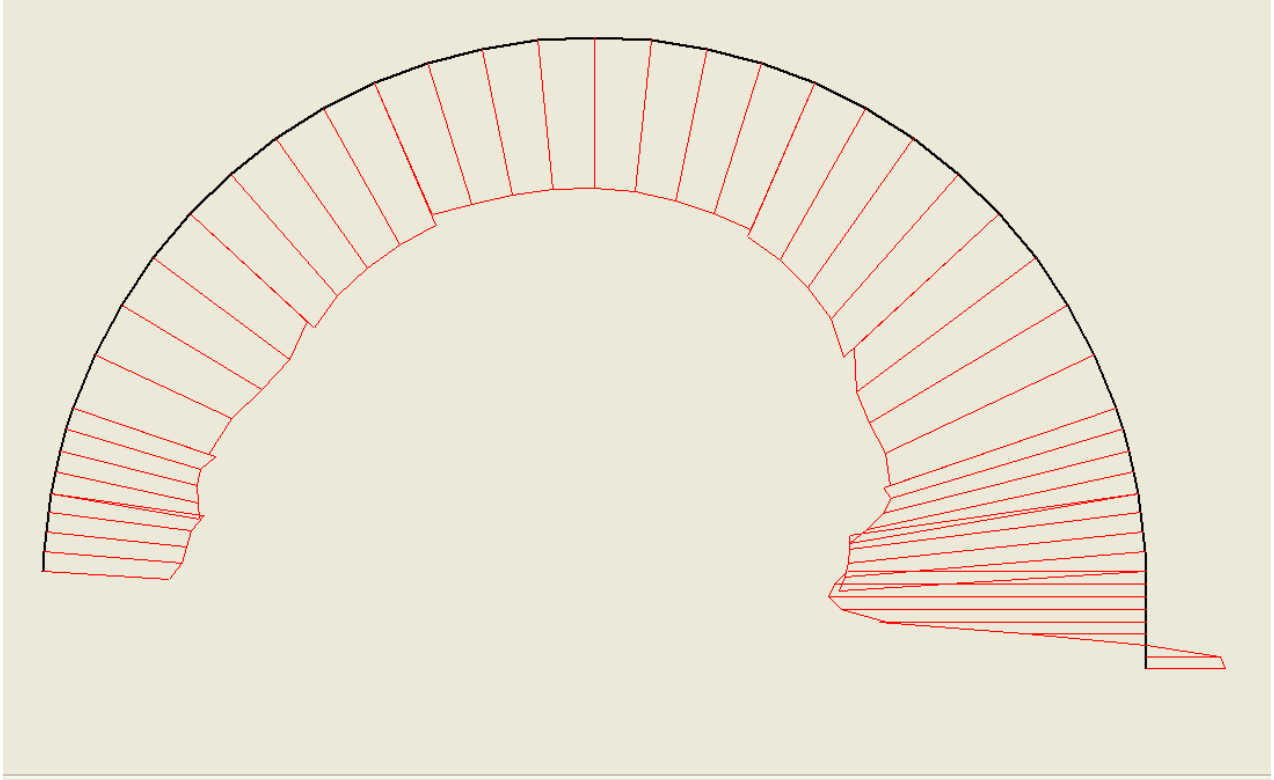
Fig. 15 Plot of plastic points
- Step no: 26 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -703,39*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -254,56 kN/m

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1657	-8,800	2,682	14,612	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1341	-4,799	3,046						
2	2095	-8,350	6,112	7,204	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	1981	-4,536	4,911						
3	2633	-6,510	9,262	5,922	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2265	-3,519	6,606						
4	3523	-3,560	11,392	5,502	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2801	-1,917	7,742						
5	4185	3,560	11,392	5,386	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	1,917	7,742						
6	3977	6,510	9,262	5,564	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3113	3,519	6,606						
7	4003	8,350	6,112	6,045	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3103	4,536	4,911						
8	3635	8,800	2,682	9,079	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						
9	3799	0,000	12,142	5,483	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3175	0,000	8,142						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

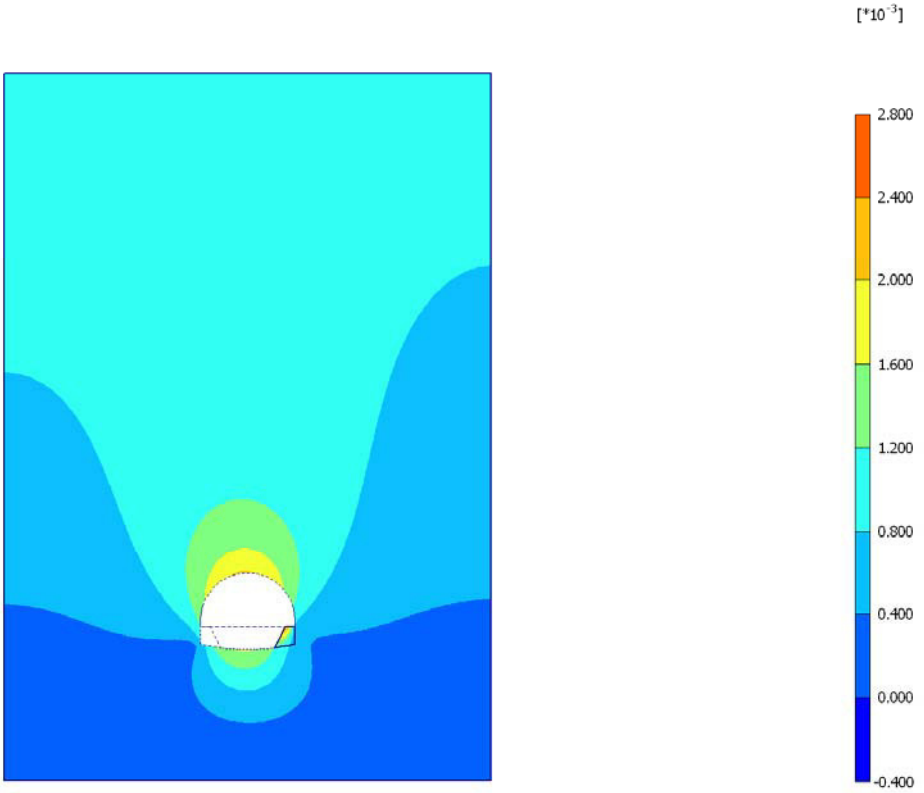


Fig. 16 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

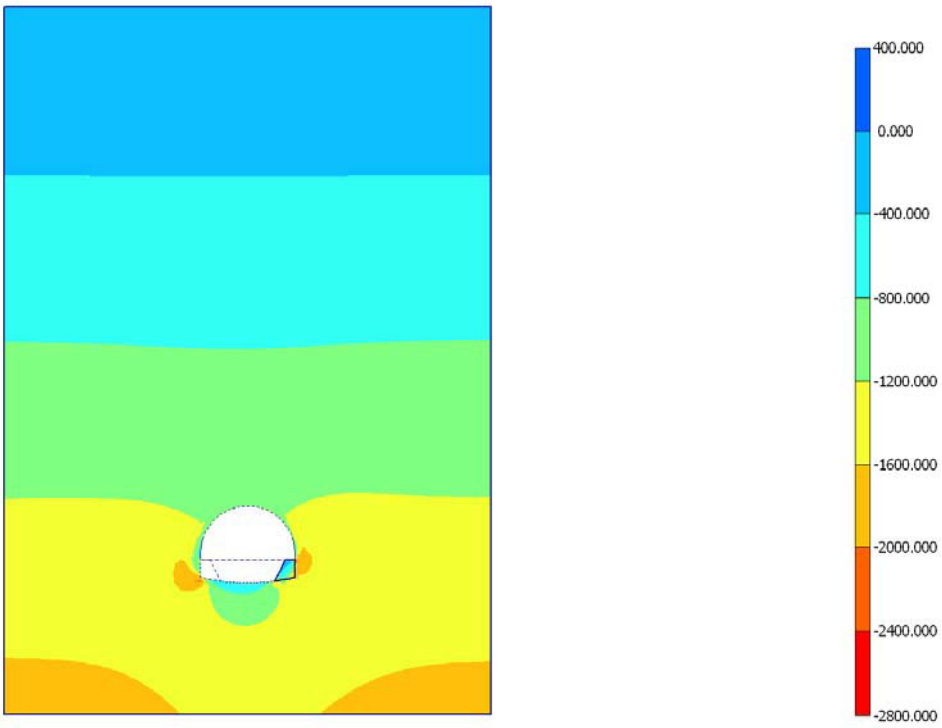


Fig. 17 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 5)

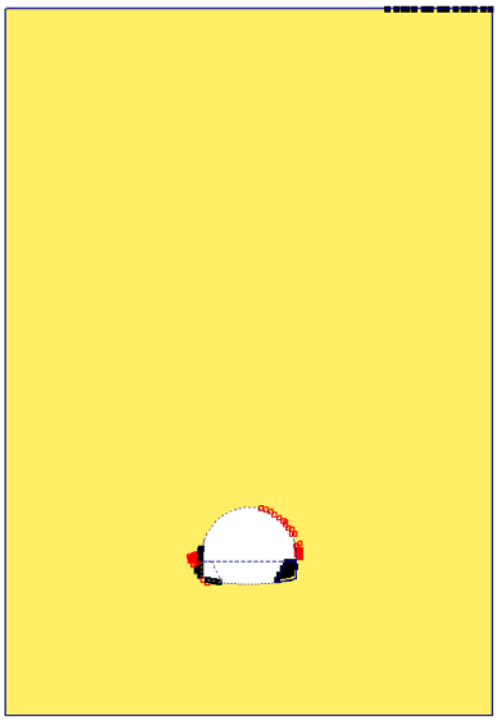


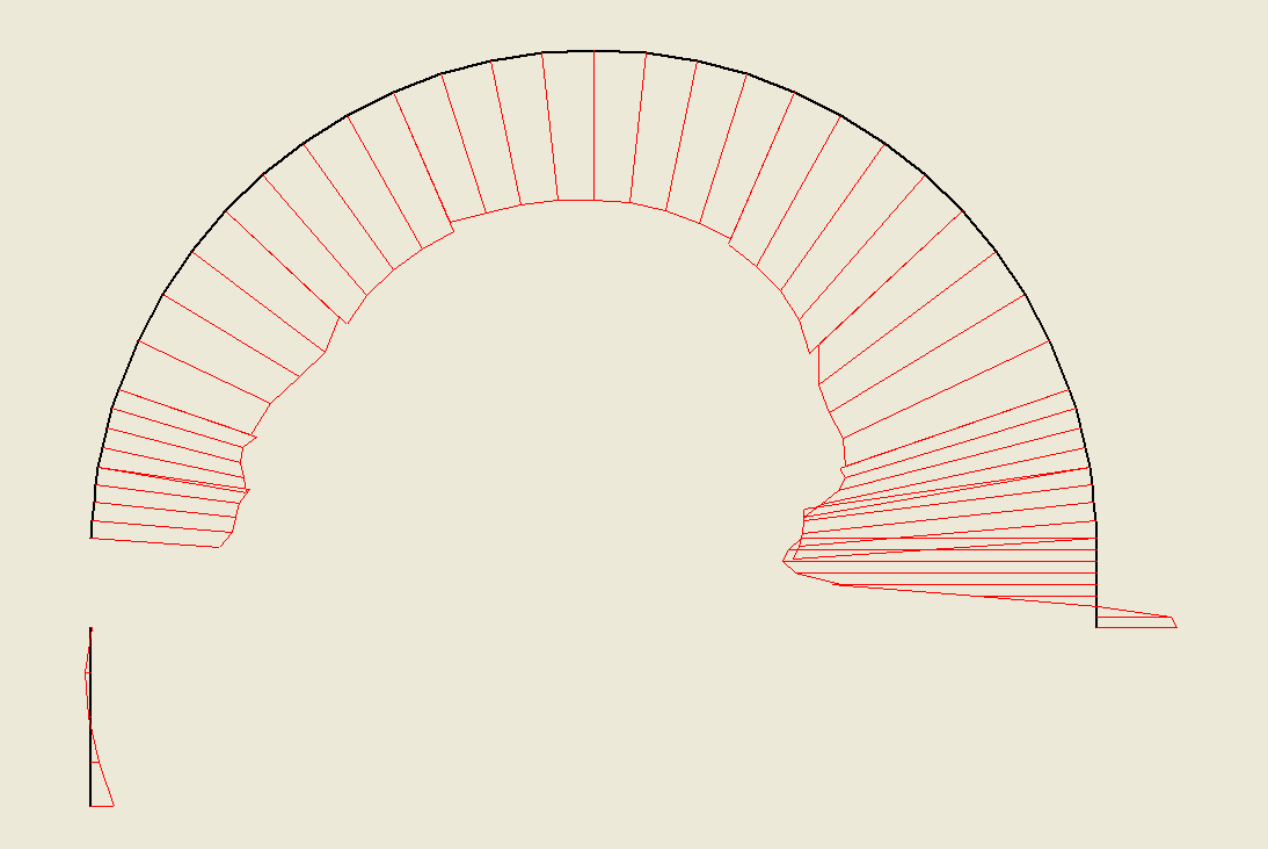
Fig. 18 Plot of plastic points
- Step no: 32 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -703,25*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -254,69 kN/m

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1657	-8,800	2,682	14,998	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1341	-4,799	3,046						
2	2095	-8,350	6,112	7,216	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	1981	-4,536	4,911						
3	2633	-6,510	9,262	5,933	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2265	-3,519	6,606						
4	3523	-3,560	11,392	5,508	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2801	-1,917	7,742						
5	4185	3,560	11,392	5,388	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	1,917	7,742						
6	3977	6,510	9,262	5,566	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3113	3,519	6,606						
7	4003	8,350	6,112	6,047	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3103	4,536	4,911						
8	3635	8,800	2,682	9,083	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						
9	3799	0,000	12,142	5,486	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3175	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

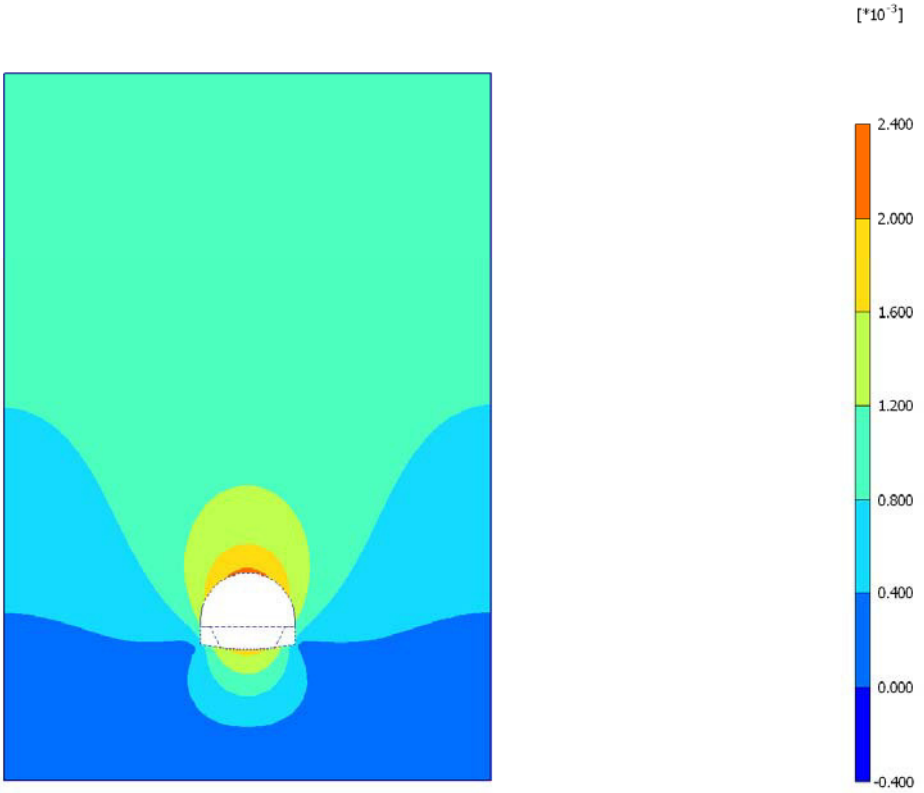


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

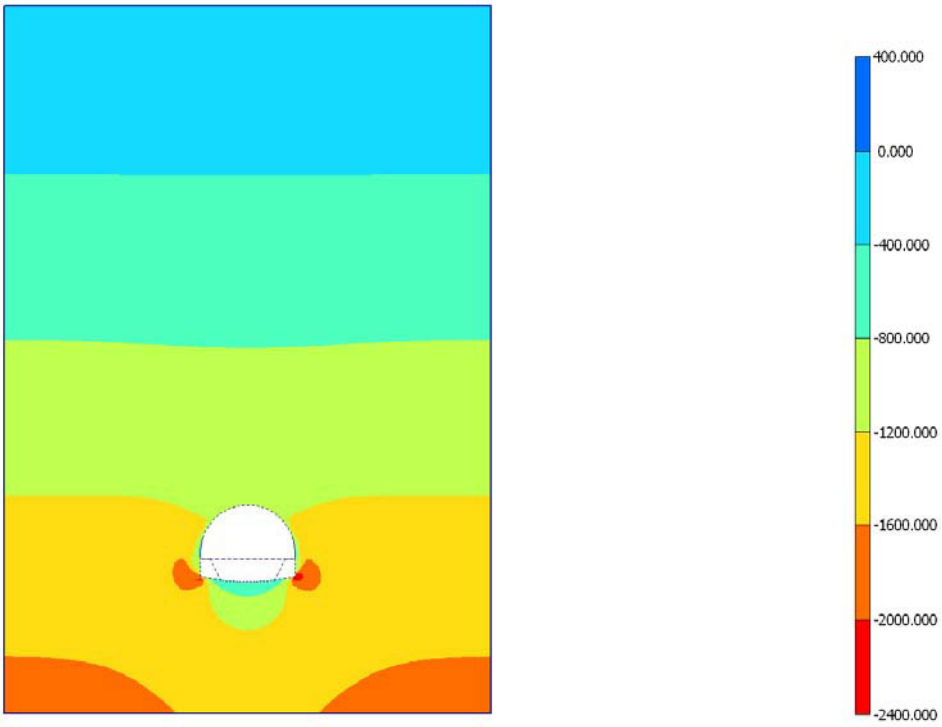


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 6)

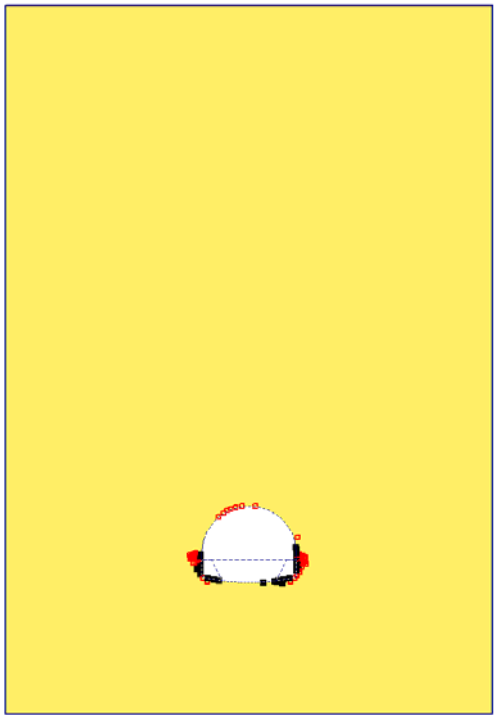
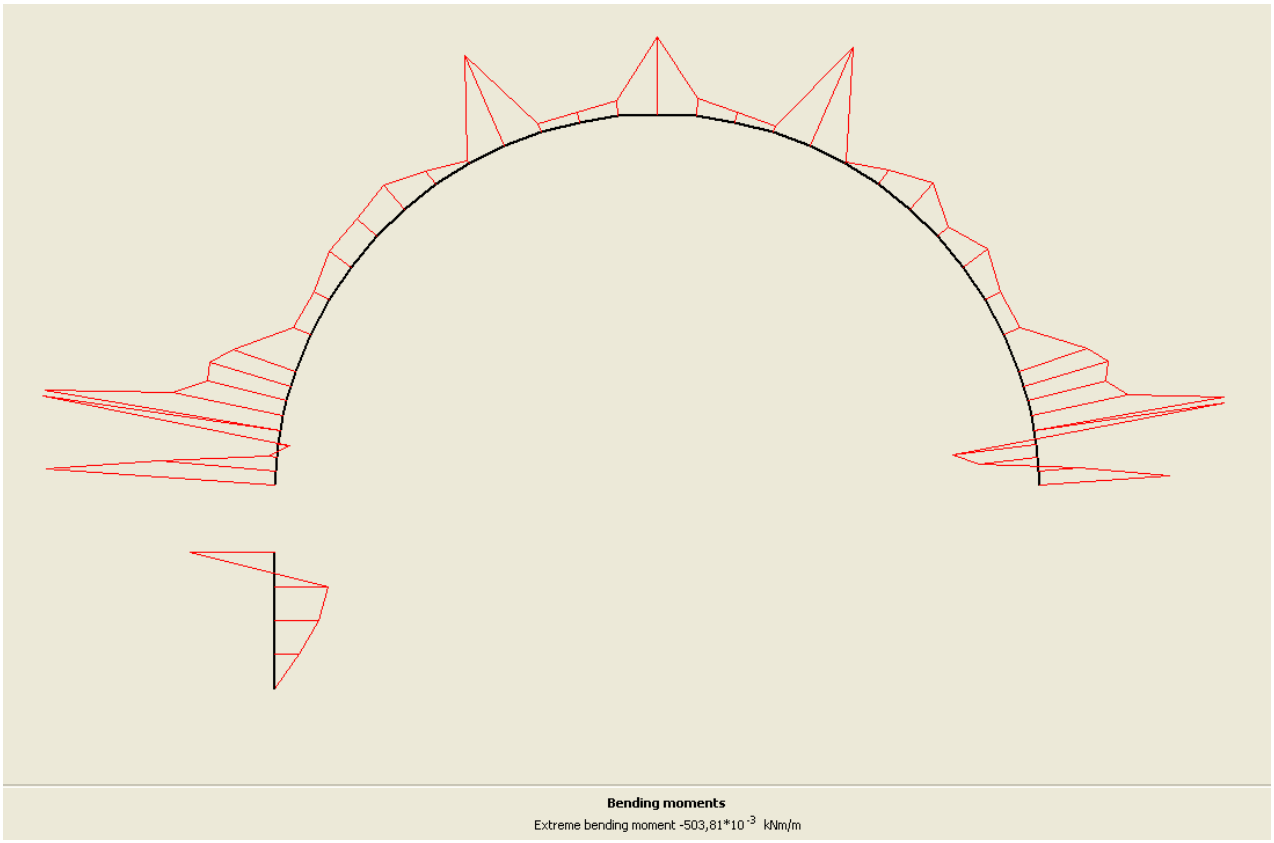


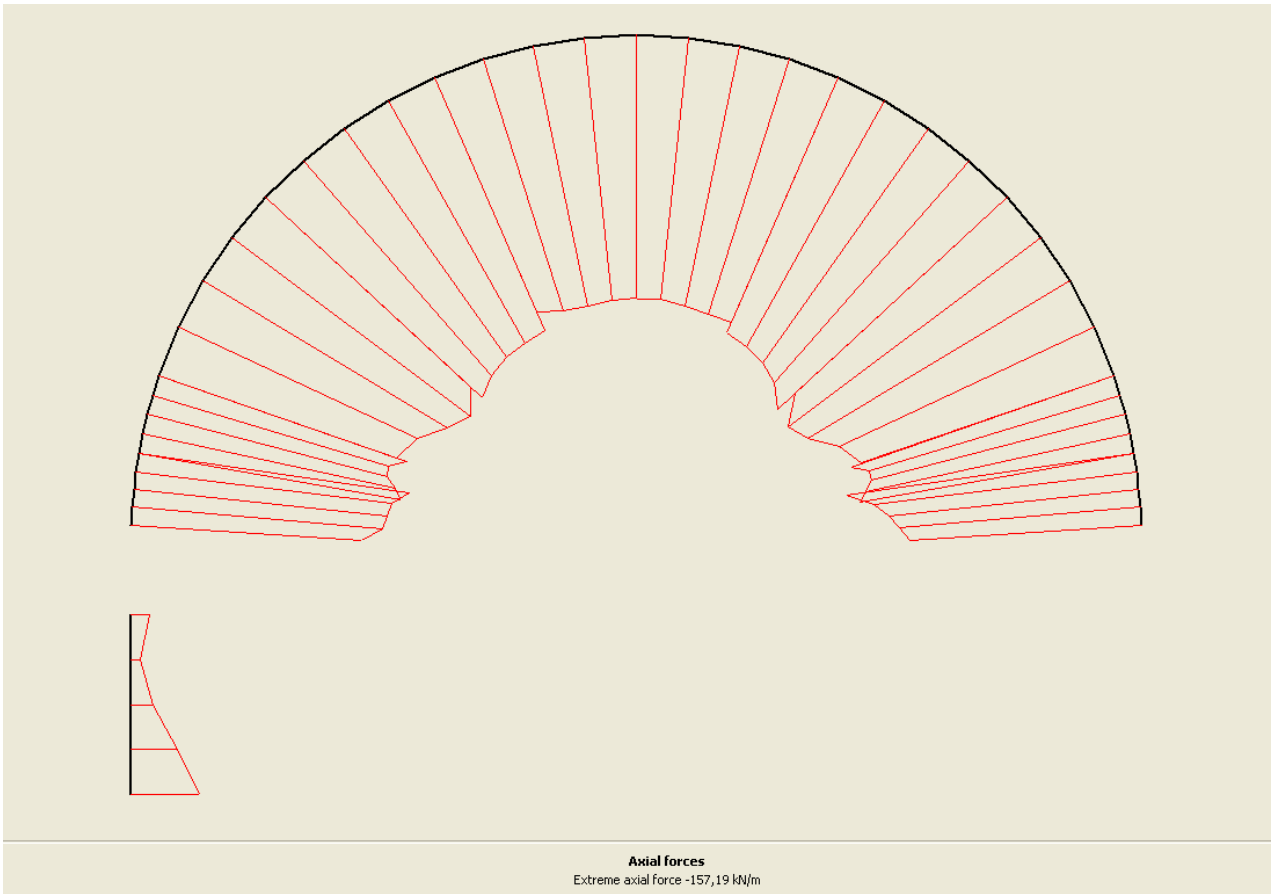
Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 36 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -503,81*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -157,19 kN/m

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1657	-8,800	2,682	15,147	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1341	-4,799	3,046						
2	2095	-8,350	6,112	7,251	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	1981	-4,536	4,911						
3	2633	-6,510	9,262	5,963	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2265	-3,519	6,606						
4	3523	-3,560	11,392	5,548	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2801	-1,917	7,742						
5	4185	3,560	11,392	5,534	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	1,917	7,742						
6	3977	6,510	9,262	5,964	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3113	3,519	6,606						
7	4003	8,350	6,112	7,210	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3103	4,536	4,911						
8	3635	8,800	2,682	12,685	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						
9	3799	0,000	12,142	5,550	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3175	0,000	8,142						

12. Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

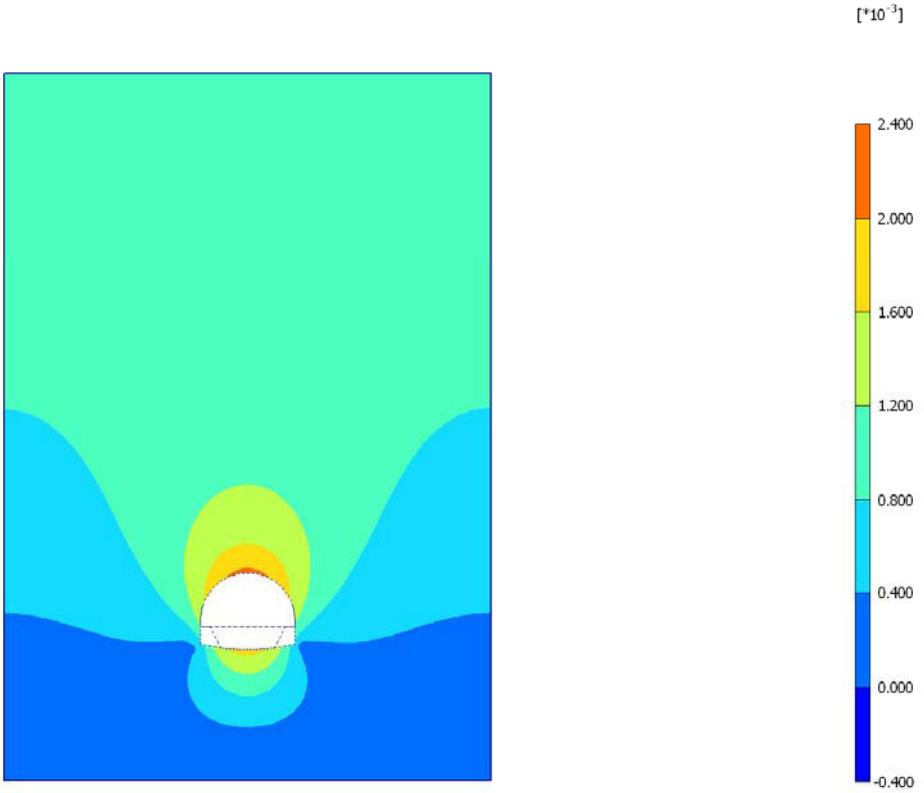


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 41 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

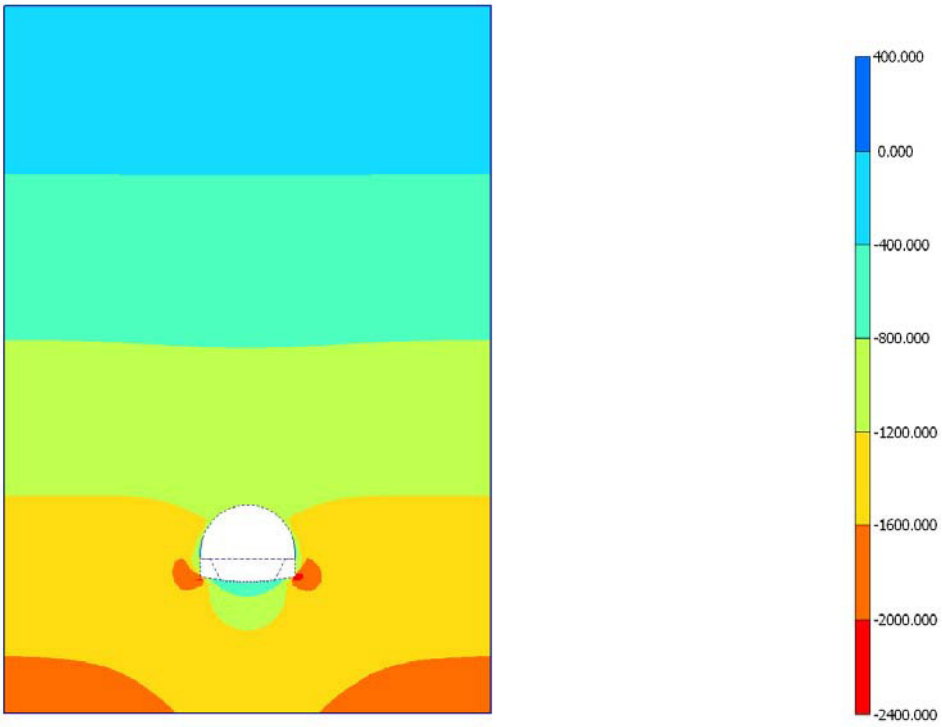


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 41 - (Phase: 7)

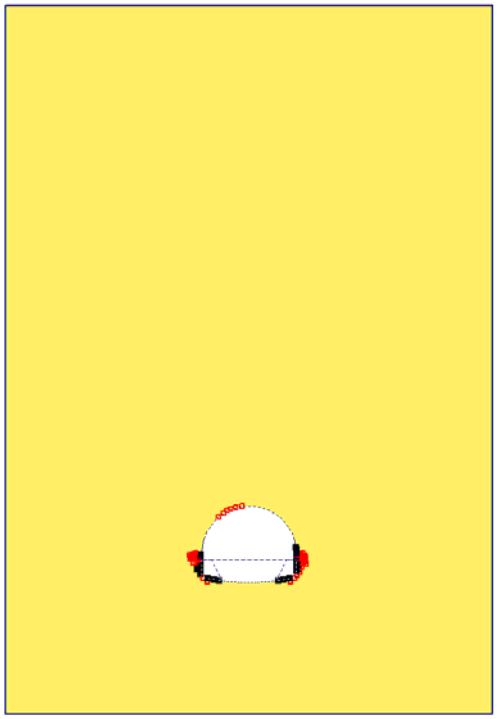
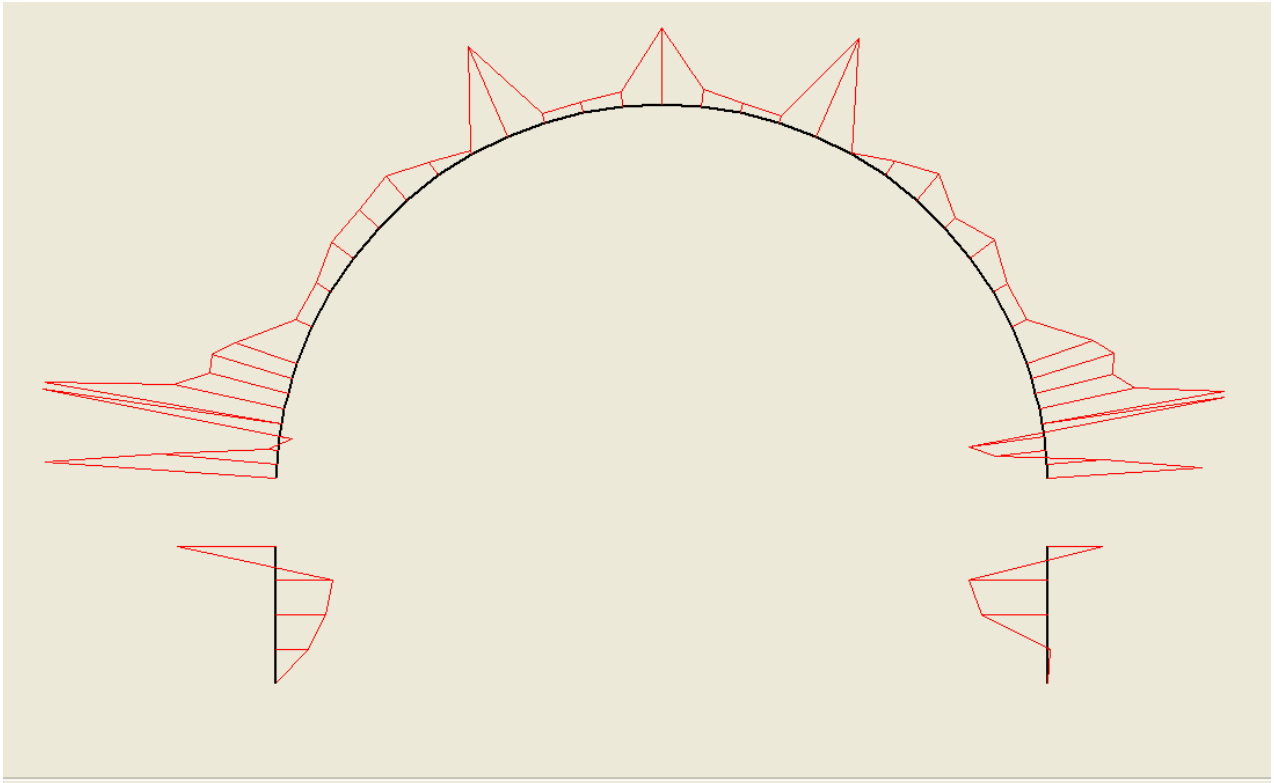


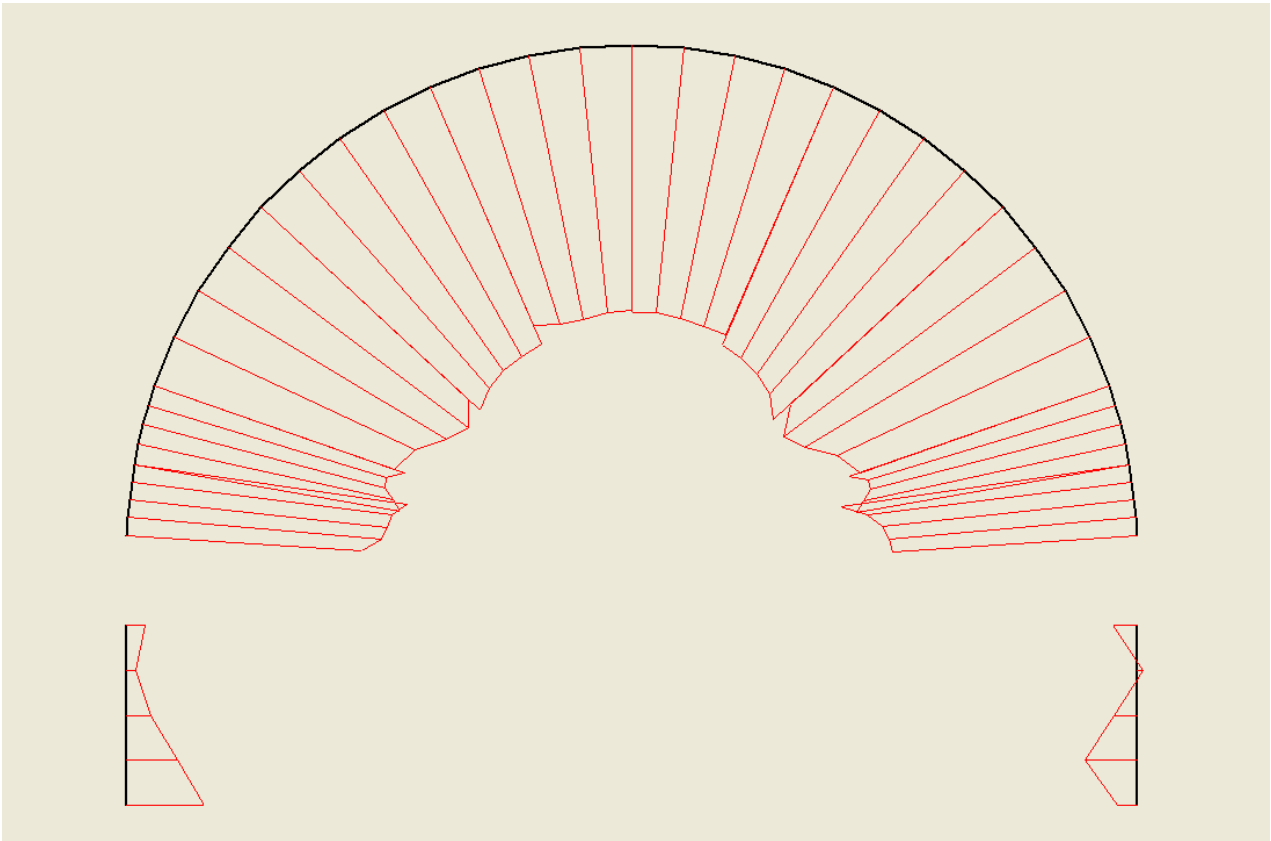
Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 41 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -510,64*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -155,63 kN/m

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1657	-8,800	2,682	15,222	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1341	-4,799	3,046						
2	2095	-8,350	6,112	7,254	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	1981	-4,536	4,911						
3	2633	-6,510	9,262	5,967	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2265	-3,519	6,606						
4	3523	-3,560	11,392	5,551	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2801	-1,917	7,742						
5	4185	3,560	11,392	5,542	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3377	1,917	7,742						
6	3977	6,510	9,262	5,980	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3113	3,519	6,606						
7	4003	8,350	6,112	7,239	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3103	4,536	4,911						
8	3635	8,800	2,682	12,989	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						
9	3799	0,000	12,142	5,554	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3175	0,000	8,142						

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: ST-III, CS-4. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	59,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

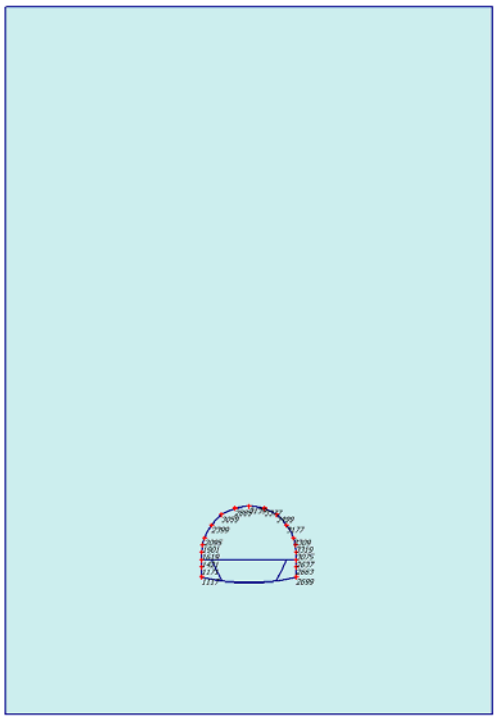


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

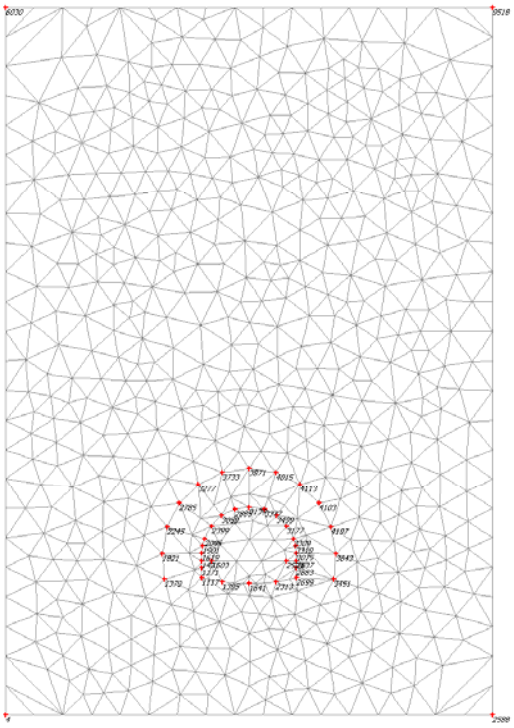


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

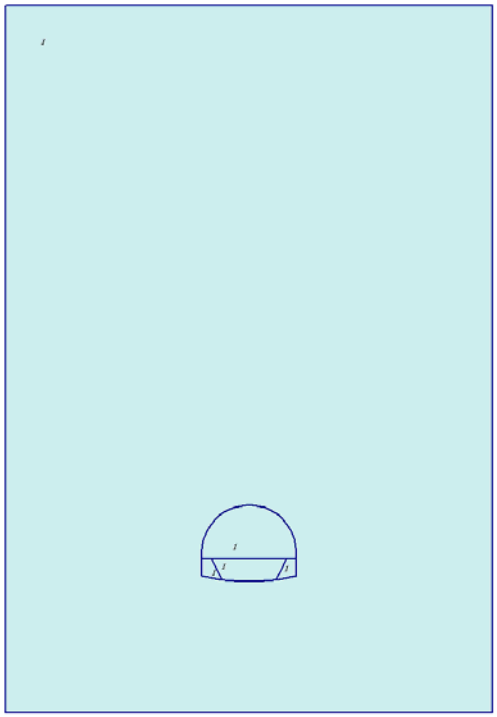


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas calcareas RMR_45**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,80
γ_{sat}	[kN/m³]	26,80
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	3350000,000
ν	[-]	0,280
G_{ref}	[kN/m²]	1308593,750
E_{oed}	[kN/m²]	4282670,455
c_{ref}	[kN/m²]	245,00
φ	[°]	42,00
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	**Identification**	**EA** [kN/m]	**EI** [kNm²/m]	**w** [kN/m/m]	**ν** [-]	**Mp** [kNm/m]	**Np** [kN/m]
1	Gunita 0,12	1,74E6	2090,00	3,00	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,50

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	7
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	8	23
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	24	31
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	32	33
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	34	41
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	42	46

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

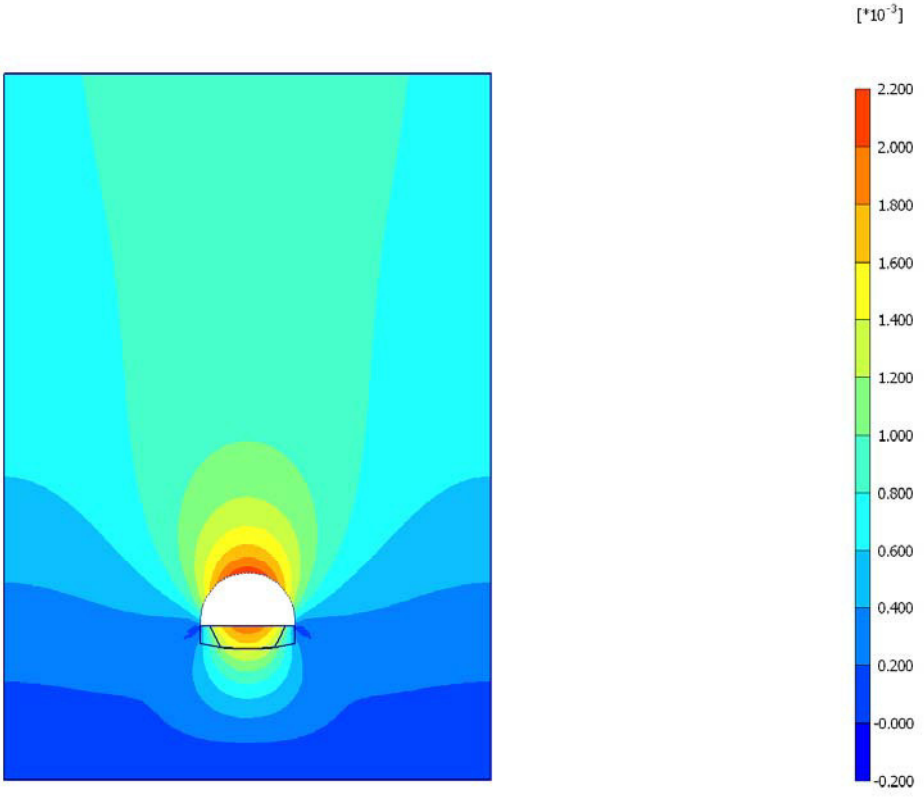


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

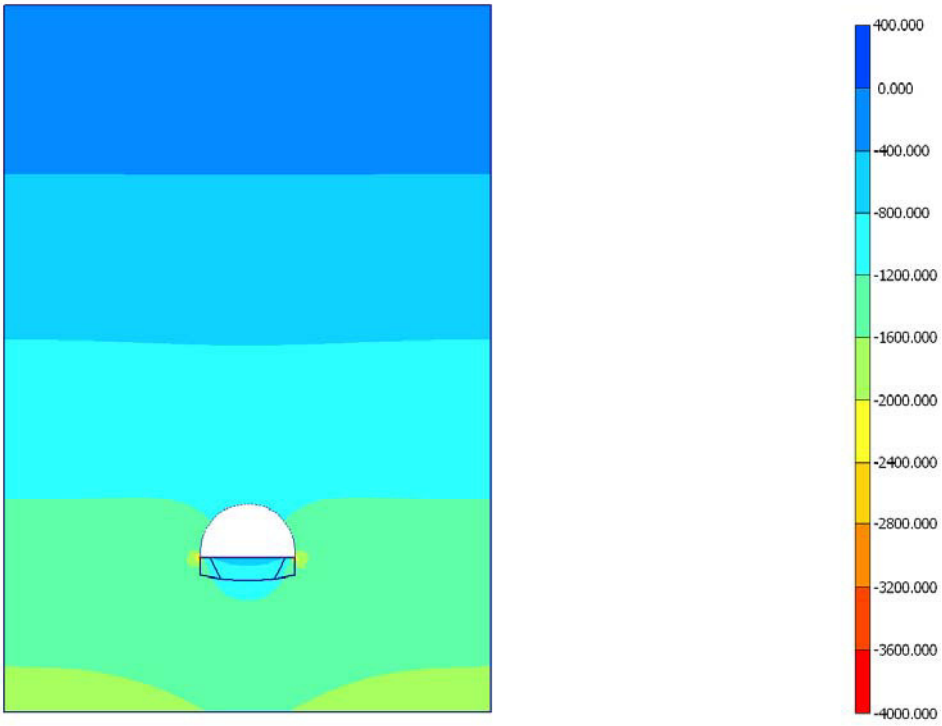


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

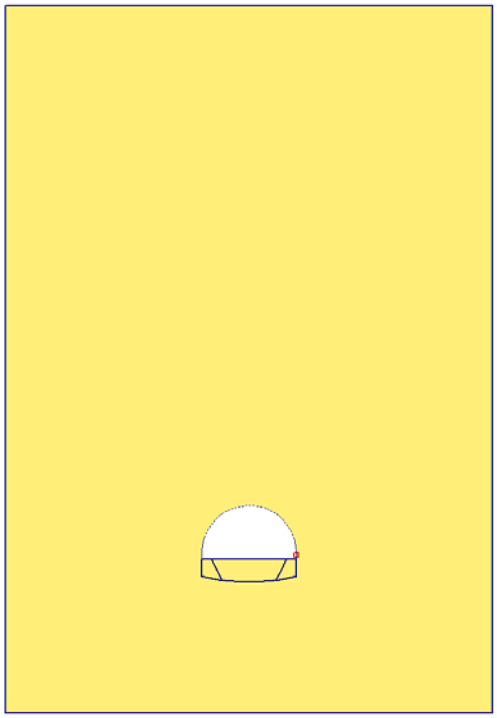


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1379	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1171	-4,799	1,992						
2	1821	-8,800	3,382	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1619	-4,799	3,492						
3	2245	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2095	-4,536	4,911						
4	2785	-7,090	8,552	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2399	-3,837	6,226						
5	3277	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3059	-2,777	7,257						
6	3733	-2,710	11,712	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	2885	-1,460	7,914						
7	4015	2,710	11,712	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3377	1,551	7,884						
8	4113	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3499	2,777	7,257						
9	4103	7,090	8,552	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3177	3,837	6,226						
10	4197	8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3309	4,536	4,911						
11	3643	8,800	3,382	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3075	4,799	3,492						
12	3451	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2663	4,799	1,982						
13	3871	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3139	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

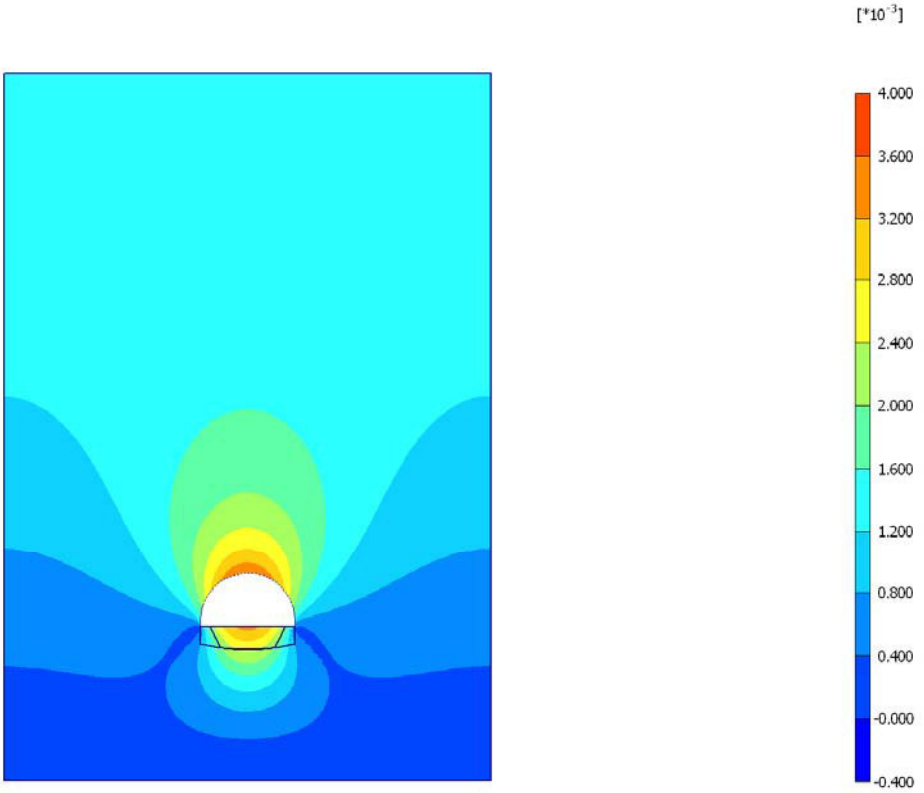


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 7 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

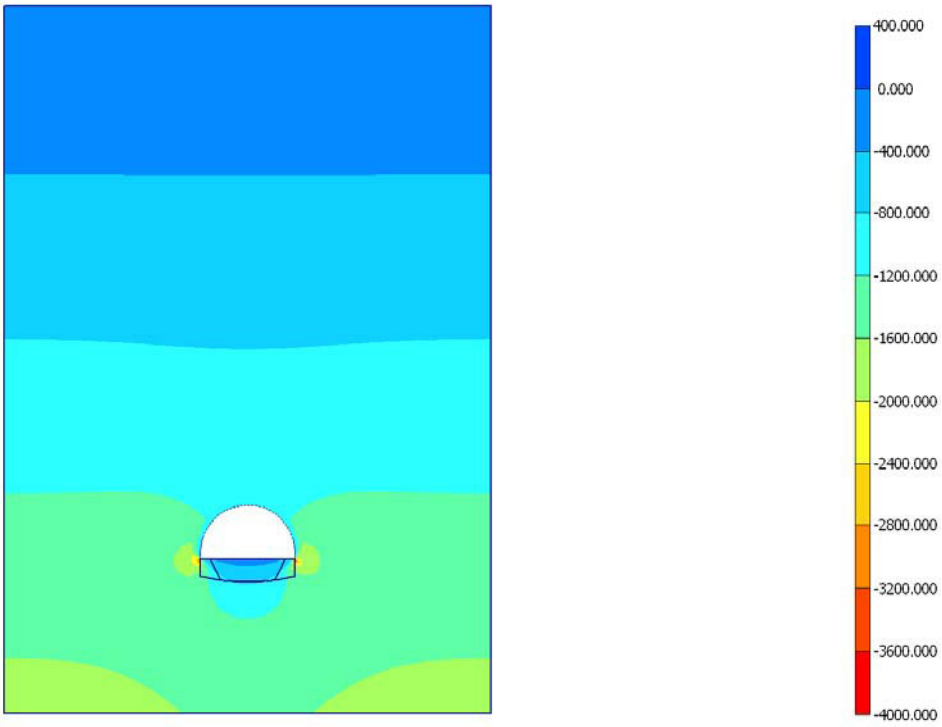


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 7 - (Phase: 2)

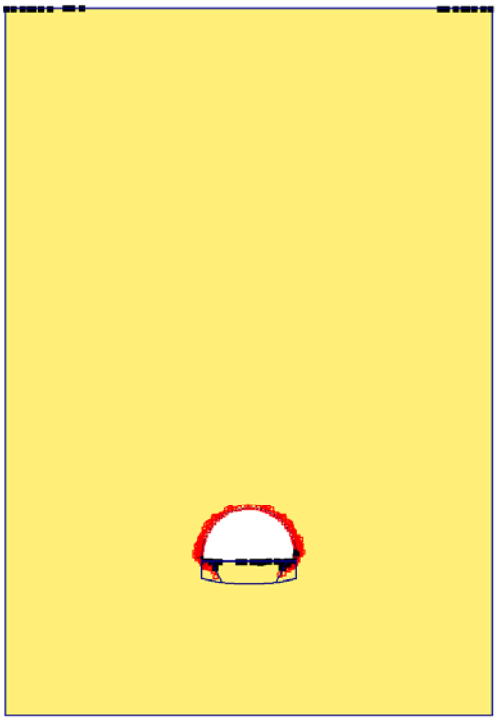


Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 7 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

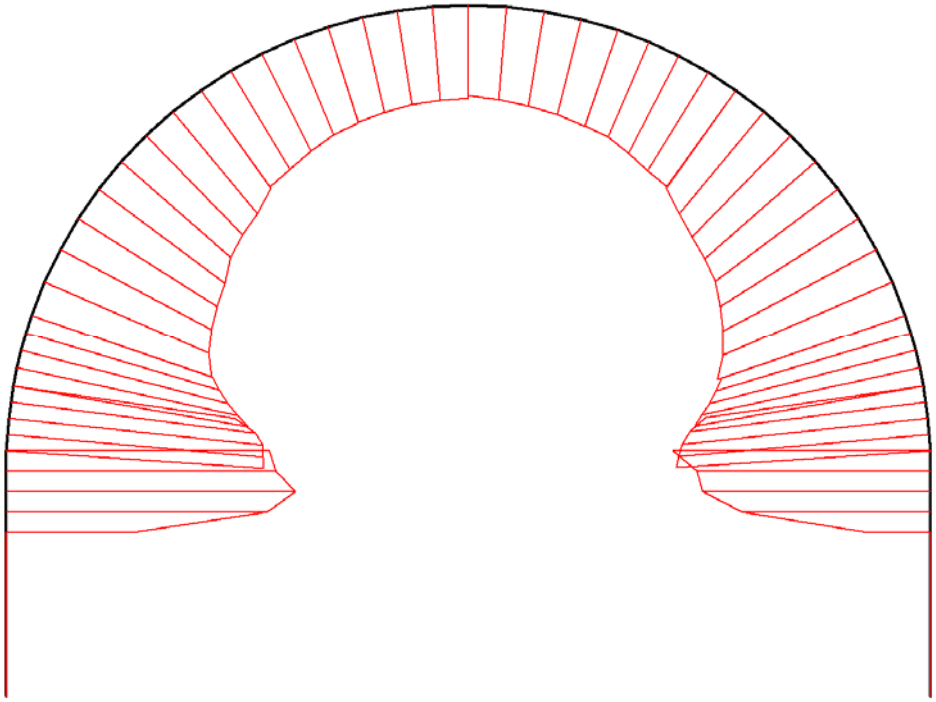


Fig. 10 Axial forces in beam
Extreme value -643,59 kN/m (Phase: 2)

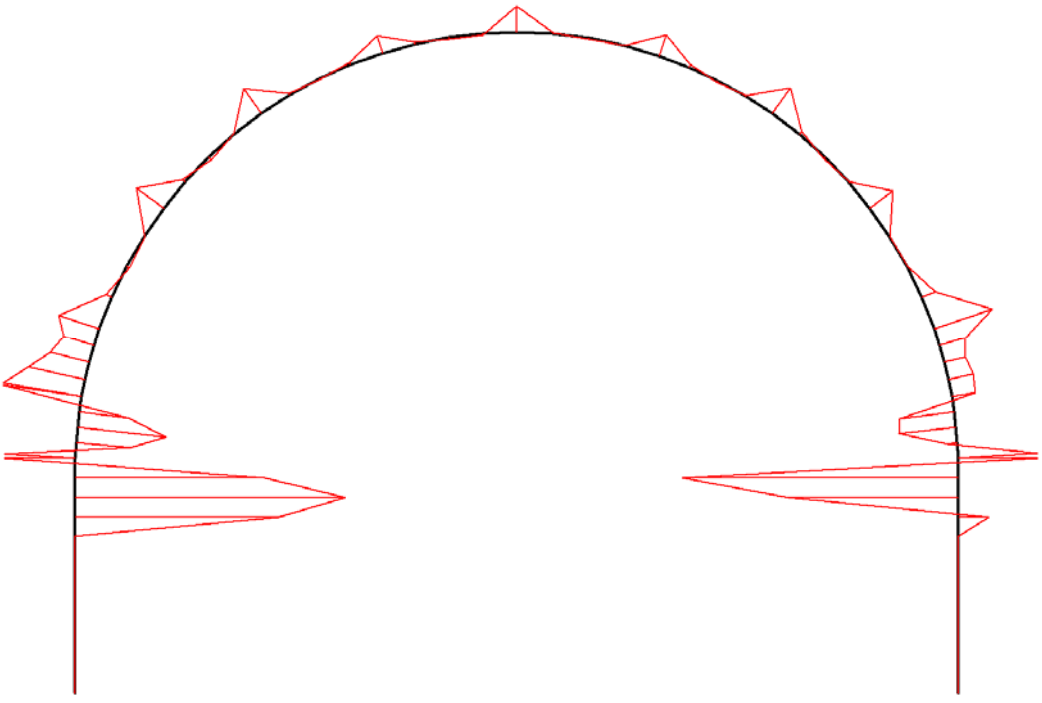


Fig. 11 Bending moments in beam
Extreme value 4,73 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1379	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1171	-4,799	1,992						
2	1821	-8,800	3,382	15,108	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1619	-4,799	3,492						
3	2245	-8,350	6,112	11,104	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2095	-4,536	4,911						
4	2785	-7,090	8,552	11,143	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2399	-3,837	6,226						
5	3277	-5,150	10,482	10,920	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3059	-2,777	7,257						
6	3733	-2,710	11,712	11,002	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	2885	-1,460	7,914						
7	4015	2,710	11,712	10,999	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3377	1,551	7,884						
8	4113	5,150	10,482	10,896	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3499	2,777	7,257						
9	4103	7,090	8,552	11,295	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3177	3,837	6,226						
10	4197	8,350	6,112	11,395	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3309	4,536	4,911						
11	3643	8,800	3,382	14,714	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3075	4,799	3,492						
12	3451	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2663	4,799	1,982						
13	3871	0,000	12,142	11,023	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3139	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

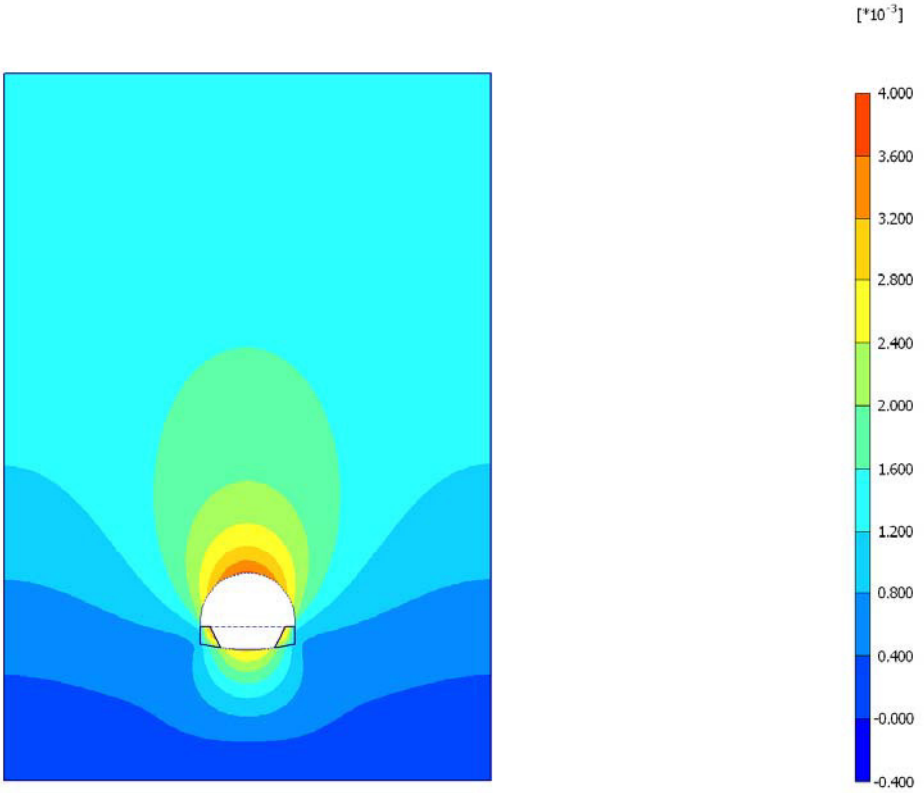


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 23 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

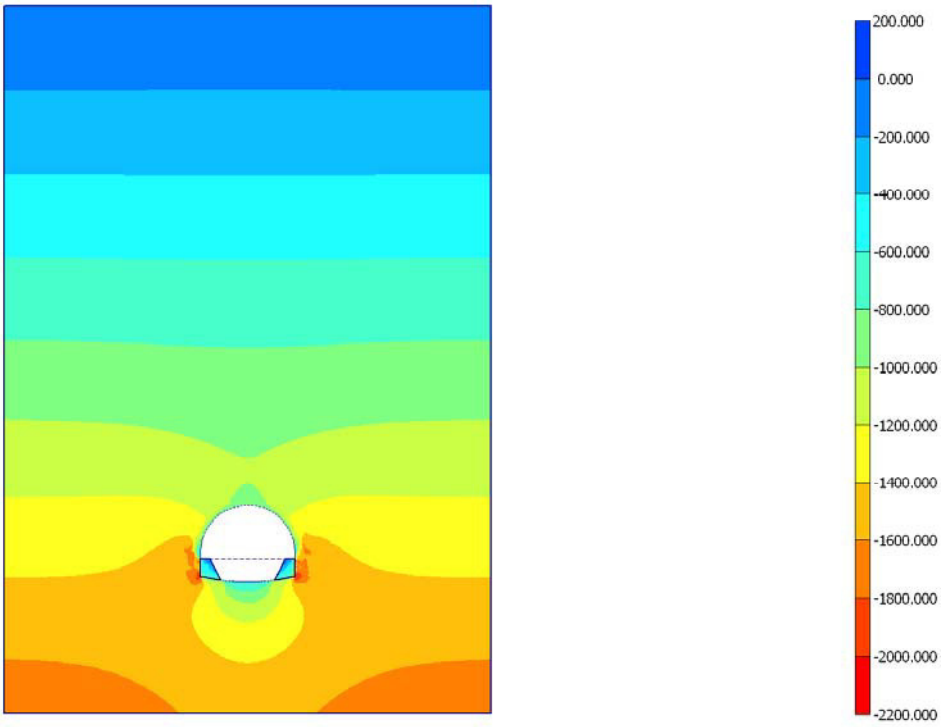


Fig. 13 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 23 - (Phase: 3)

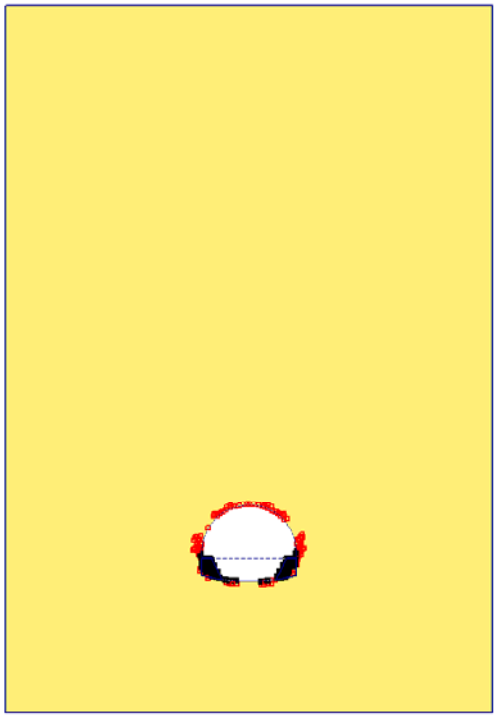


Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 23 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

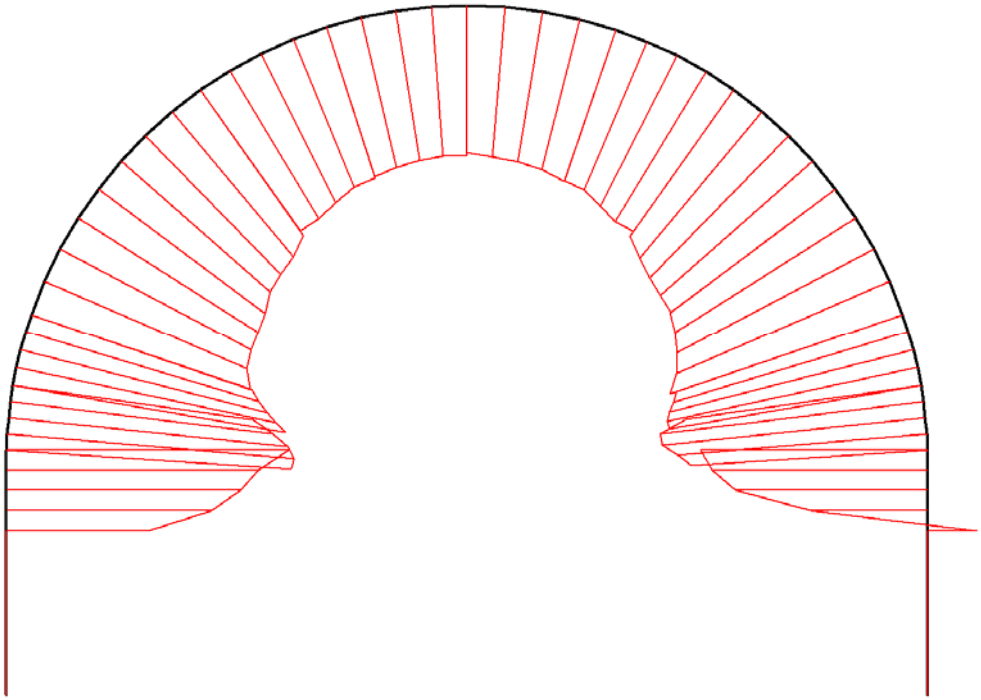


Fig. 15 Axial forces in beam
Extreme value -526,12 kN/m (Phase: 3)

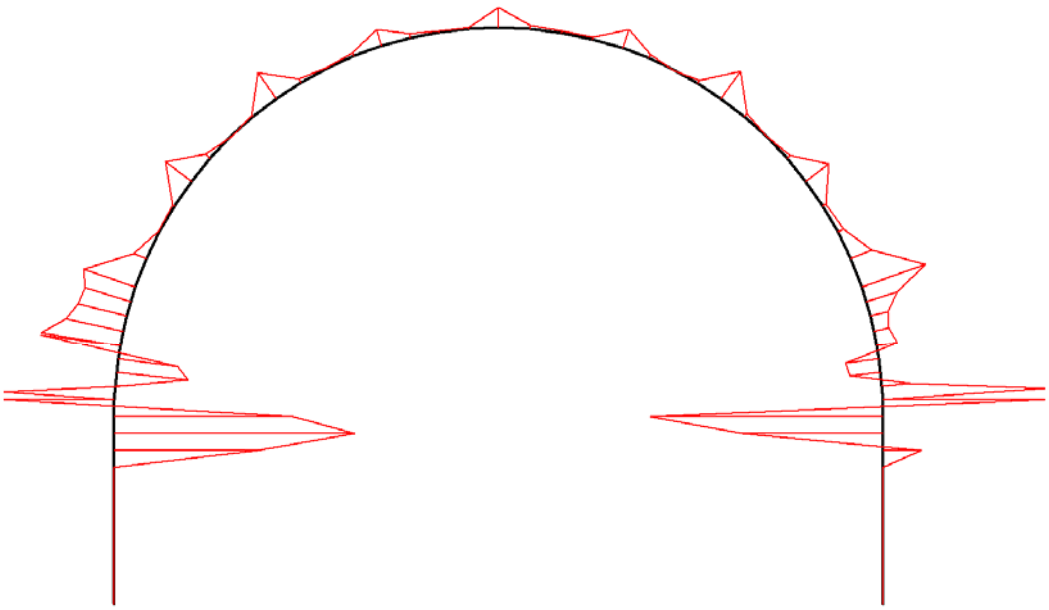


Fig. 16 Bending moments in beam
Extreme value 4,98 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1379	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1171	-4,799	1,992						
2	1821	-8,800	3,382	23,996	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1619	-4,799	3,492						
3	2245	-8,350	6,112	13,439	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2095	-4,536	4,911						
4	2785	-7,090	8,552	11,988	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2399	-3,837	6,226						
5	3277	-5,150	10,482	11,240	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3059	-2,777	7,257						
6	3733	-2,710	11,712	11,113	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	2885	-1,460	7,914						
7	4015	2,710	11,712	11,132	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3377	1,551	7,884						
8	4113	5,150	10,482	11,183	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3499	2,777	7,257						
9	4103	7,090	8,552	12,078	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3177	3,837	6,226						
10	4197	8,350	6,112	13,818	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3309	4,536	4,911						
11	3643	8,800	3,382	22,444	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3075	4,799	3,492						
12	3451	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2663	4,799	1,982						
13	3871	0,000	12,142	11,088	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3139	0,000	8,142						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

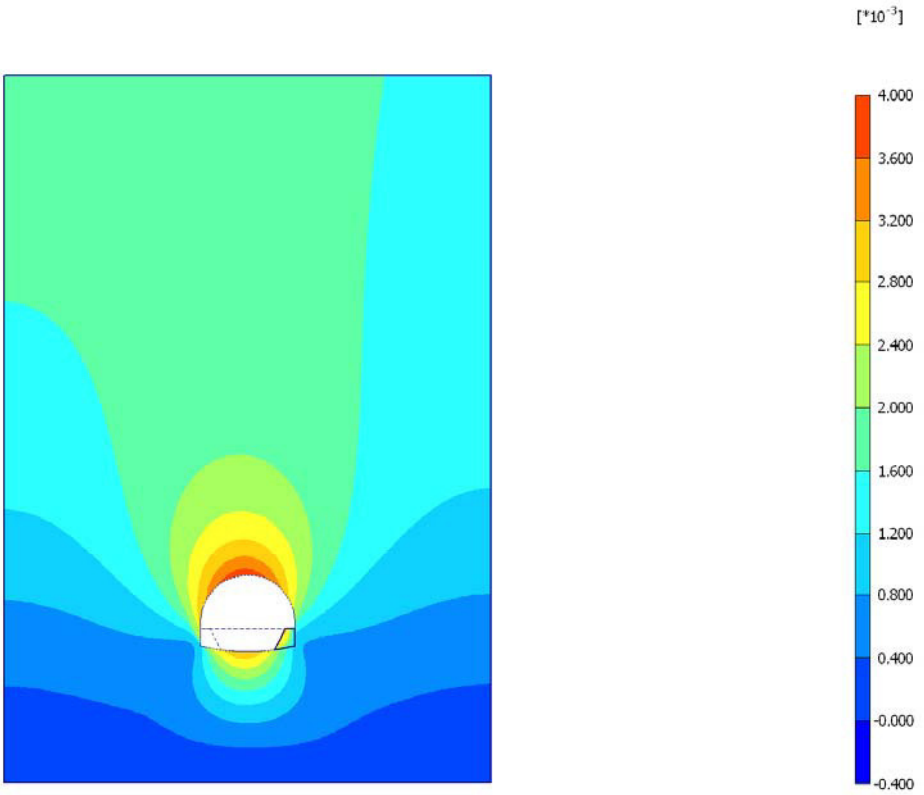


Fig. 17 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 31 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

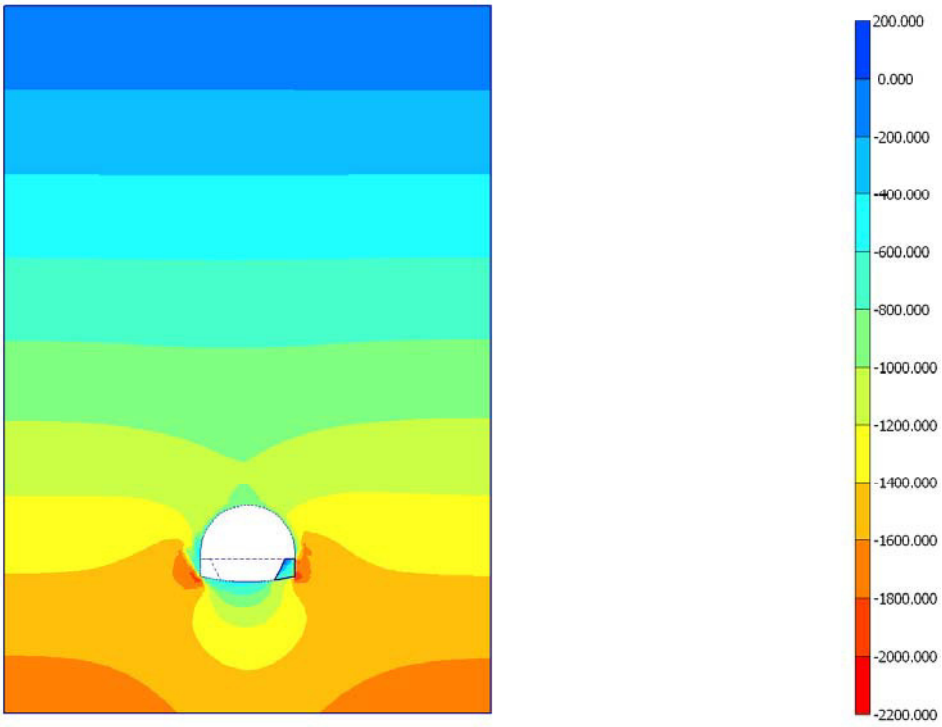


Fig. 18 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 31 - (Phase: 4)

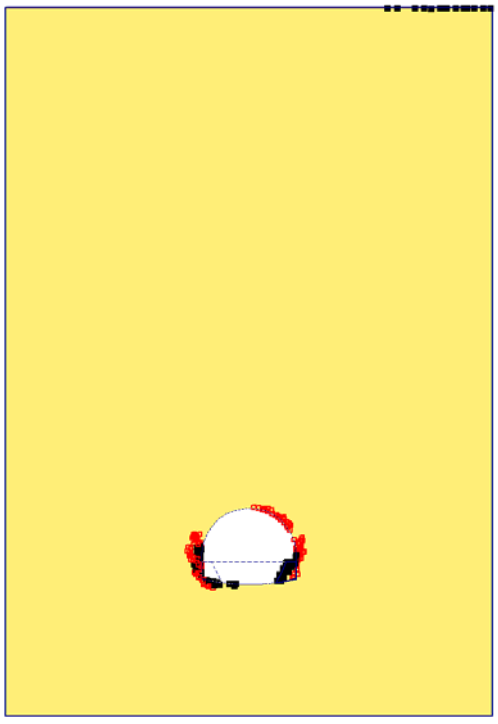


Fig. 19 Plot of plastic points
- Step no: 31 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

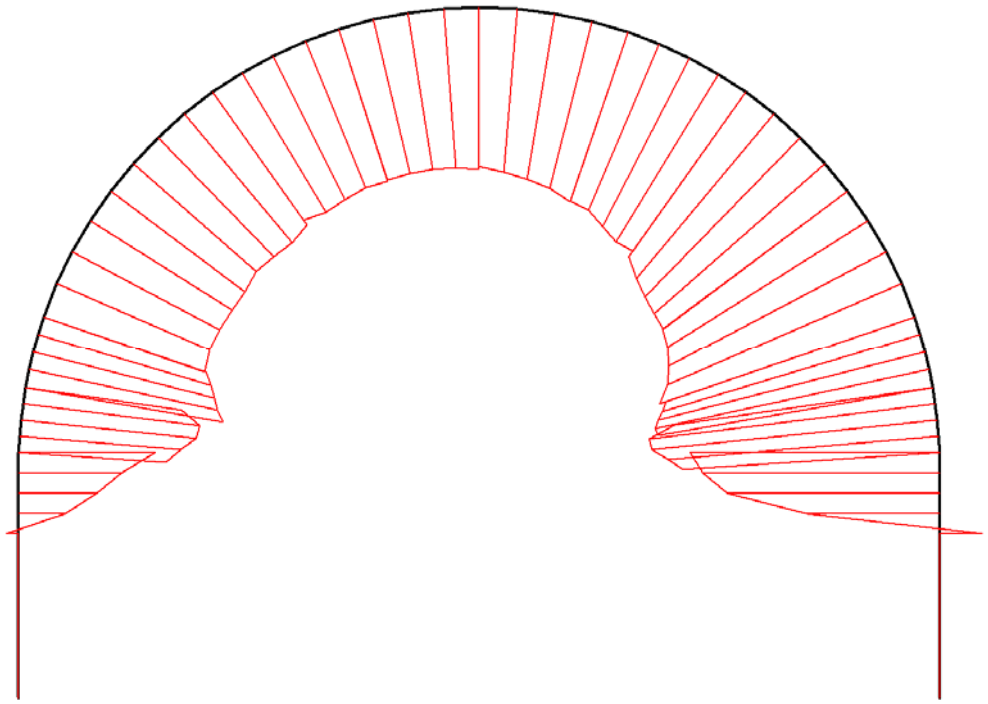


Fig. 20 Axial forces in beam
Extreme value -510,66 kN/m (Phase: 4)

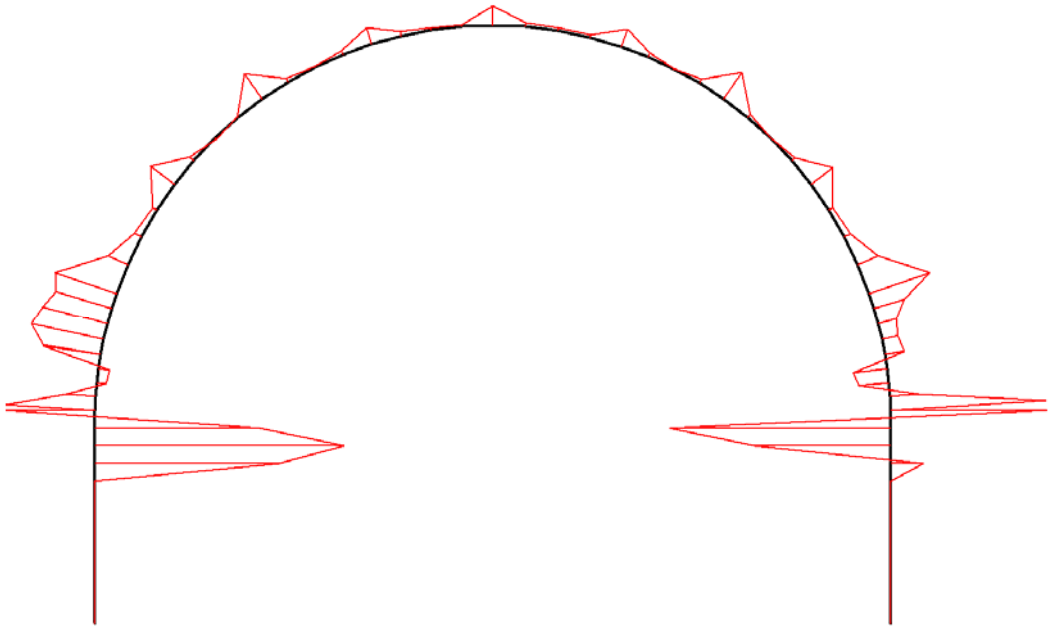


Fig. 21 Bending moments in beam
Extreme value 5,55 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1379	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1171	-4,799	1,992						
2	1821	-8,800	3,382	38,278	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1619	-4,799	3,492						
3	2245	-8,350	6,112	17,132	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2095	-4,536	4,911						
4	2785	-7,090	8,552	13,293	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2399	-3,837	6,226						
5	3277	-5,150	10,482	11,960	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3059	-2,777	7,257						
6	3733	-2,710	11,712	11,497	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	2885	-1,460	7,914						
7	4015	2,710	11,712	11,239	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3377	1,551	7,884						
8	4113	5,150	10,482	11,277	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3499	2,777	7,257						
9	4103	7,090	8,552	12,150	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3177	3,837	6,226						
10	4197	8,350	6,112	13,869	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3309	4,536	4,911						
11	3643	8,800	3,382	22,633	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3075	4,799	3,492						
12	3451	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2663	4,799	1,982						
13	3871	0,000	12,142	11,299	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3139	0,000	8,142						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

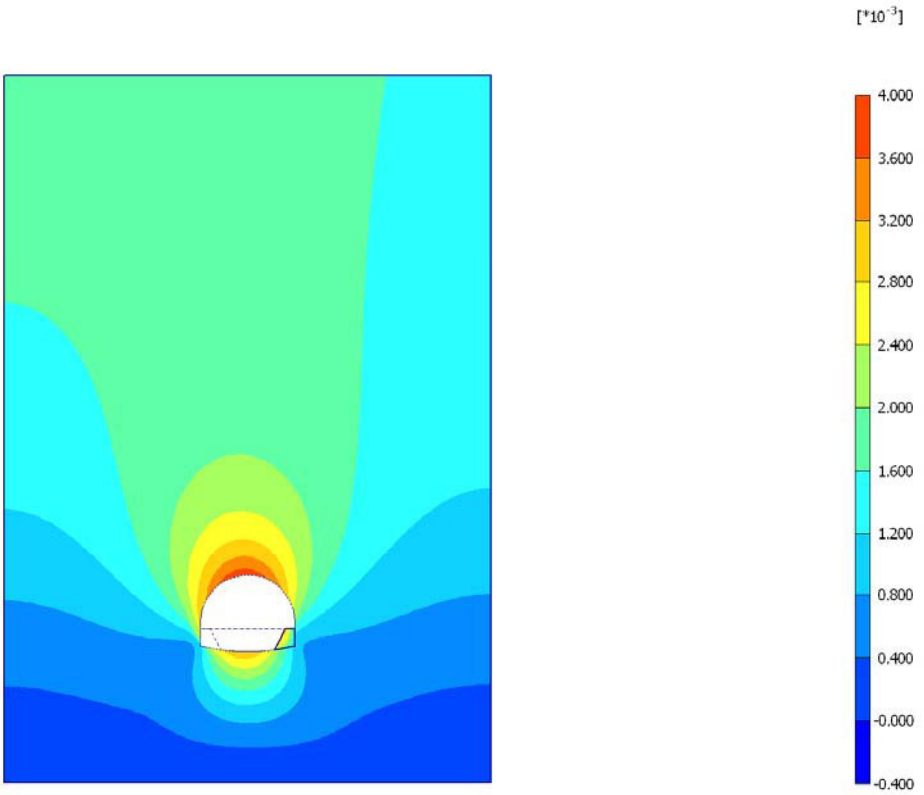


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 33 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

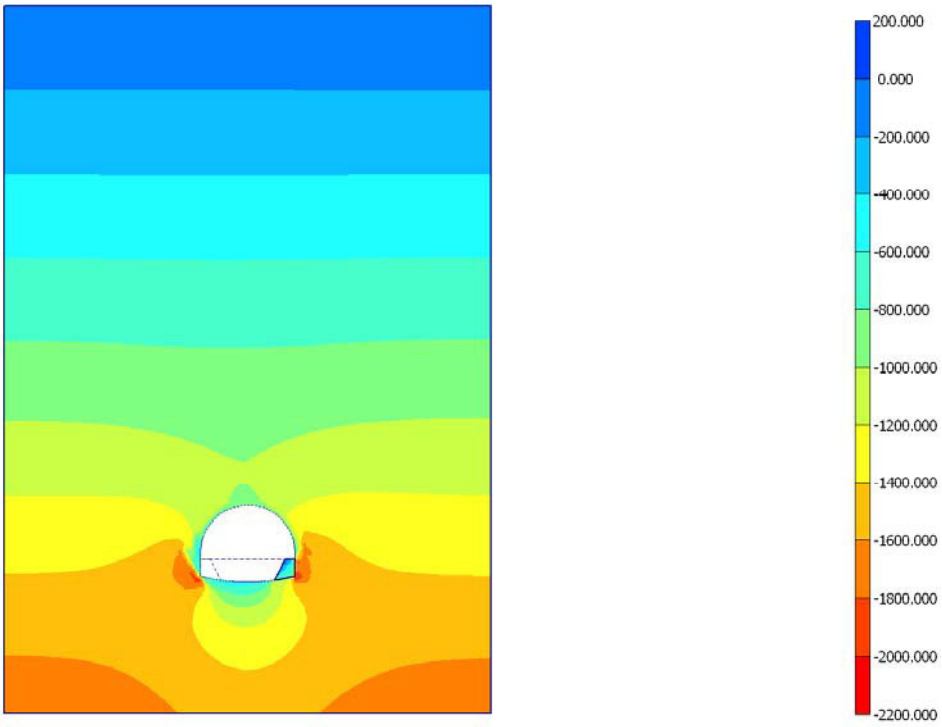


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 33 - (Phase: 5)

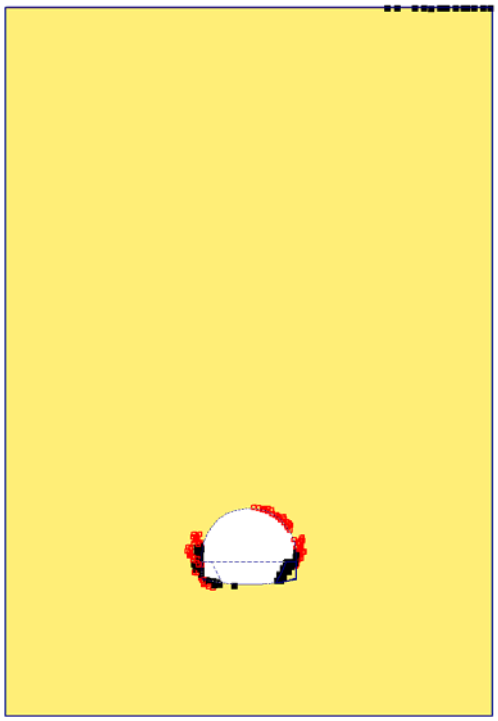


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 33 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

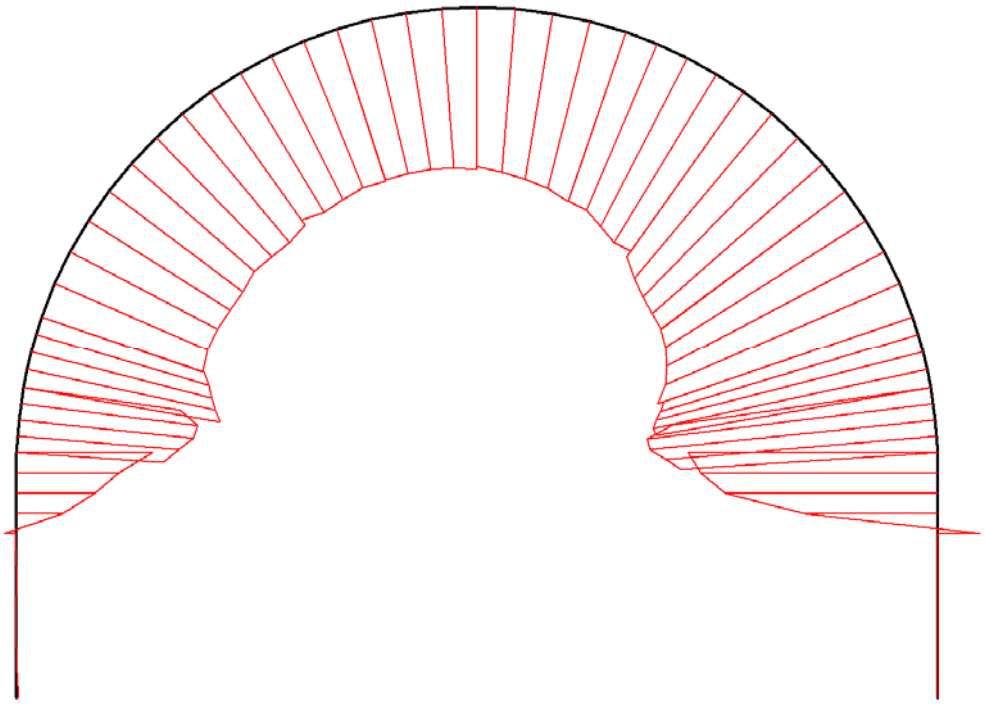


Fig. 25 Axial forces in beam
Extreme value -510,72 kN/m (Phase: 5)

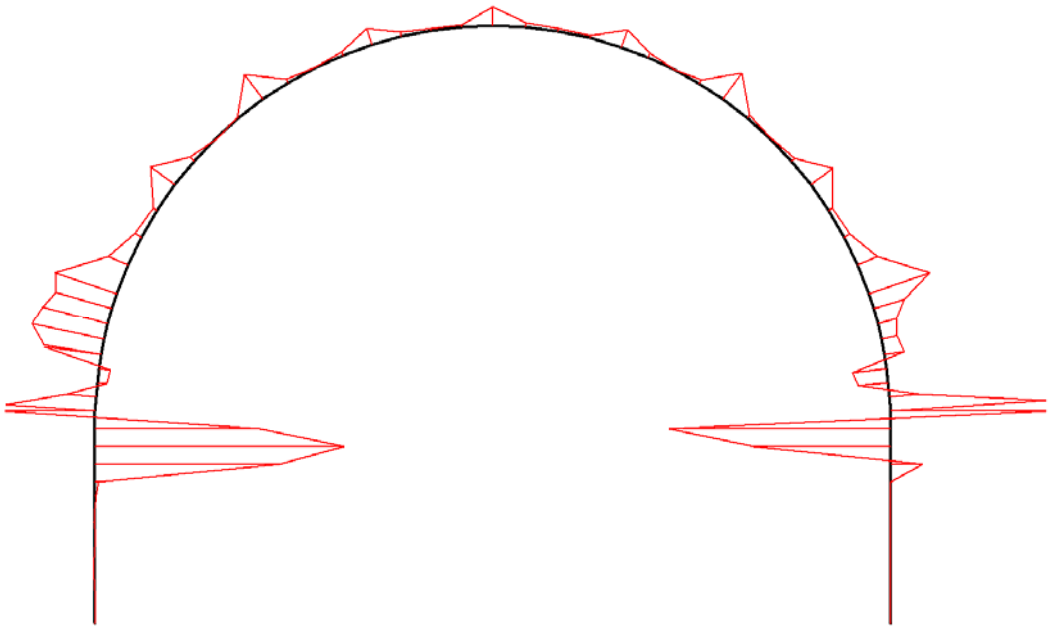


Fig. 26 Bending moments in beam
Extreme value 5,54 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1379	-8,617	0,789	0,037	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1171	-4,799	1,992						
2	1821	-8,800	3,382	38,346	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1619	-4,799	3,492						
3	2245	-8,350	6,112	17,148	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2095	-4,536	4,911						
4	2785	-7,090	8,552	13,297	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2399	-3,837	6,226						
5	3277	-5,150	10,482	11,962	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3059	-2,777	7,257						
6	3733	-2,710	11,712	11,498	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	2885	-1,460	7,914						
7	4015	2,710	11,712	11,239	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3377	1,551	7,884						
8	4113	5,150	10,482	11,277	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3499	2,777	7,257						
9	4103	7,090	8,552	12,150	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3177	3,837	6,226						
10	4197	8,350	6,112	13,870	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3309	4,536	4,911						
11	3643	8,800	3,382	22,636	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3075	4,799	3,492						
12	3451	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2663	4,799	1,982						
13	3871	0,000	12,142	11,300	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3139	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

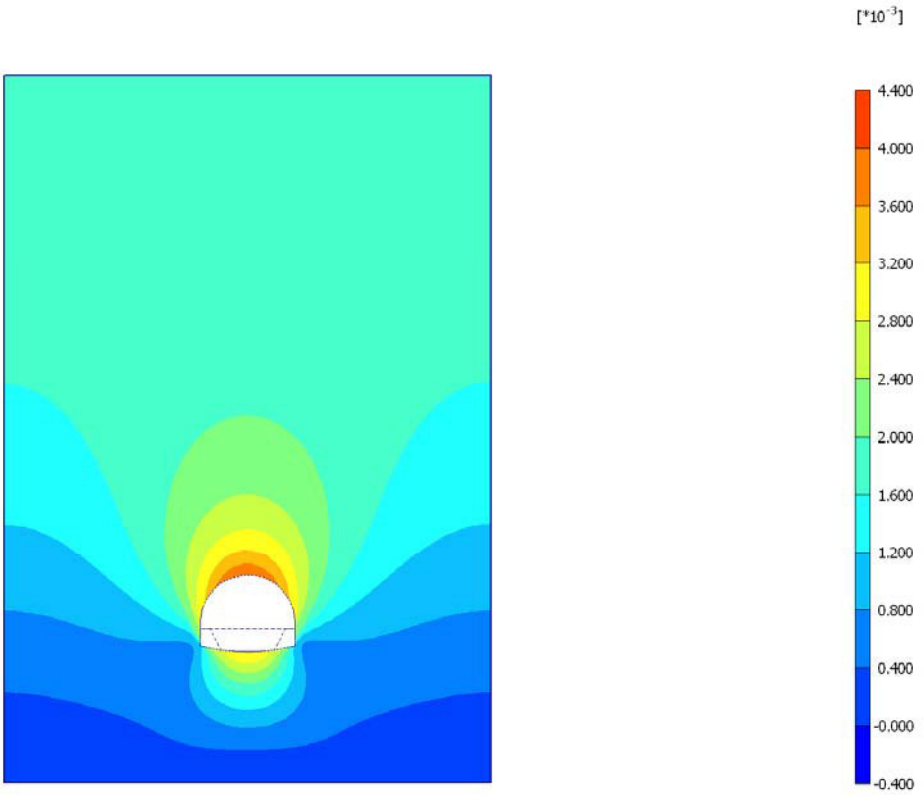


Fig. 27 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 41 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

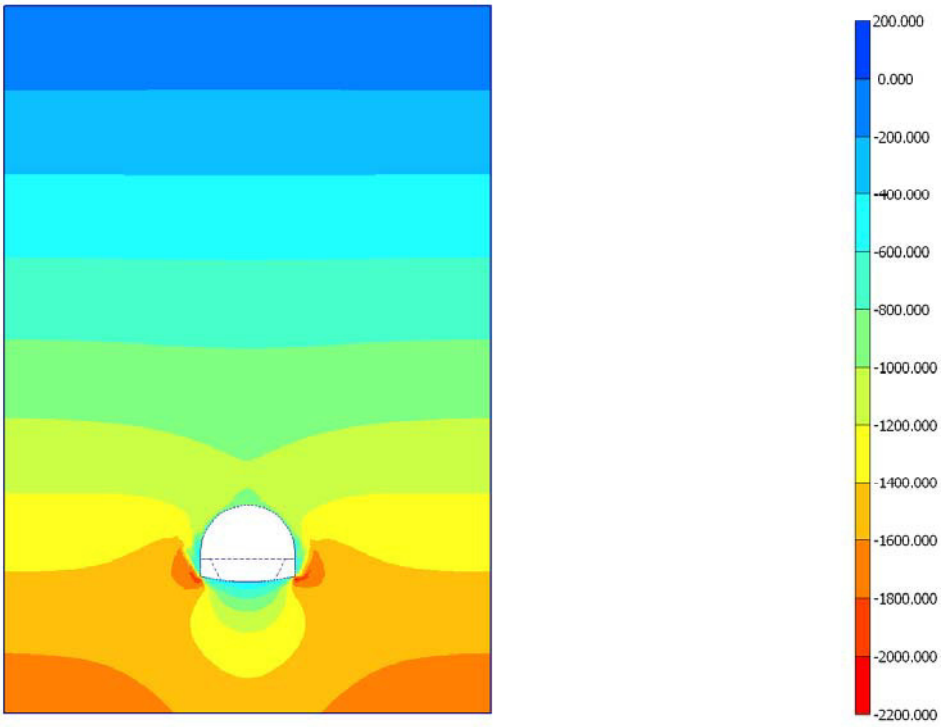


Fig. 28 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 41 - (Phase: 6)

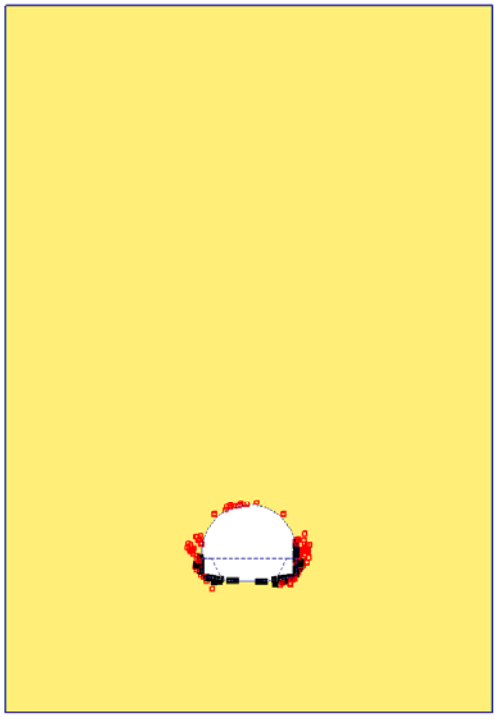


Fig. 29 Plot of plastic points
- Step no: 41 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

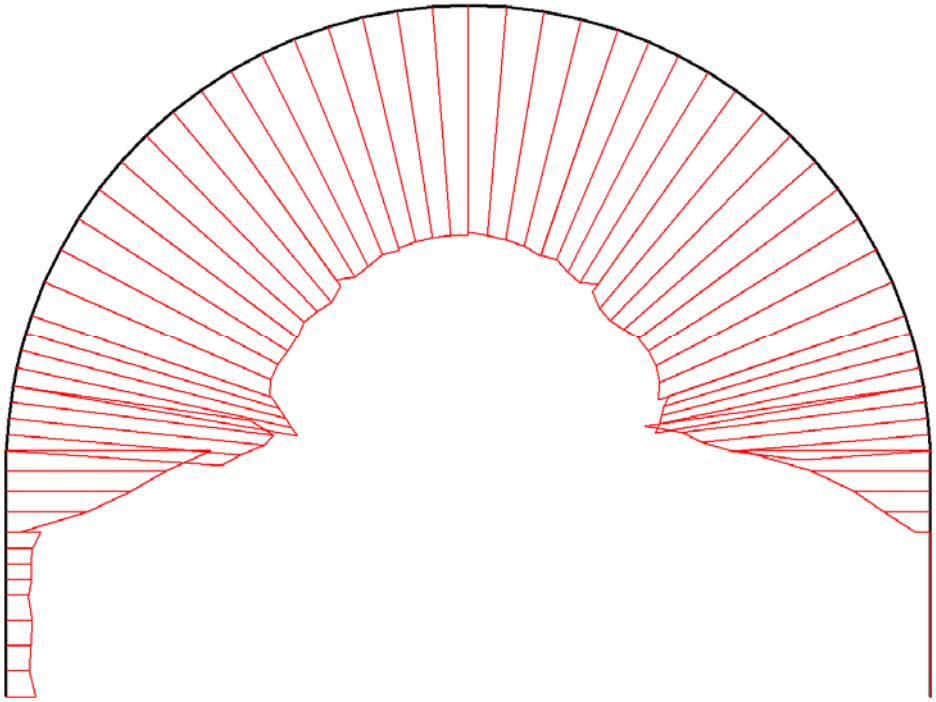


Fig. 30 Axial forces in beam
Extreme value -379,62 kN/m (Phase: 6)

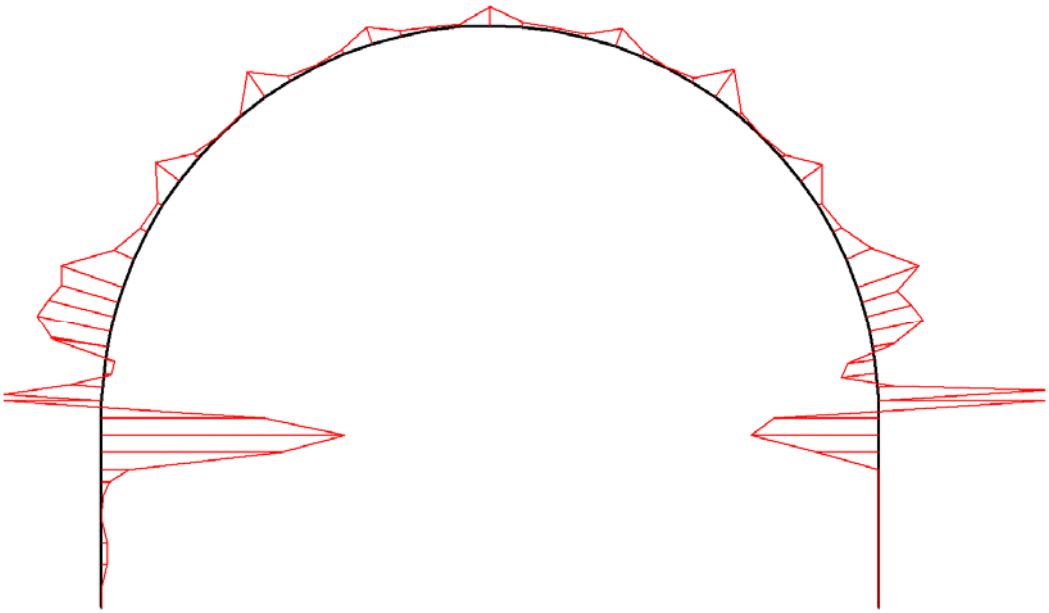


Fig. 31 Bending moments in beam
Extreme value 5,56 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1379	-8,617	0,789	1,037	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1171	-4,799	1,992						
2	1821	-8,800	3,382	38,907	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1619	-4,799	3,492						
3	2245	-8,350	6,112	17,220	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2095	-4,536	4,911						
4	2785	-7,090	8,552	13,343	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2399	-3,837	6,226						
5	3277	-5,150	10,482	12,021	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3059	-2,777	7,257						
6	3733	-2,710	11,712	11,608	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	2885	-1,460	7,914						
7	4015	2,710	11,712	11,684	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3377	1,551	7,884						
8	4113	5,150	10,482	11,986	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3499	2,777	7,257						
9	4103	7,090	8,552	13,464	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3177	3,837	6,226						
10	4197	8,350	6,112	17,140	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3309	4,536	4,911						
11	3643	8,800	3,382	34,252	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3075	4,799	3,492						
12	3451	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2663	4,799	1,982						
13	3871	0,000	12,142	11,499	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3139	0,000	8,142						

12. Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

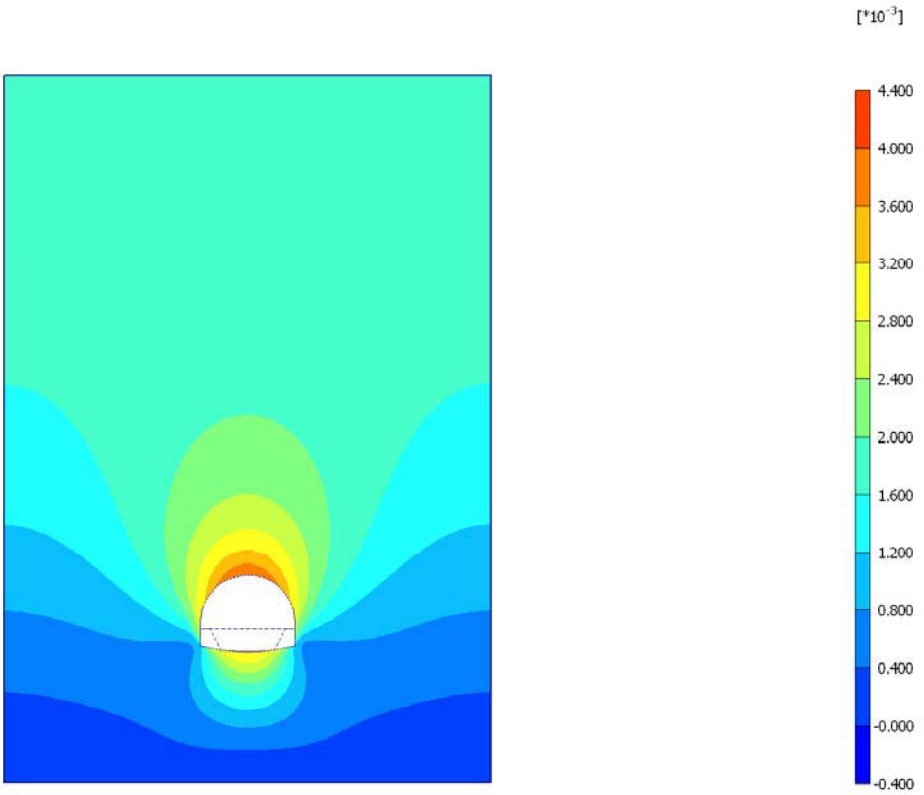


Fig. 32 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 46 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

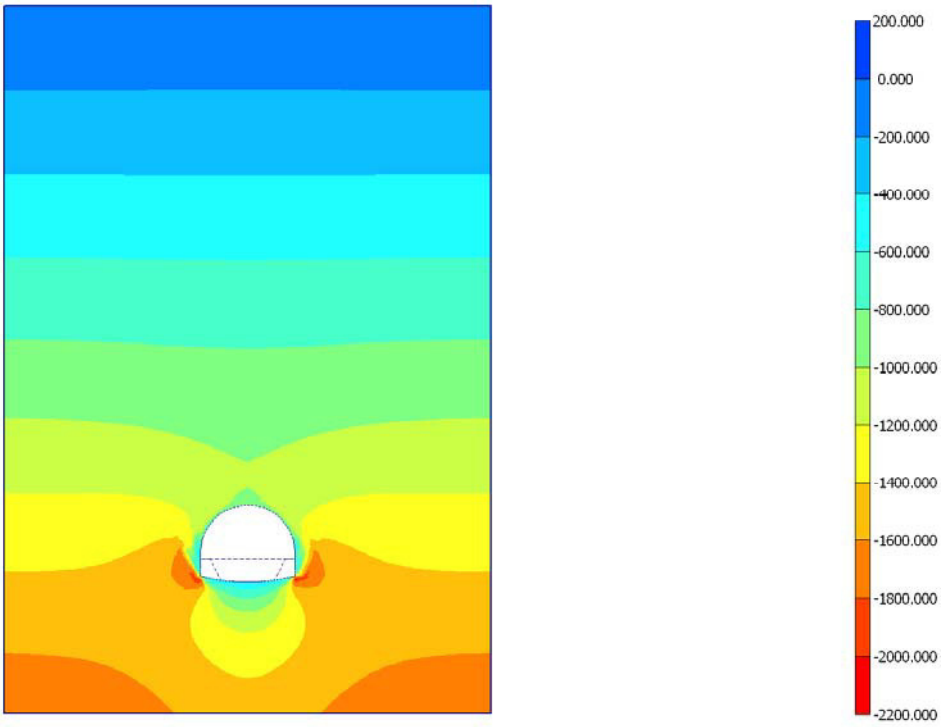


Fig. 33 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 46 - (Phase: 7)

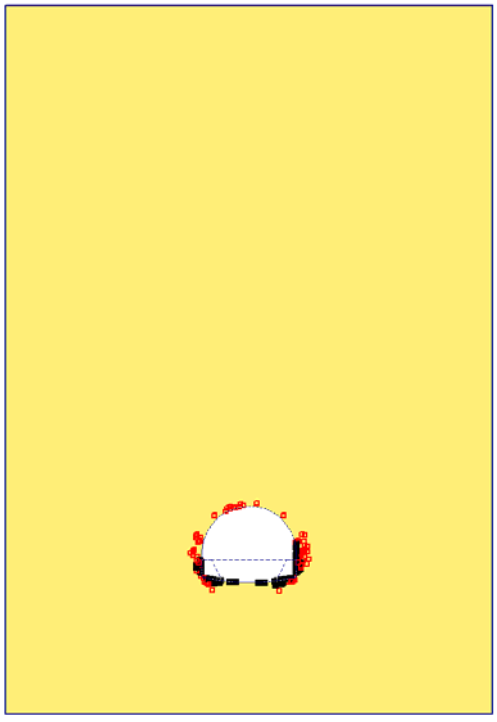


Fig. 34 Plot of plastic points
- Step no: 46 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

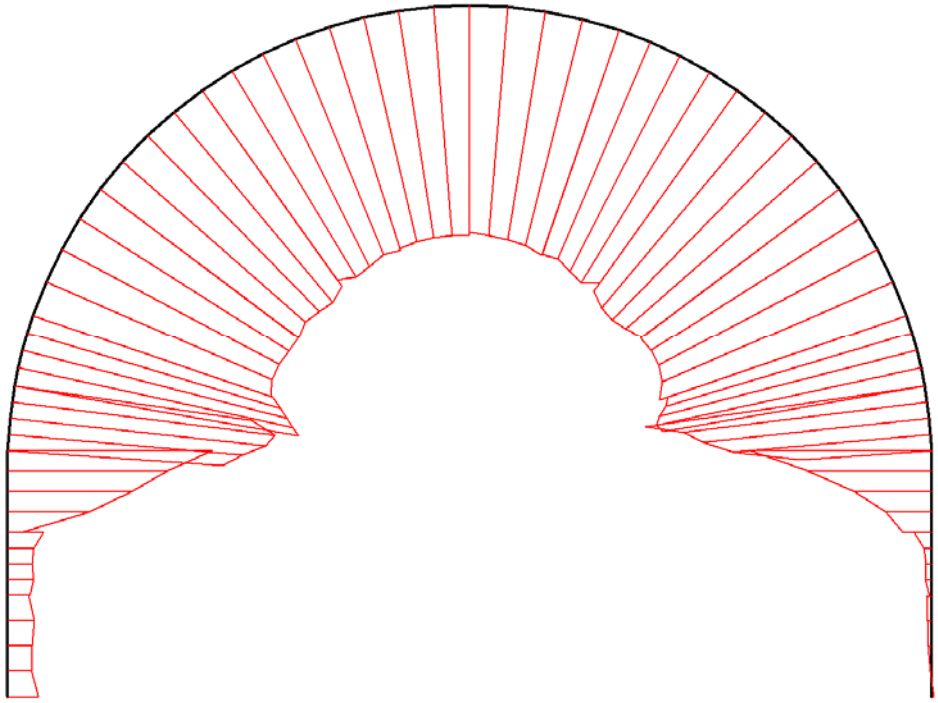


Fig. 35 Axial forces in beam
Extreme value -379,91 kN/m (Phase: 7)

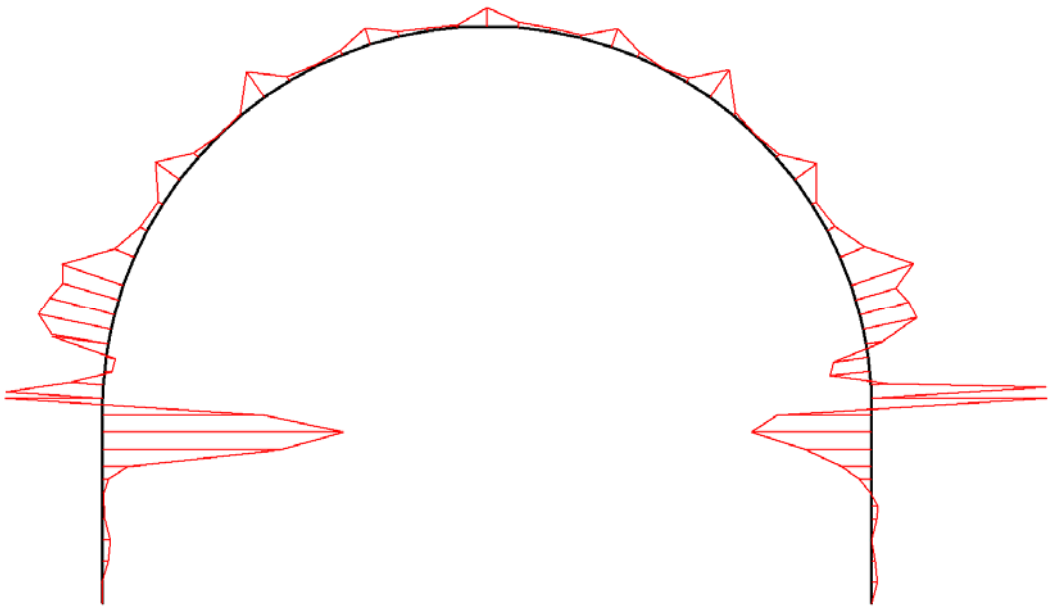


Fig. 36 Bending moments in beam
Extreme value 5,56 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1379	-8,617	0,789	1,132	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1171	-4,799	1,992						
2	1821	-8,800	3,382	38,908	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1619	-4,799	3,492						
3	2245	-8,350	6,112	17,221	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2095	-4,536	4,911						
4	2785	-7,090	8,552	13,345	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2399	-3,837	6,226						
5	3277	-5,150	10,482	12,022	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3059	-2,777	7,257						
6	3733	-2,710	11,712	11,611	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	2885	-1,460	7,914						
7	4015	2,710	11,712	11,692	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3377	1,551	7,884						
8	4113	5,150	10,482	11,998	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3499	2,777	7,257						
9	4103	7,090	8,552	13,482	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3177	3,837	6,226						
10	4197	8,350	6,112	17,165	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3309	4,536	4,911						
11	3643	8,800	3,382	34,552	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	3075	4,799	3,492						
12	3451	8,617	0,789	0,327	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2663	4,799	1,982						
13	3871	0,000	12,142	11,503	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3139	0,000	8,142						

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: ST-IV, CS-4. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	59,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

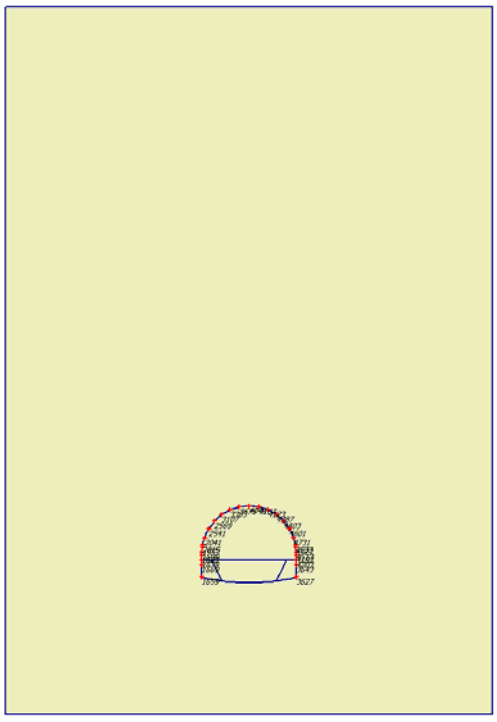


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

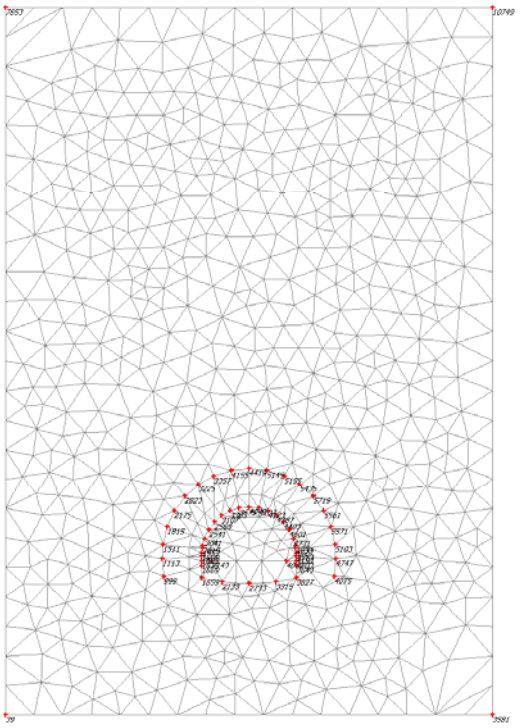


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

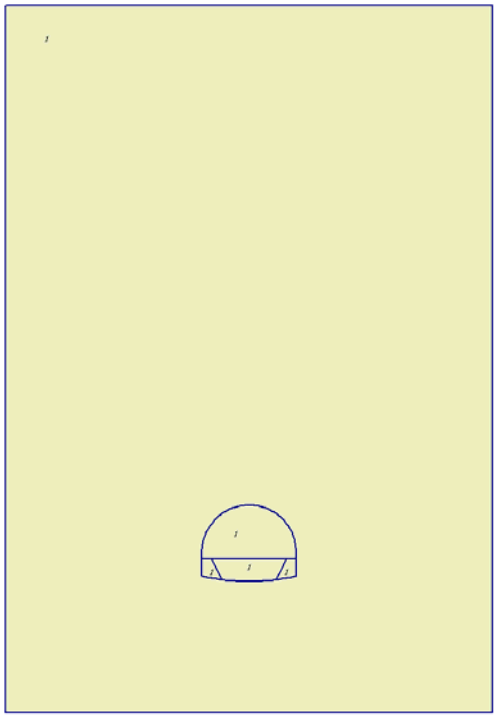


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas calcareas RMR_20**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,80
γ_{sat}	[kN/m³]	26,80
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	685000,000
ν	[-]	0,280
G_{ref}	[kN/m²]	267578,125
E_{oed}	[kN/m²]	875710,227
c_{ref}	[kN/m²]	120,00
φ	[°]	32,75
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	**Identification**	**EA** [kN/m]	**EI** [kNm²/m]	**w** [kN/m/m]	**ν** [-]	**Mp** [kNm/m]	**Np** [kN/m]
1	ST_IV Gunita 0,18 + Cercha	3,18E6	7760,00	4,70	0,20	1E15	1E15

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
2	TH_21 ST_V Gunita 0,30 + Cercha HEB_180	5,72E6	40700,00	7,99	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	17
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	18	55
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	56	65
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	66	68
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	69	78
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	79	81

6. esults for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

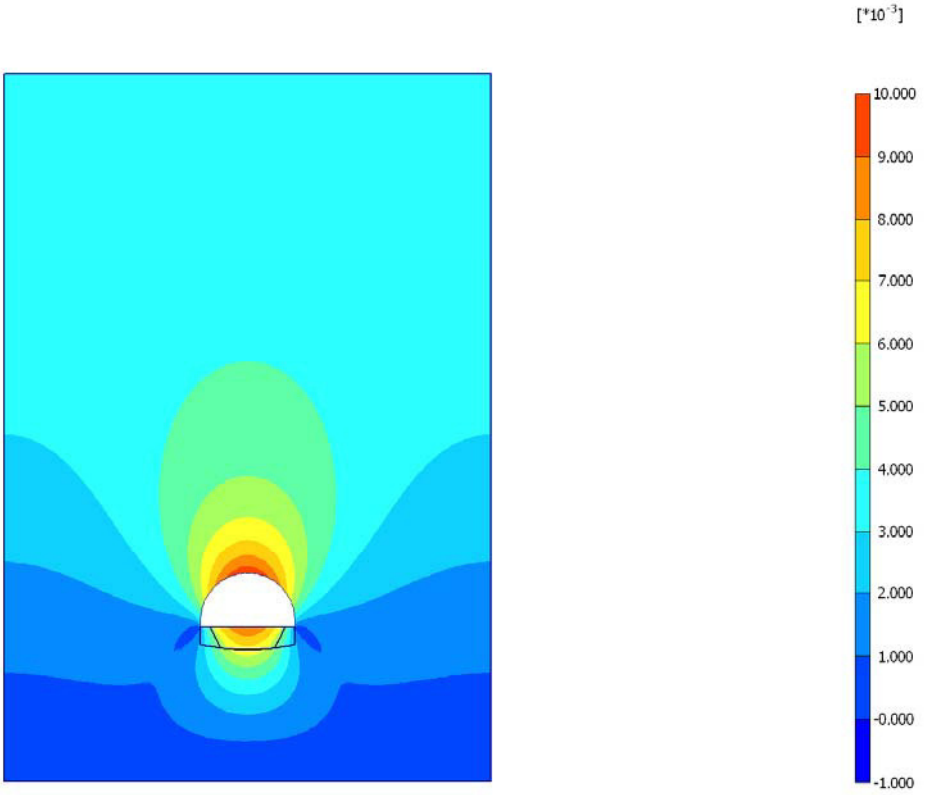


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

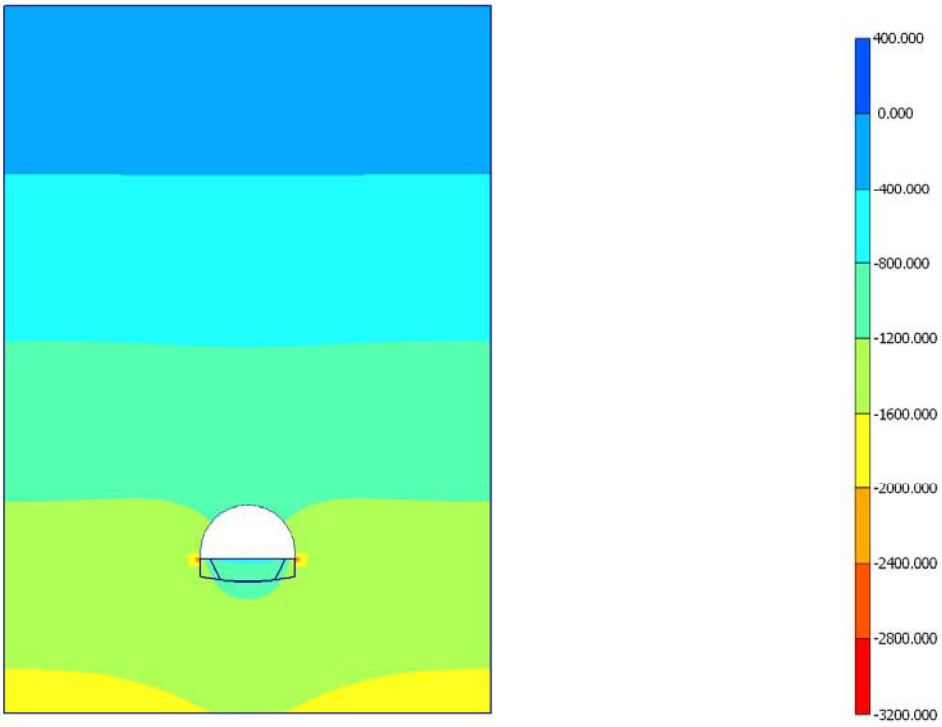


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

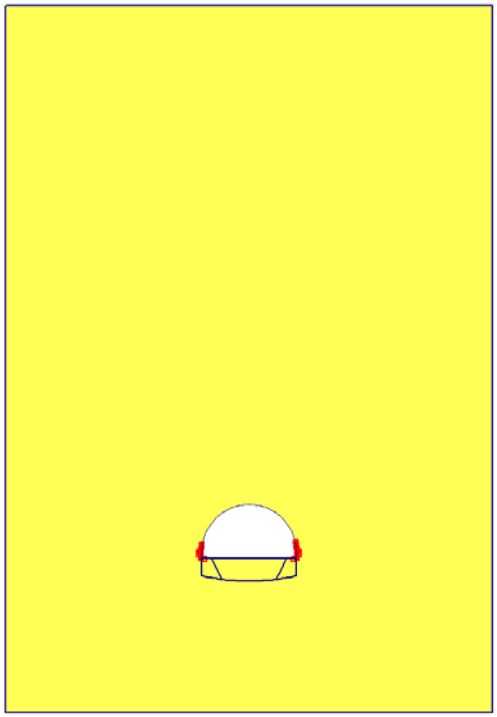


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	5145	1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
10	5155	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
11	5435	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
12	5719	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
13	4731	4,536	4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
14	5561	7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
15	4523	4,758	3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
16	4747	8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
17	4075	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
18	3357	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						
19	4419	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

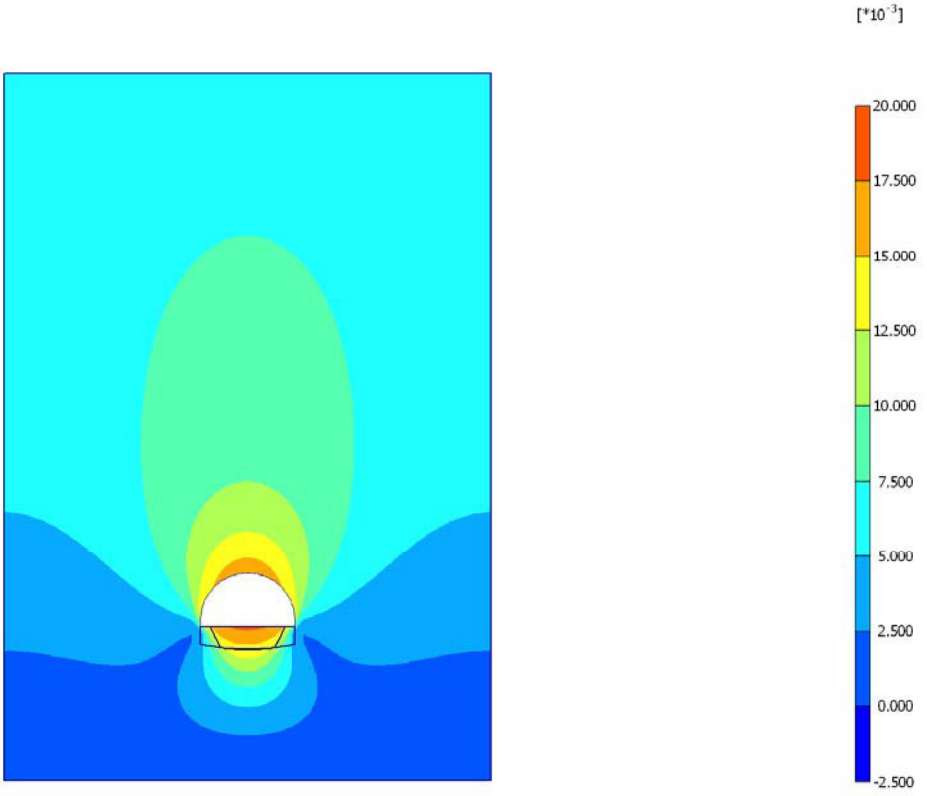


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 17 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

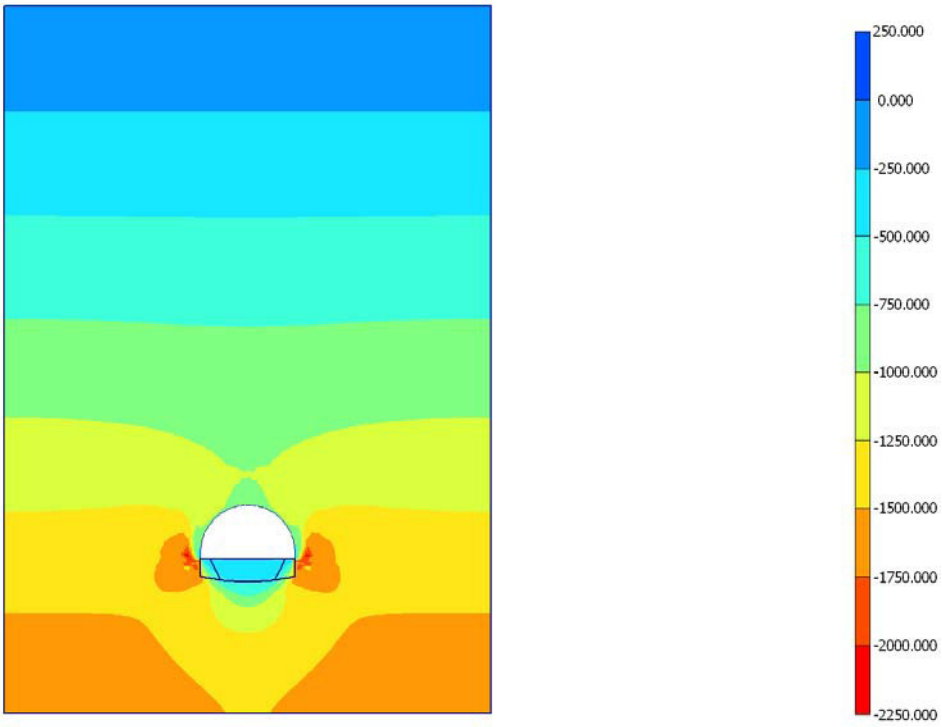


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 17 - (Phase: 2)

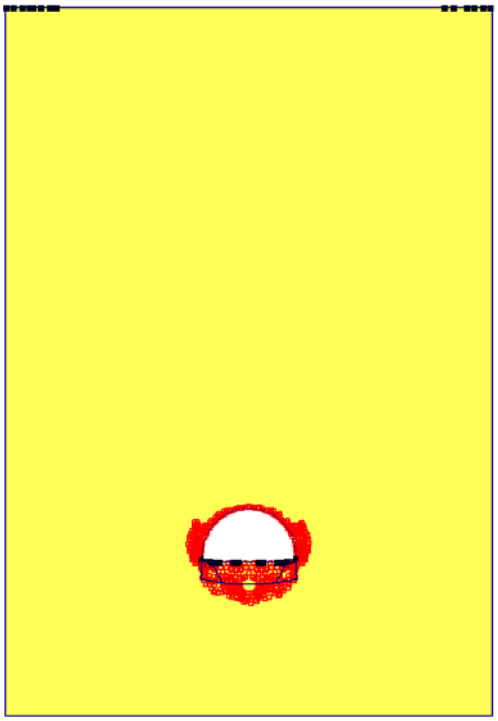


Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 17 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

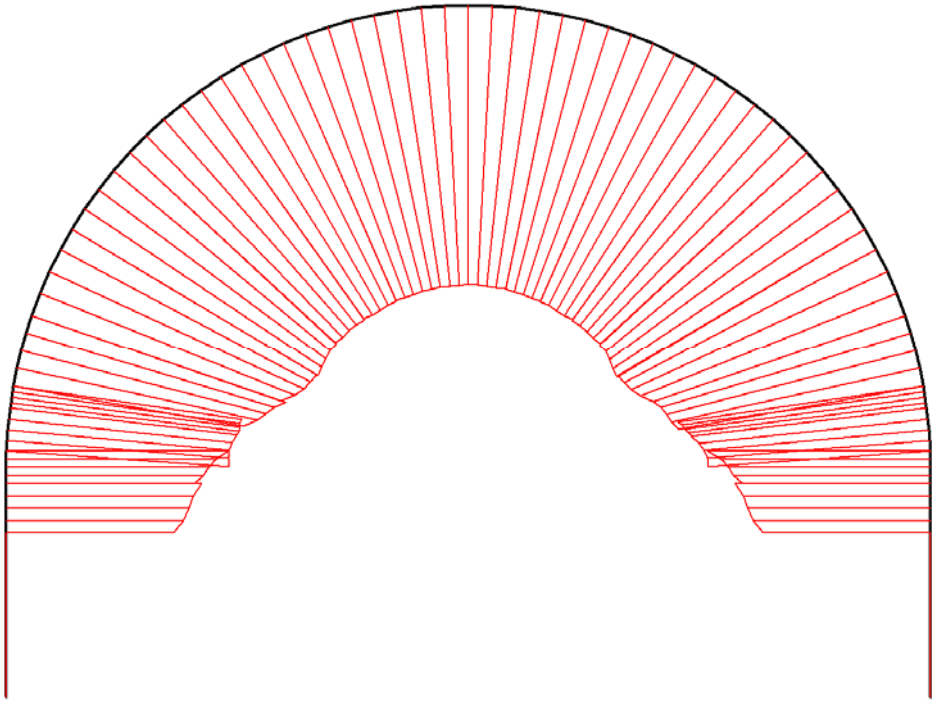


Fig. 10 Axial forces in beam
Extreme value -1,28*10^3 kN/m (Phase: 2)

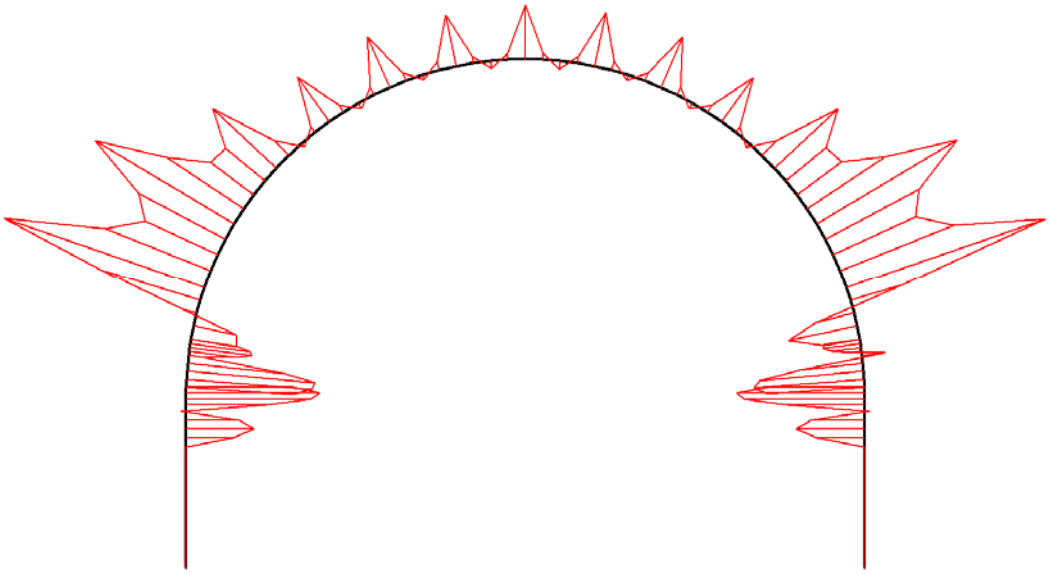


Fig. 11 Bending moments in beam
Extreme value -14,81 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	126,488	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	118,210	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	81,966	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	52,940	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	41,674	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	39,319	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	37,862	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	5145	1,820	11,952	37,802	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
10	5155	3,560	11,392	38,222	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
11	5435	5,150	10,482	39,198	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
12	5719	6,510	9,262	41,350	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
13	4731	4,536	4,911	82,692	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
14	5561	7,600	7,782	52,578	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
15	4523	4,758	3,939	117,687	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
16	4747	8,800	2,882	125,752	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
17	4075	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
18	3357	-3,560	11,392	38,280	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						
19	4419	0,000	12,142	37,742	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

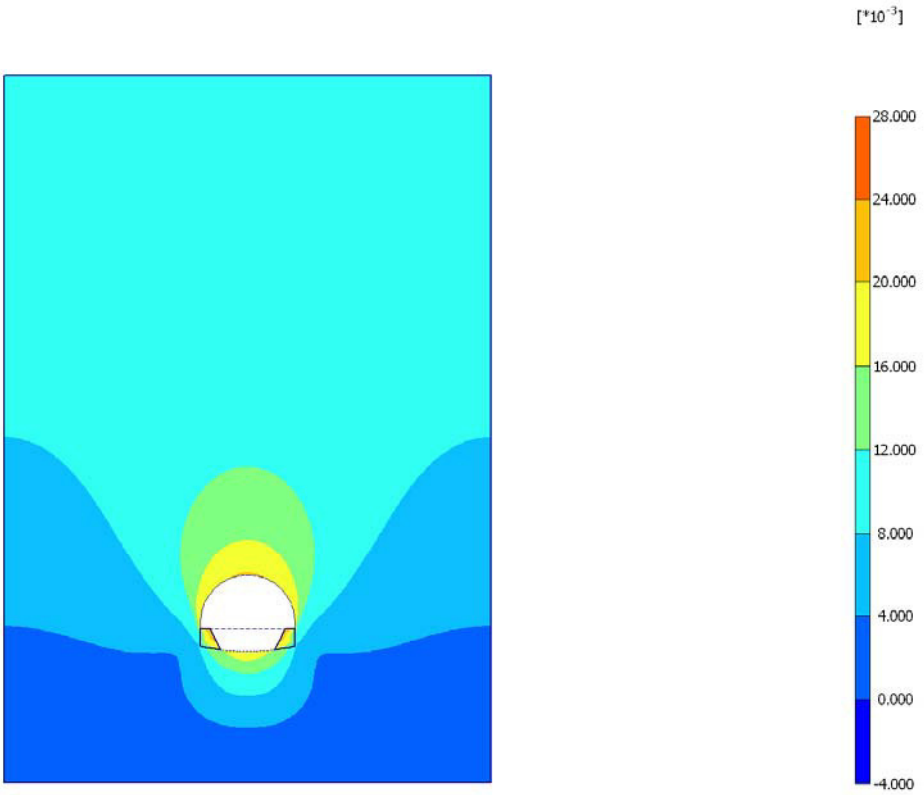


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 55 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

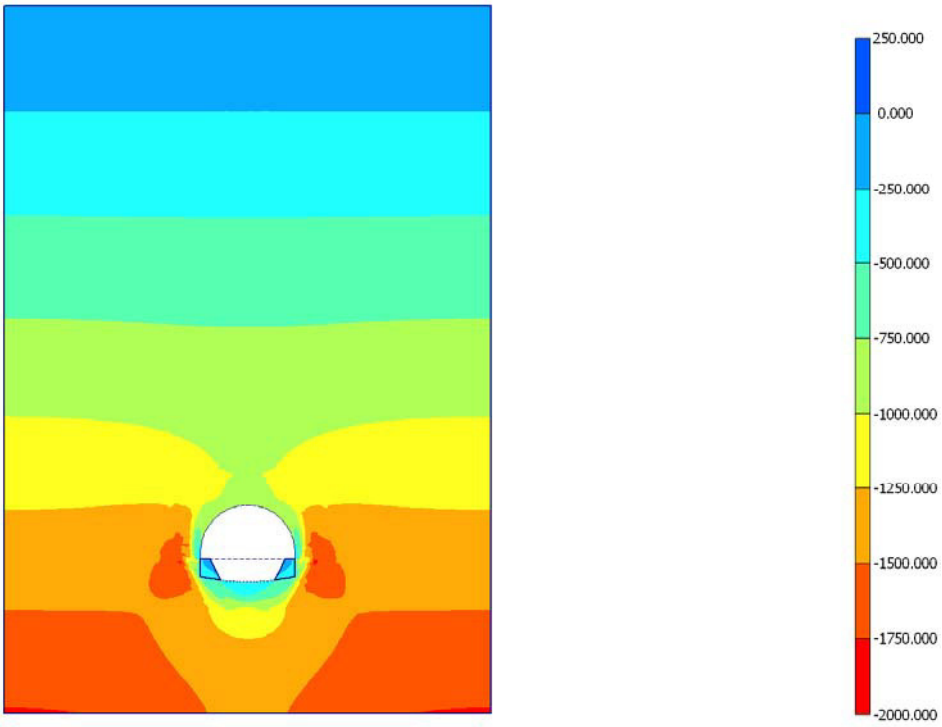


Fig. 13 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 55 - (Phase: 3)

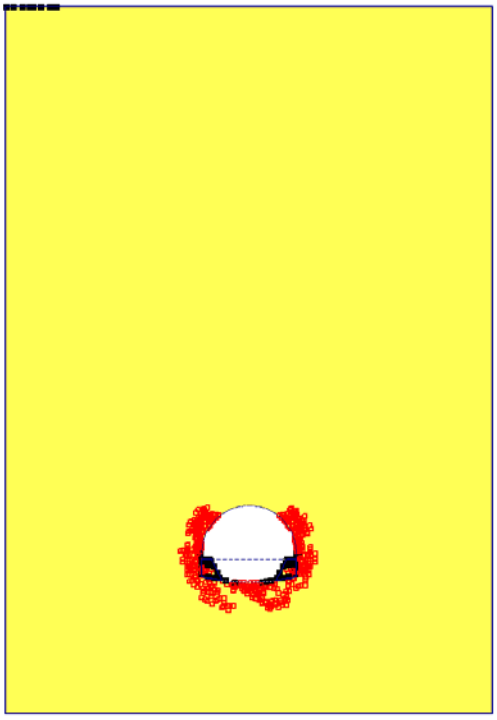


Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 55 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

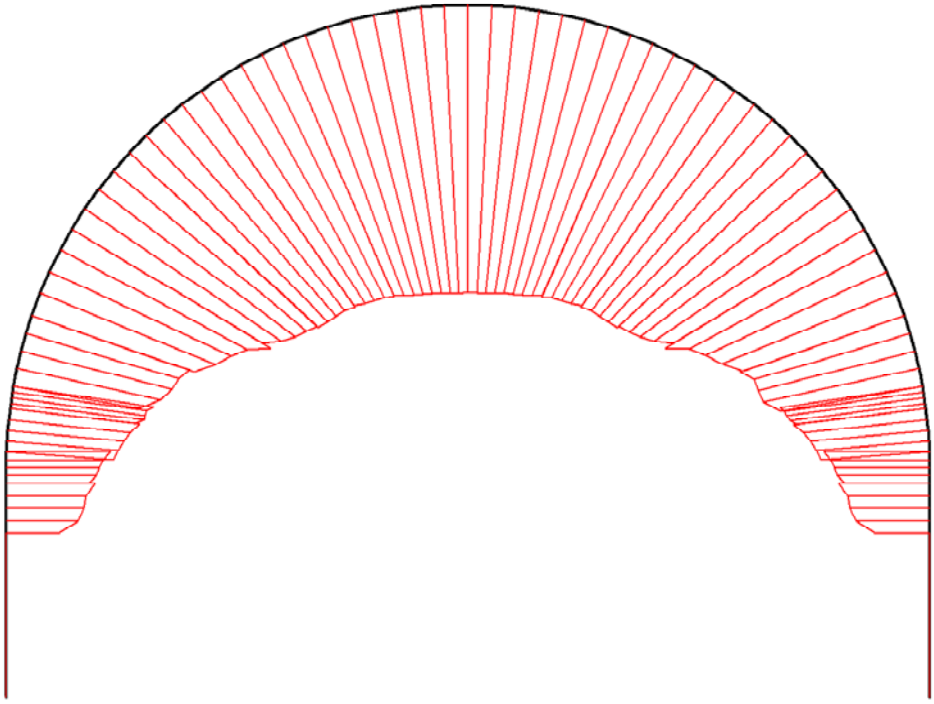


Fig. 15 Axial forces in beam
Extreme value -1,22*10^3 kN/m (Phase: 3)

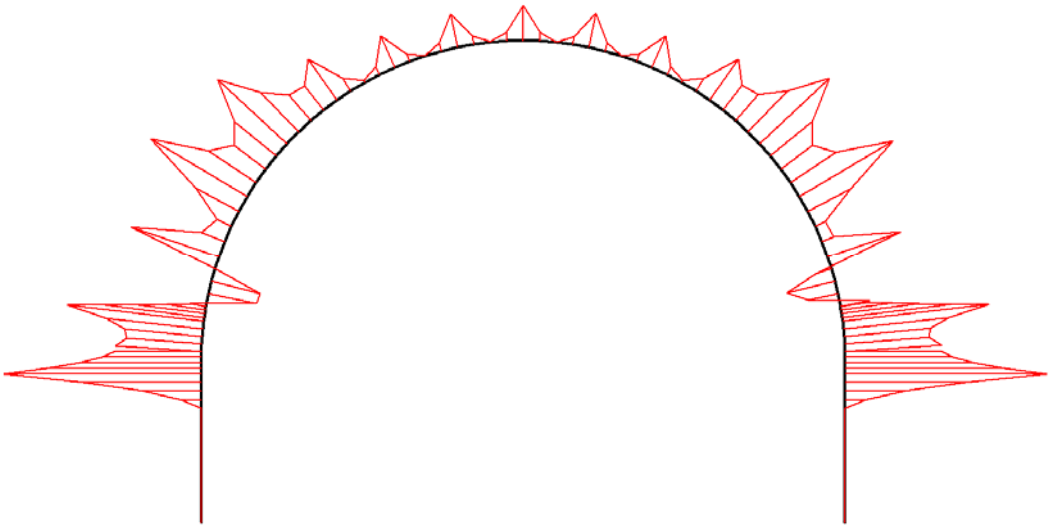


Fig. 16 Bending moments in beam
Extreme value -29,04 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	171,821	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	140,051	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	96,819	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	63,391	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	49,062	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	44,055	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	5145	1,820	11,952	44,072	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
10	5155	3,560	11,392	45,552	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
11	5435	5,150	10,482	49,146	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
12	5719	6,510	9,262	63,244	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
13	4731	4,536	4,911	139,504	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
14	5561	7,600	7,782	96,876	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
15	4523	4,758	3,939	168,730	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
16	4747	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
17	4075	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
18	3357	-3,560	11,392	45,465	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						
19	4419	0,000	12,142	43,615	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

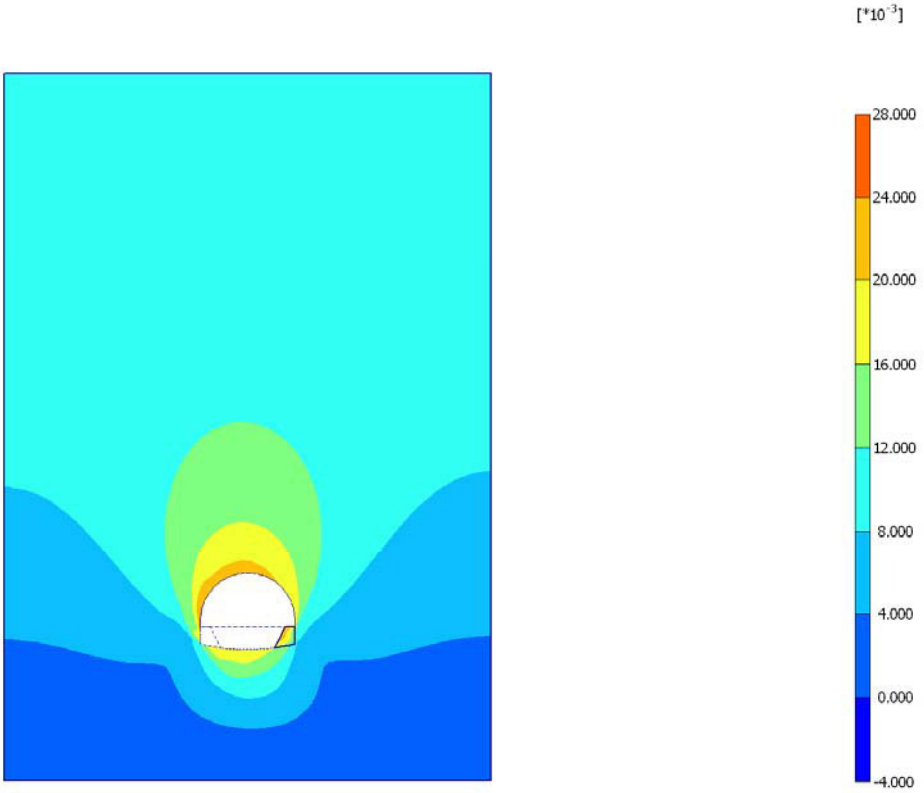


Fig. 17 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 65 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

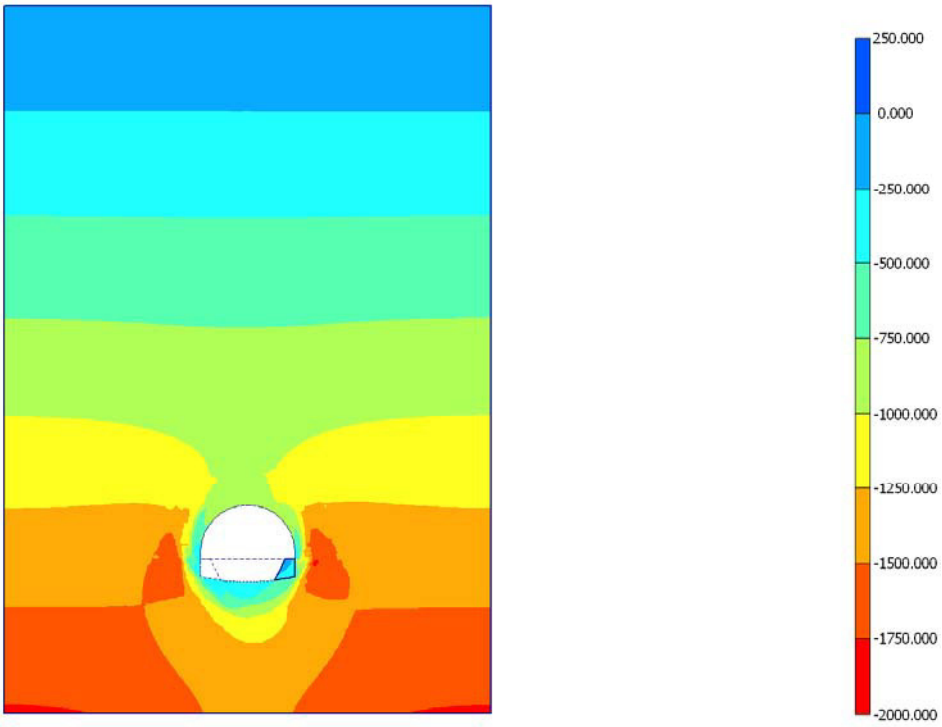


Fig. 18 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 65 - (Phase: 4)

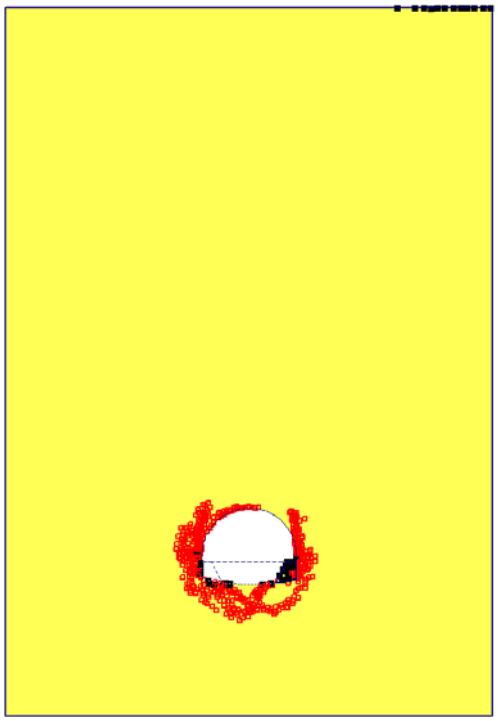


Fig. 19 Plot of plastic points
- Step no: 65 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

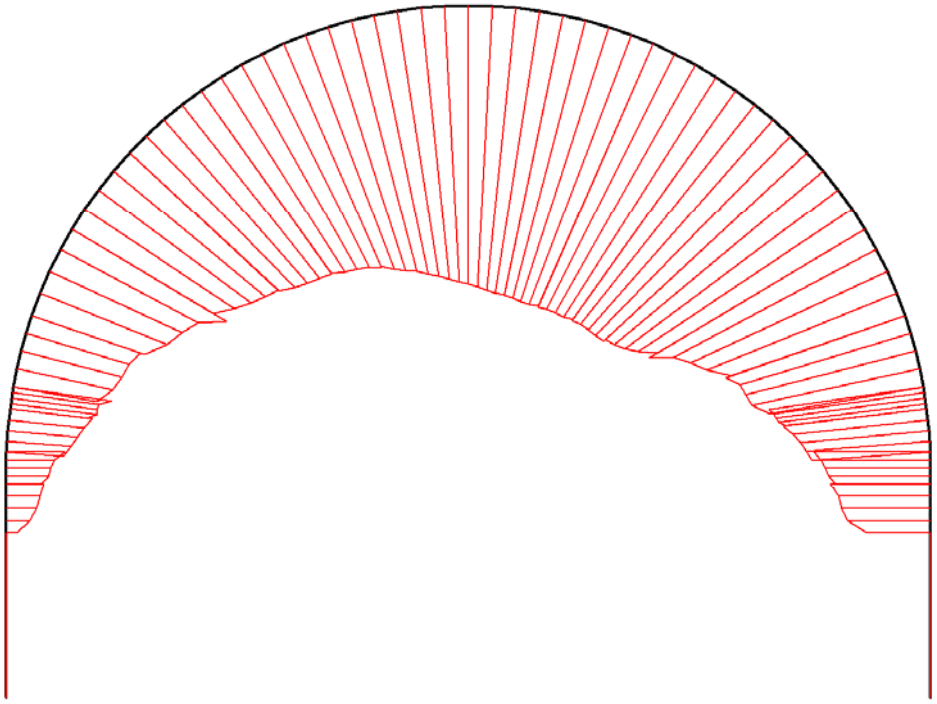


Fig. 20 Axial forces in beam
Extreme value -1,21*10^3 kN/m (Phase: 4)

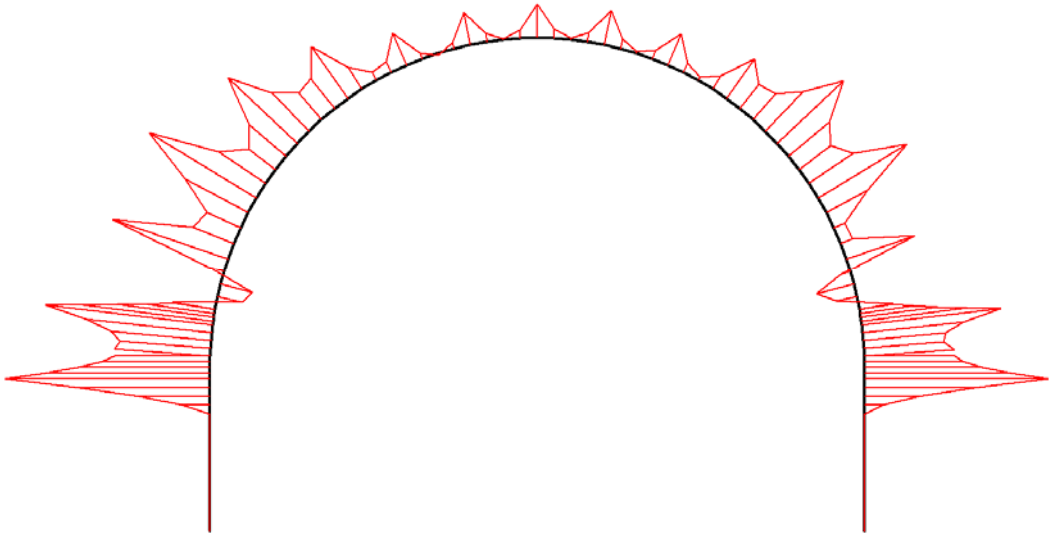


Fig. 21 Bending moments in beam
Extreme value -32,32 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	174,438	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	115,531	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	77,198	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	56,130	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	47,440	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	5145	1,820	11,952	45,864	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
10	5155	3,560	11,392	46,813	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
11	5435	5,150	10,482	50,063	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
12	5719	6,510	9,262	63,996	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
13	4731	4,536	4,911	140,578	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
14	5561	7,600	7,782	97,736	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
15	4523	4,758	3,939	170,050	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
16	4747	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
17	4075	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
18	3357	-3,560	11,392	49,677	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						
19	4419	0,000	12,142	46,161	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						

10. Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

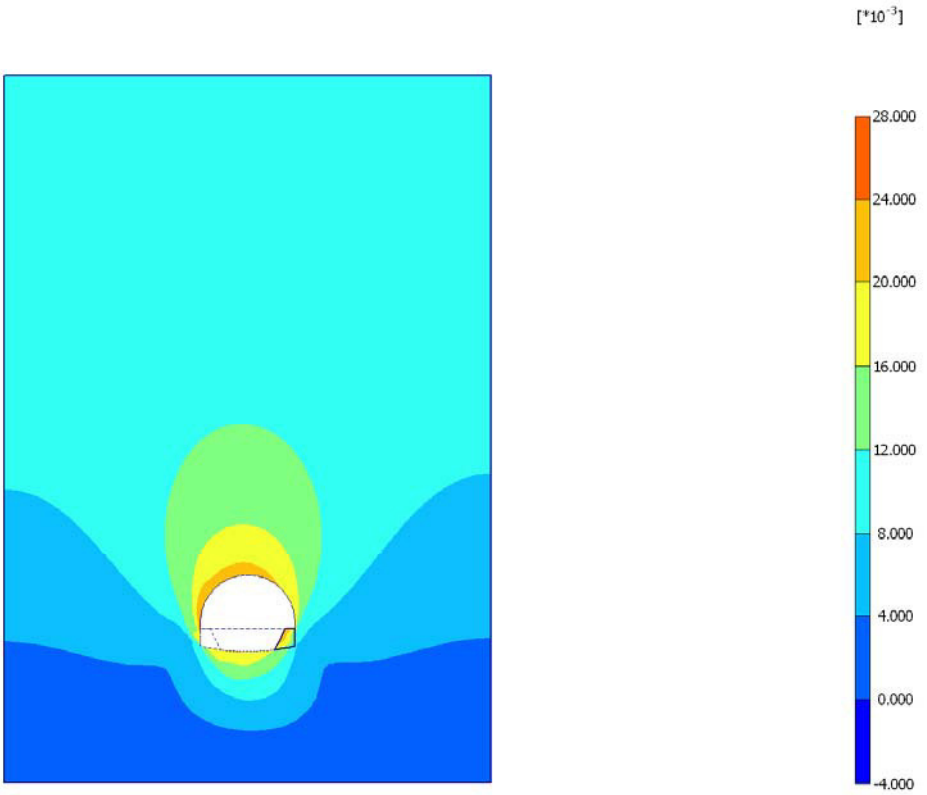


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 68 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

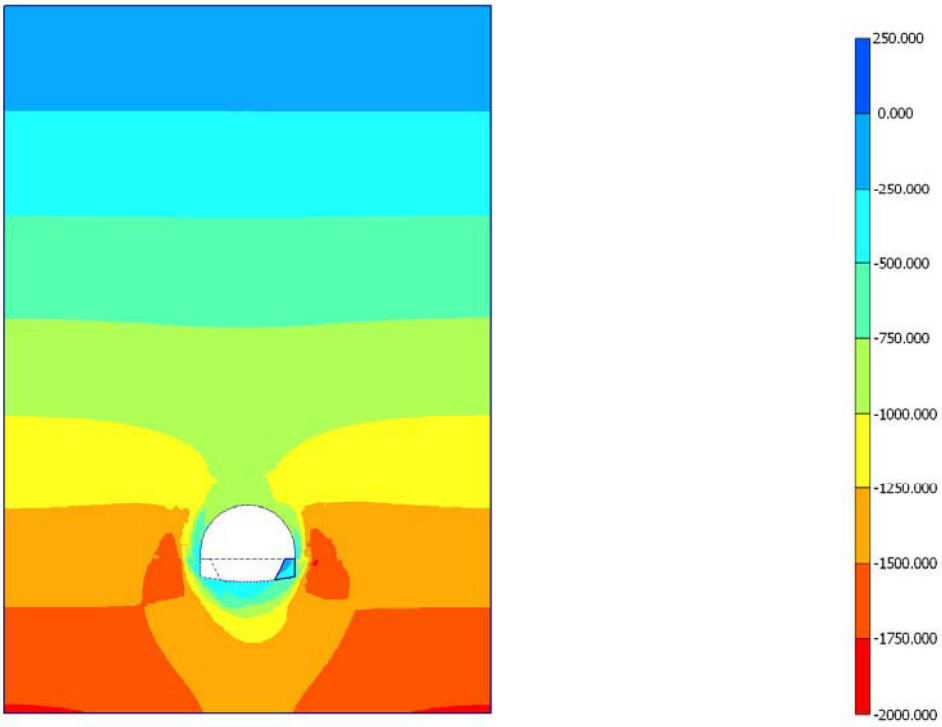


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 68 - (Phase: 5)

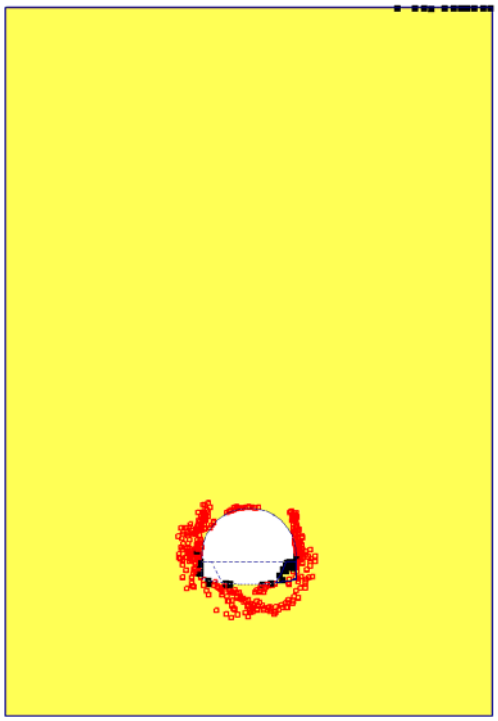


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 68 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

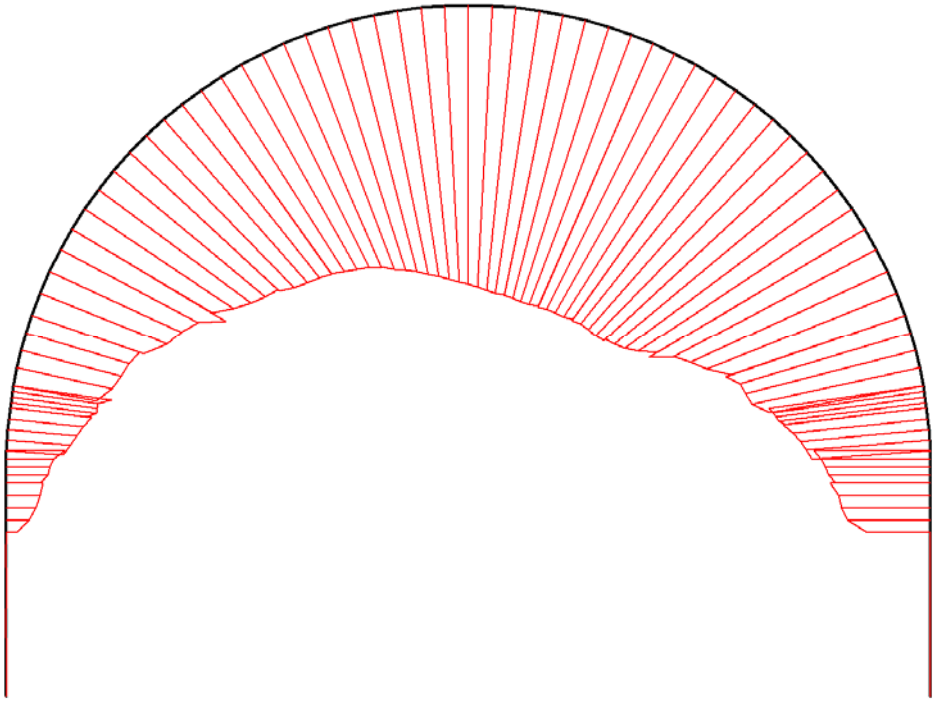


Fig. 25 Axial forces in beam
Extreme value -1,21*10^3 kN/m (Phase: 5)

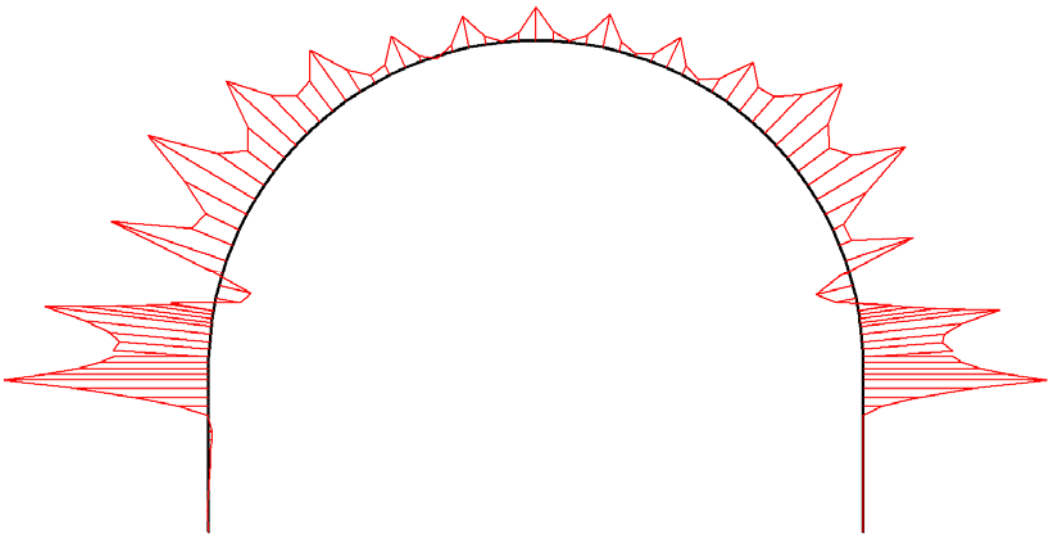


Fig. 26 Bending moments in beam
Extreme value -32,43 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	0,416	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	174,652	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	115,740	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	77,277	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	56,162	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	47,459	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	5145	1,820	11,952	45,877	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
10	5155	3,560	11,392	46,824	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
11	5435	5,150	10,482	50,074	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
12	5719	6,510	9,262	64,011	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
13	4731	4,536	4,911	140,605	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
14	5561	7,600	7,782	97,760	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
15	4523	4,758	3,939	170,072	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
16	4747	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
17	4075	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
18	3357	-3,560	11,392	49,700	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						
19	4419	0,000	12,142	46,176	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

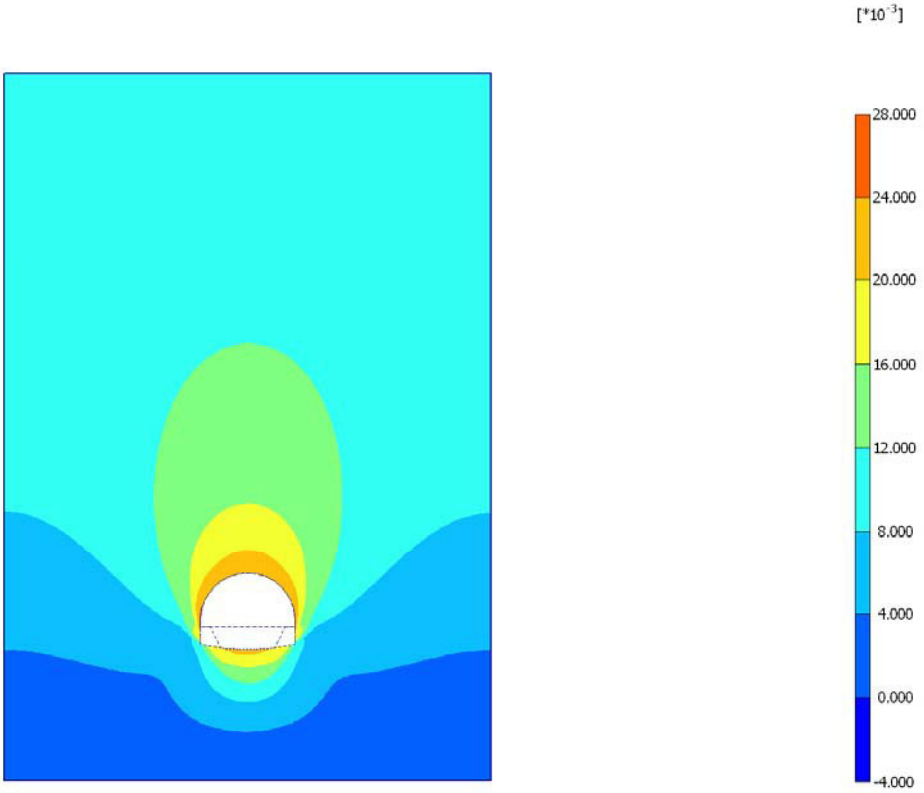


Fig. 27 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 78 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

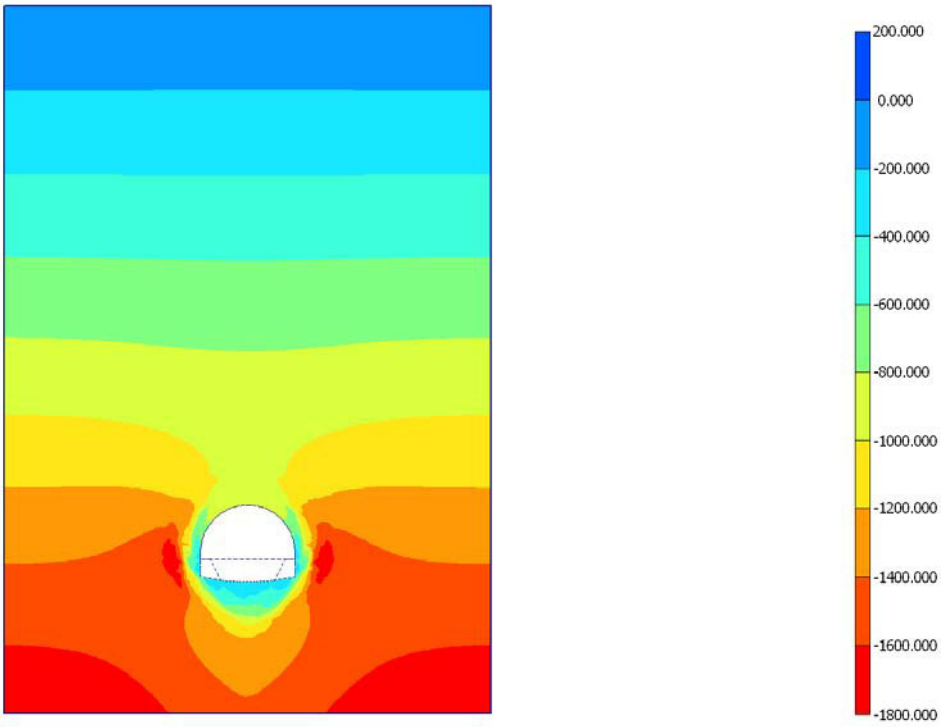


Fig. 28 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 78 - (Phase: 6)

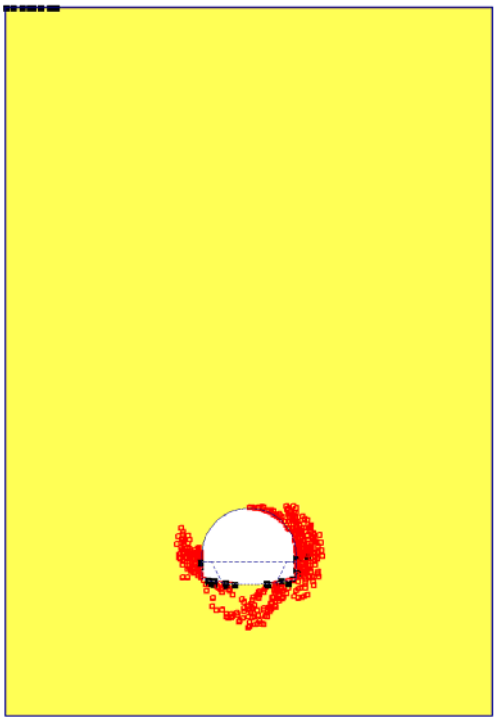


Fig. 29 Plot of plastic points
- Step no: 78 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

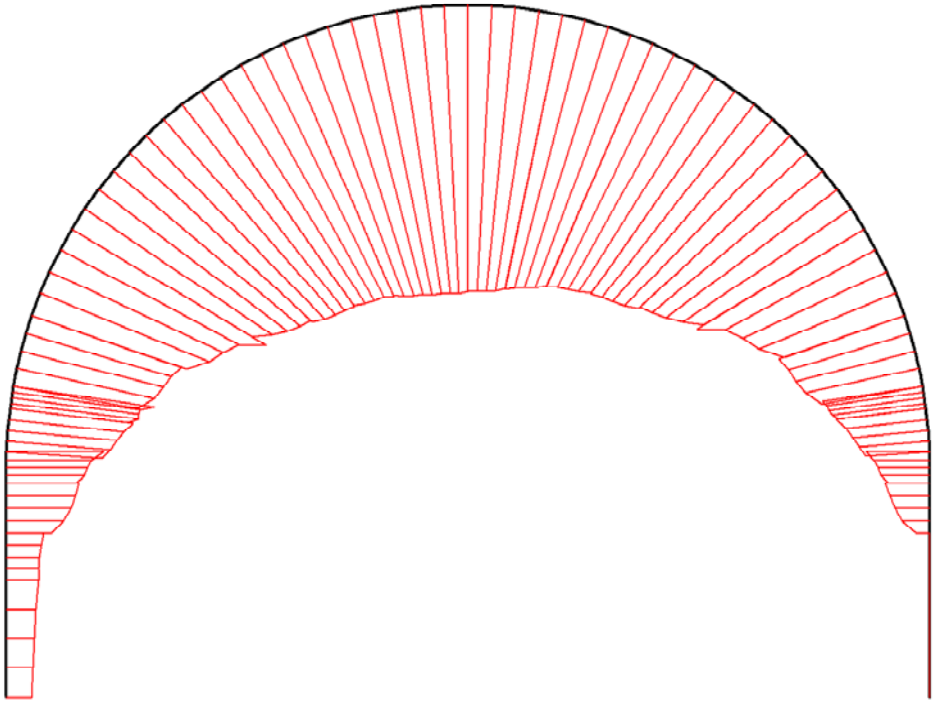


Fig. 30 Axial forces in beam
Extreme value -1,14*10^3 kN/m (Phase: 6)

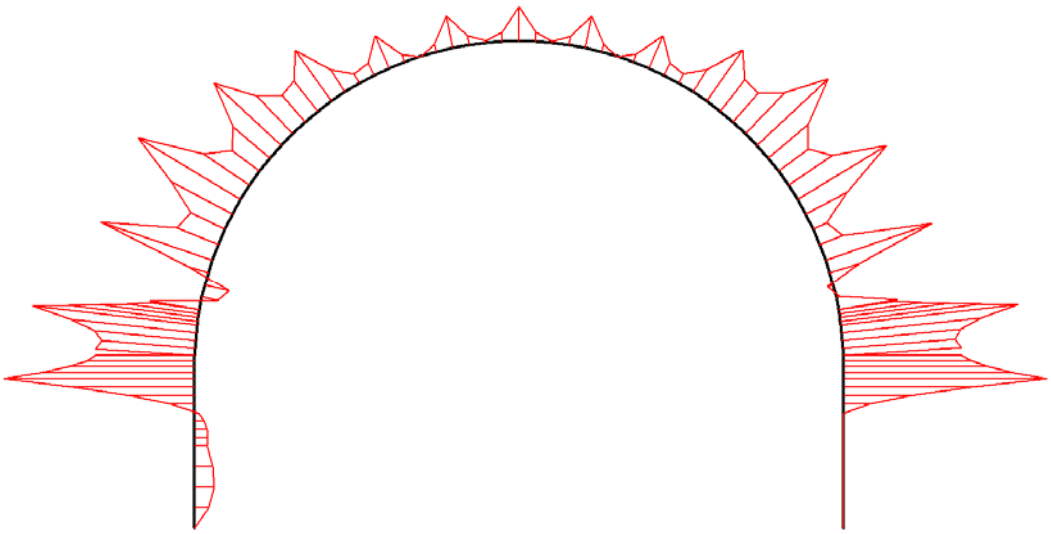


Fig. 31 Bending moments in beam
Extreme value -34,27 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	4,744	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	174,200	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	115,097	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	76,870	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	56,205	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	48,881	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	5145	1,820	11,952	49,231	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
10	5155	3,560	11,392	51,091	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
11	5435	5,150	10,482	57,424	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
12	5719	6,510	9,262	79,077	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
13	4731	4,536	4,911	176,465	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
14	5561	7,600	7,782	120,798	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
15	4523	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
16	4747	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
17	4075	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
18	3357	-3,560	11,392	50,358	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						
19	4419	0,000	12,142	48,485	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						

12.Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

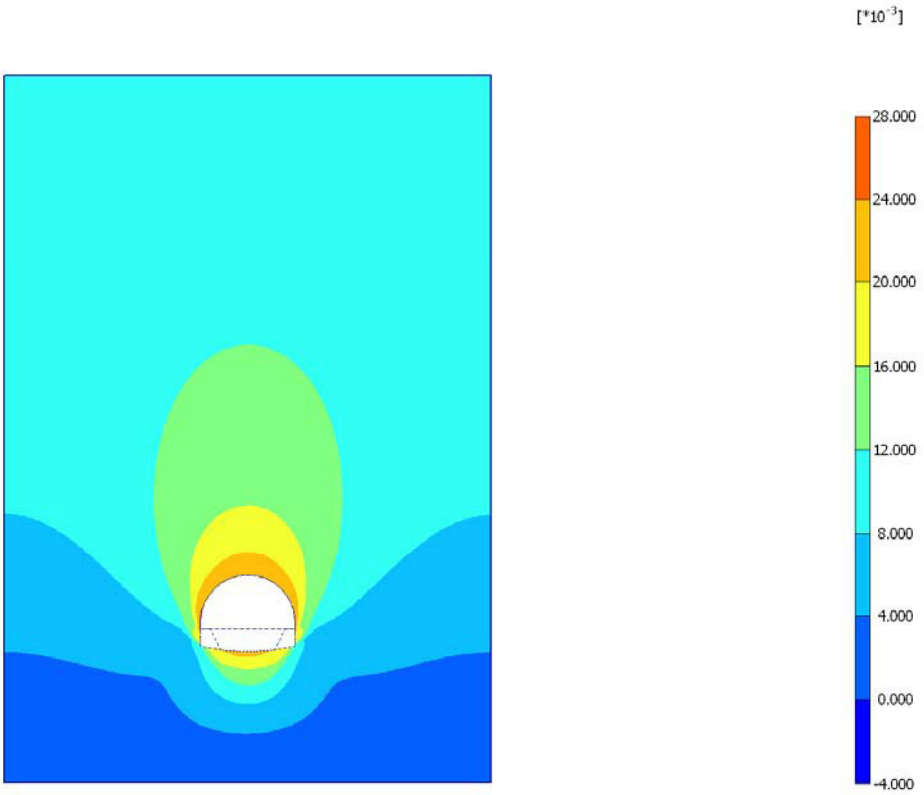


Fig. 32 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 81 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

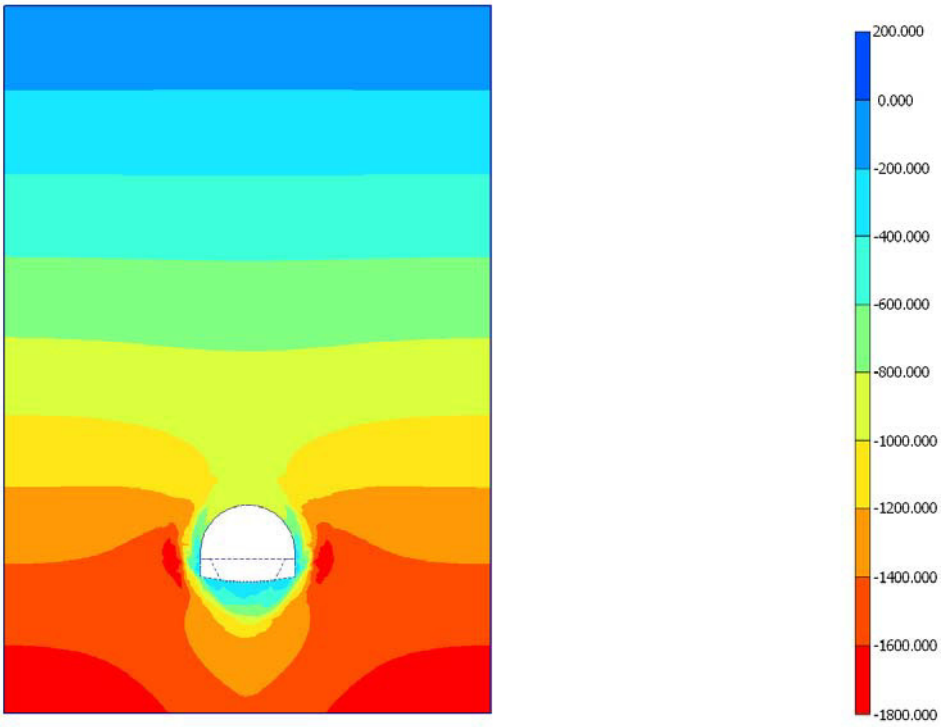


Fig. 33 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 81 - (Phase: 7)

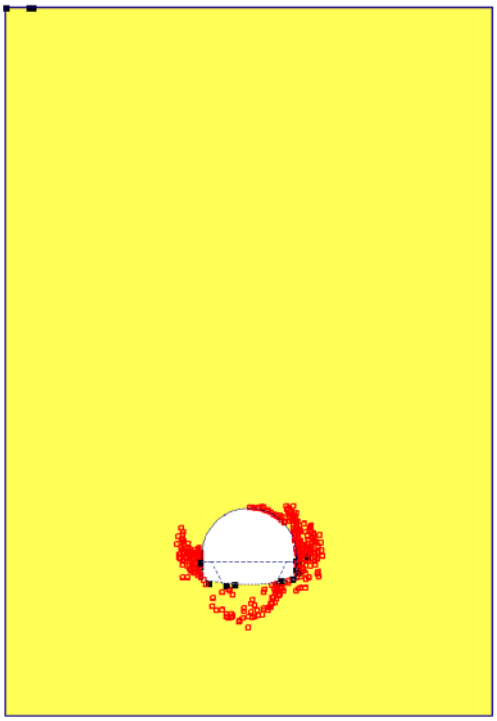


Fig. 34 Plot of plastic points
- Step no: 81 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

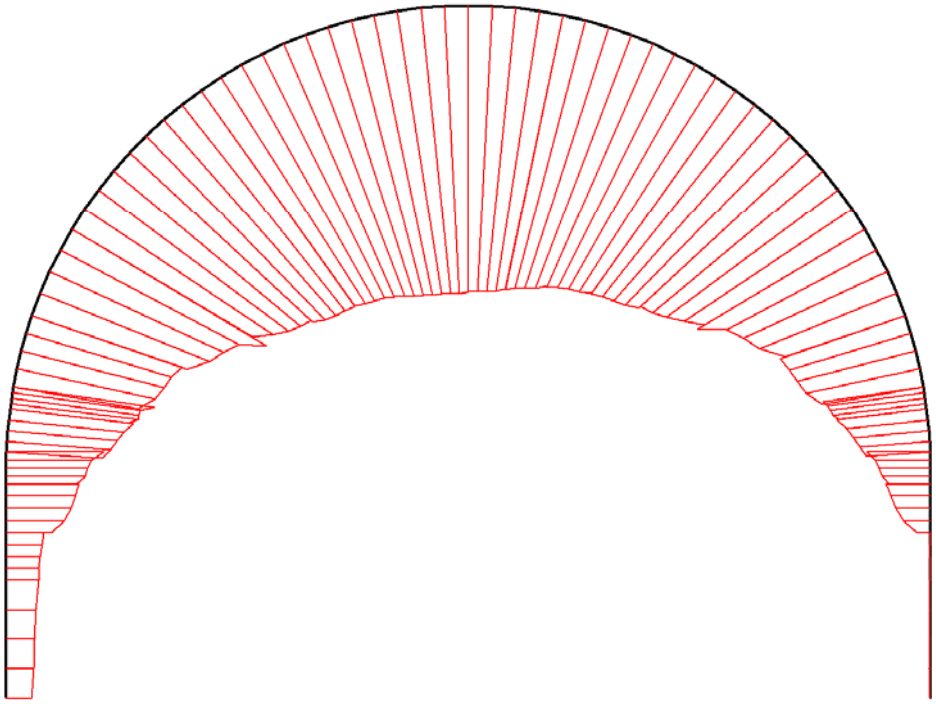


Fig. 35 Axial forces in beam
Extreme value -1,14*10^3 kN/m (Phase: 7)

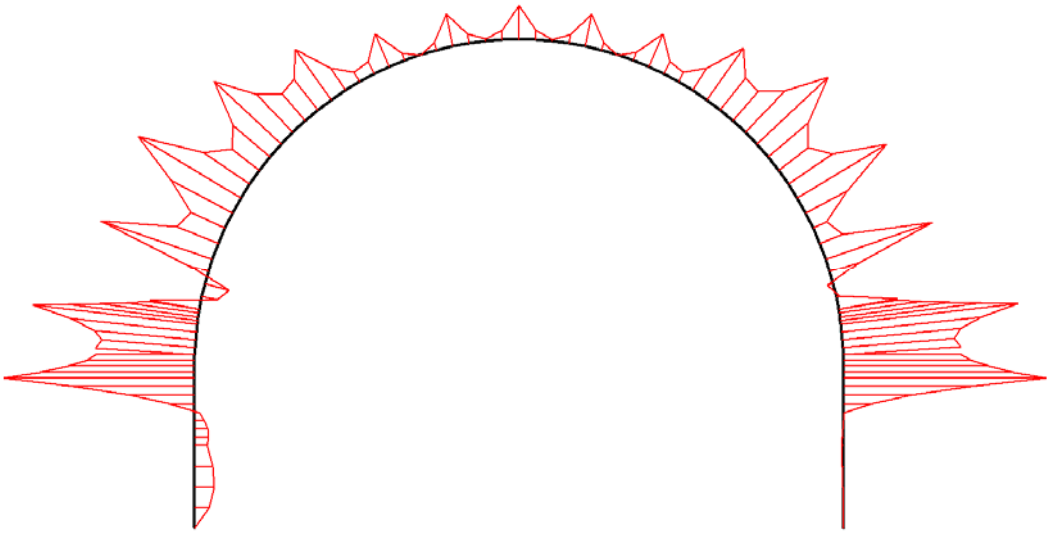


Fig. 36 Bending moments in beam
Extreme value -34,23 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	4,754	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	174,198	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	115,095	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	76,870	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	56,208	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	48,892	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	5145	1,820	11,952	49,253	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
10	5155	3,560	11,392	51,120	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
11	5435	5,150	10,482	57,477	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
12	5719	6,510	9,262	79,179	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
13	4731	4,536	4,911	176,660	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
14	5561	7,600	7,782	120,944	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
15	4523	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
16	4747	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
17	4075	8,654	1,089	0,239	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
18	3357	-3,560	11,392	50,365	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						
19	4419	0,000	12,142	48,501	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: ST-V, CS-4. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	59,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

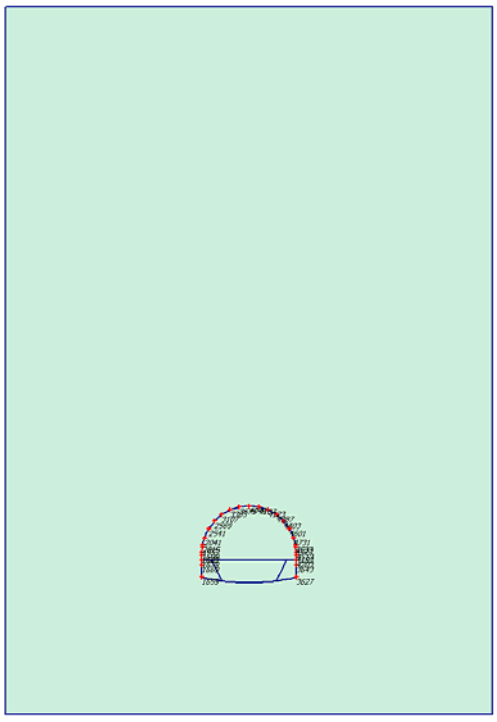


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

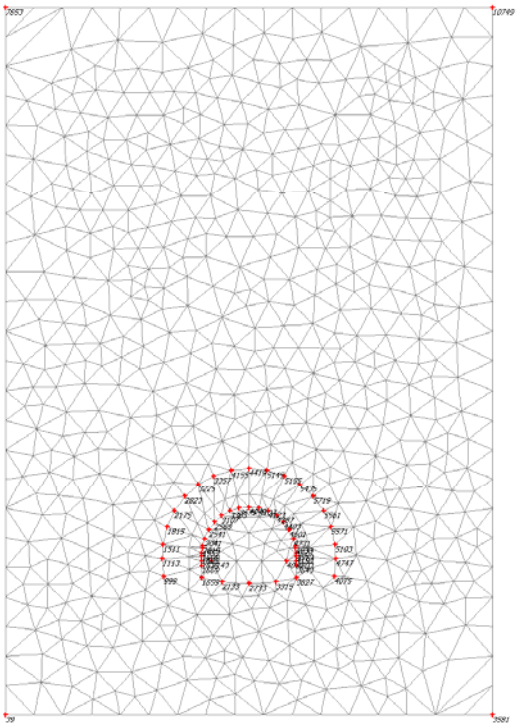


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

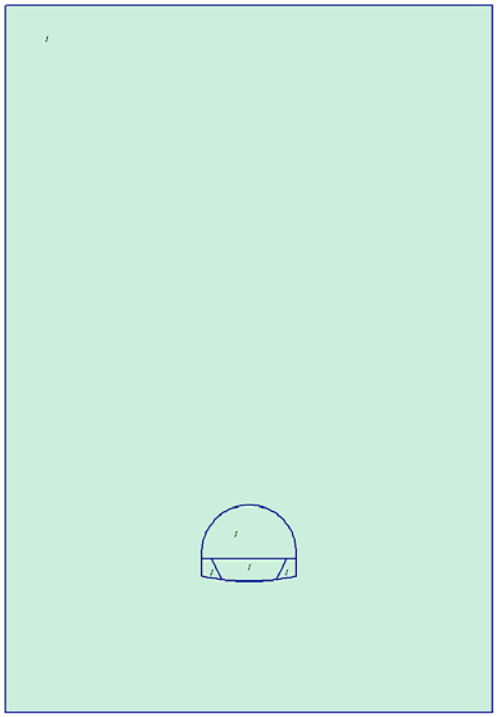


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas calcareas RMR_10**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,80
γ_{sat}	[kN/m³]	26,80
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	460000,000
ν	[-]	0,280
G_{ref}	[kN/m²]	179687,500
E_{oed}	[kN/m²]	588068,182
c_{ref}	[kN/m²]	77,00
φ	[°]	27,00
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	**Identification**	**EA** [kN/m]	**EI** [kNm²/m]	**w** [kN/m/m]	**ν** [-]	**Mp** [kNm/m]	**Np** [kN/m]
1	ST_IV Gunita 0,18 + Cercha	3,18E6	7760,00	4,70	0,20	1E15	1E15

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
2	TH_21 ST_V Gunita 0,30 + Cercha HEB_180	5,72E6	40700,00	7,99	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	3
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	4	46
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	47	104
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	105	128
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	129	131
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	132	148
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	149	151

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

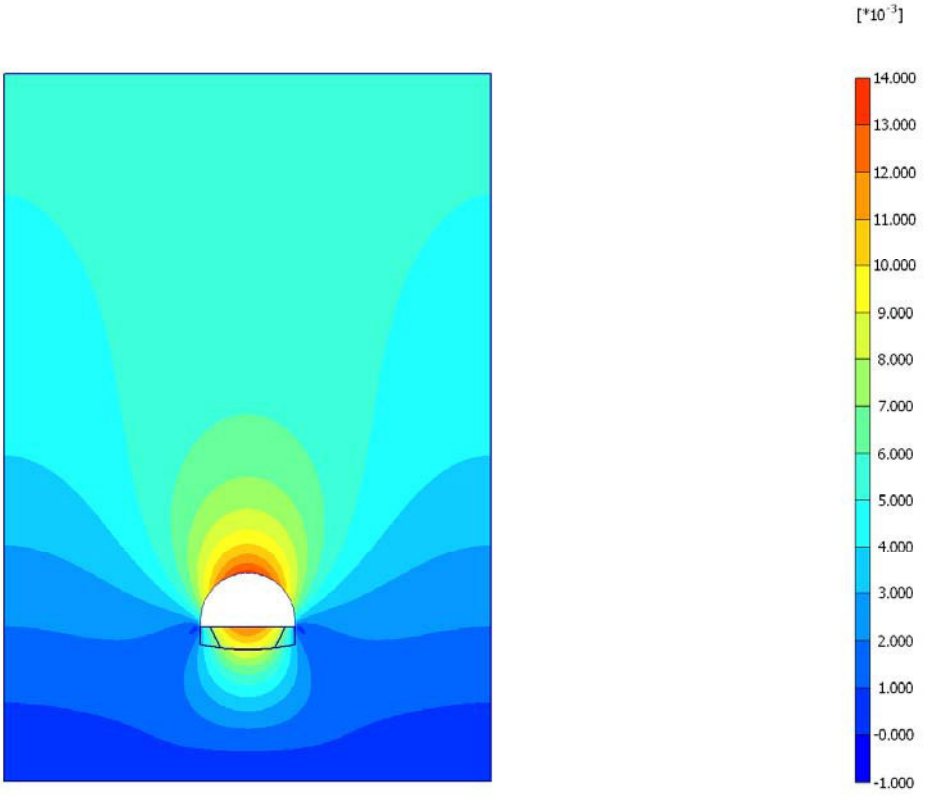


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

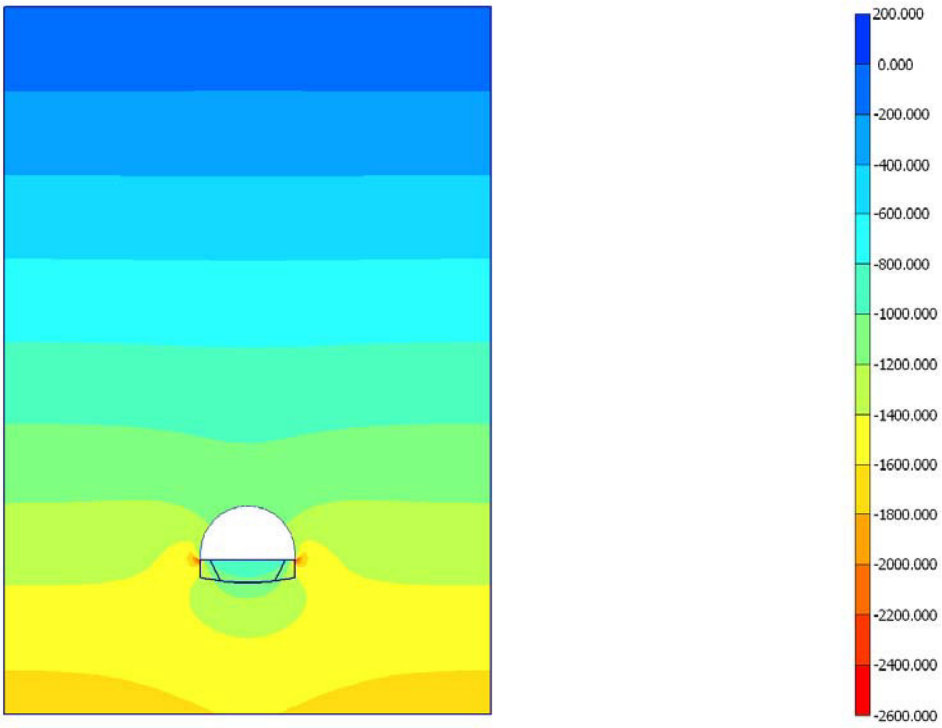


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

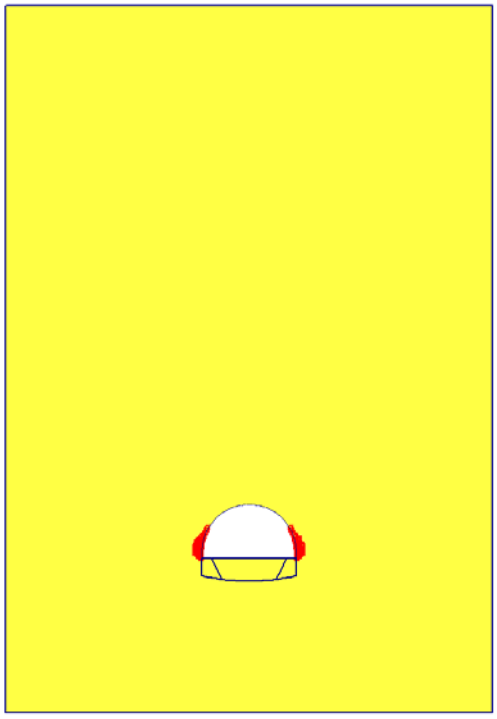


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	4419	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						
10	5145	1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
11	5155	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
12	5435	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
13	5719	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
14	4731	4,536	4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
15	5561	7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
16	4523	4,758	3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
17	4747	8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
18	4075	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
19	3357	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

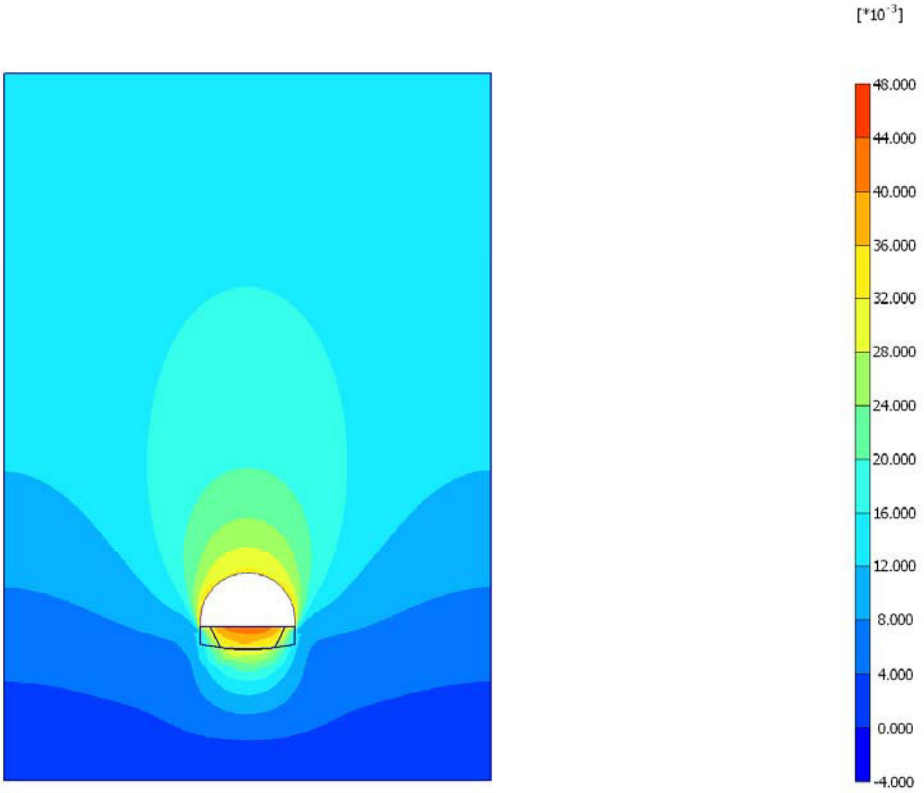


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 46 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

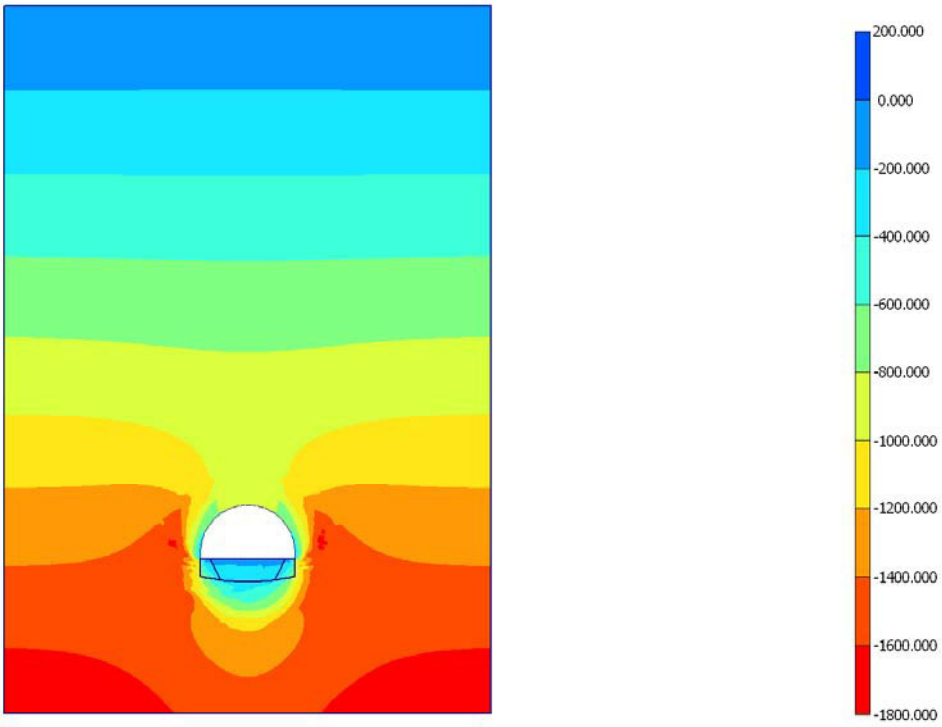


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 46 - (Phase: 2)

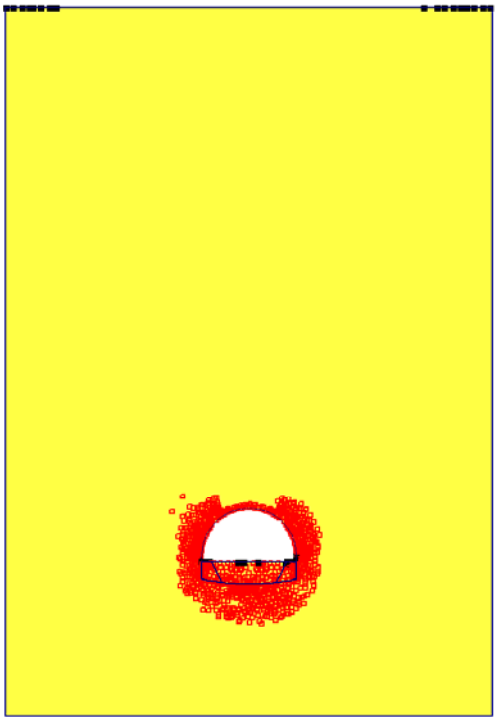


Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 46 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

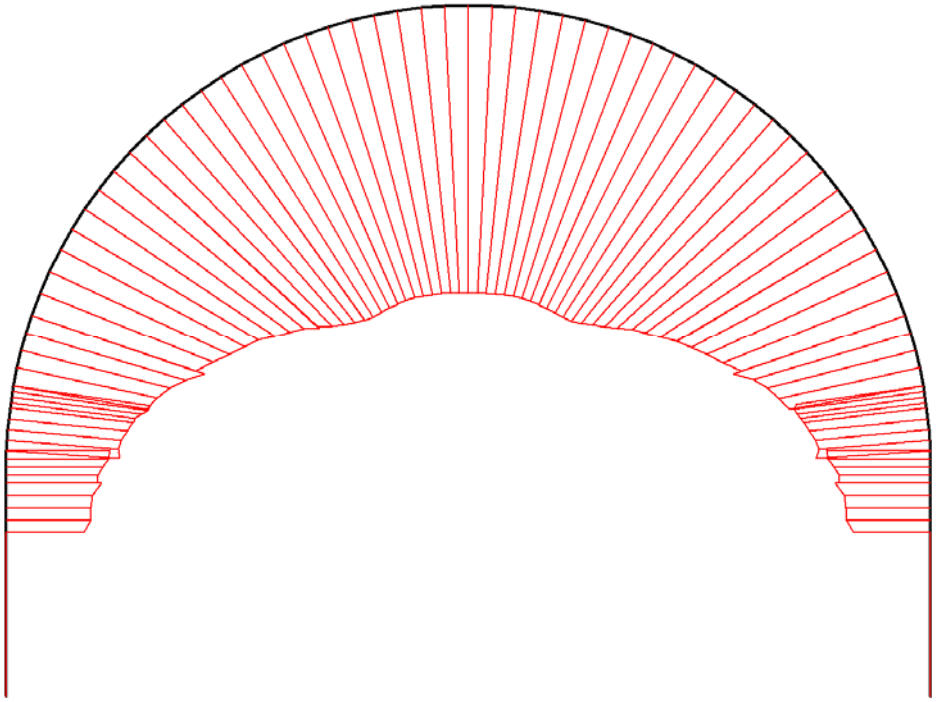


Fig. 10 Axial forces in beam
Extreme value -1,36*10^3 kN/m (Phase: 2)

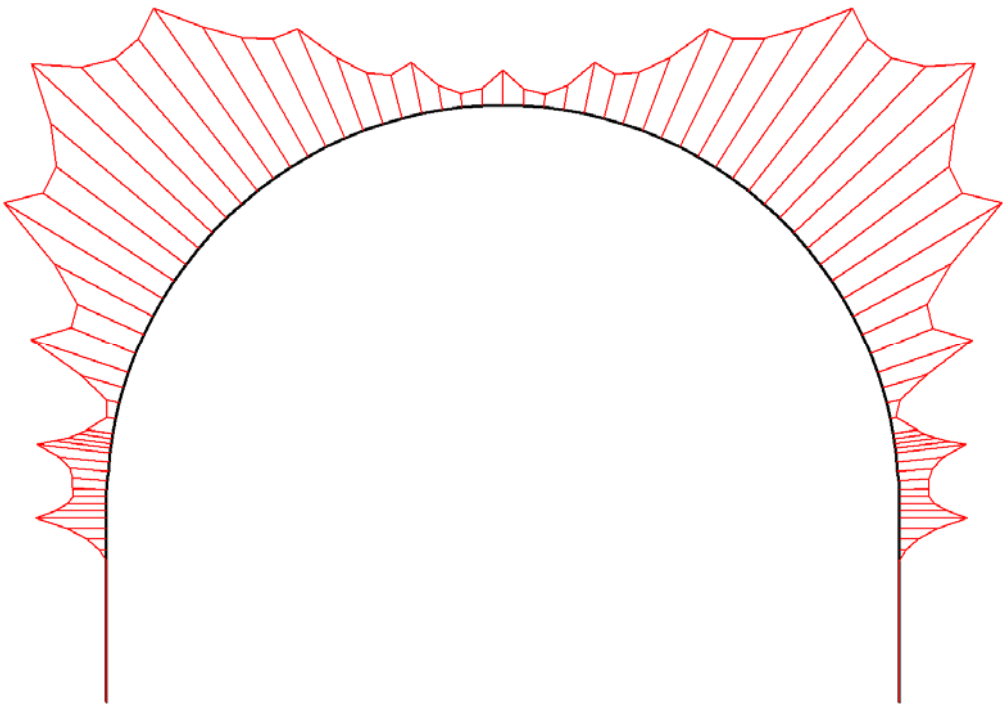


Fig. 11 Bending moments in beam
Extreme value -82,13 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	152,810	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	98,560	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	69,622	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	4419	0,000	12,142	69,584	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						
10	5145	1,820	11,952	69,575	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
11	5155	3,560	11,392	74,494	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
12	5435	5,150	10,482	98,497	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
13	5719	6,510	9,262	153,124	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
14	4731	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
15	5561	7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
16	4523	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
17	4747	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
18	4075	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
19	3357	-3,560	11,392	74,648	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

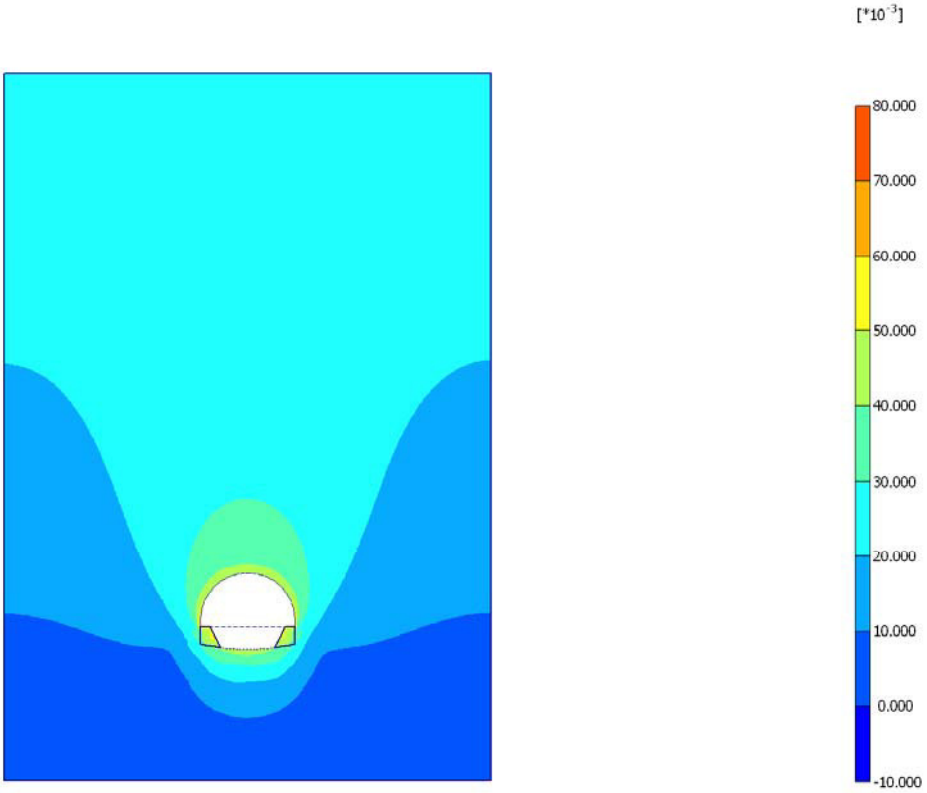


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 104 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

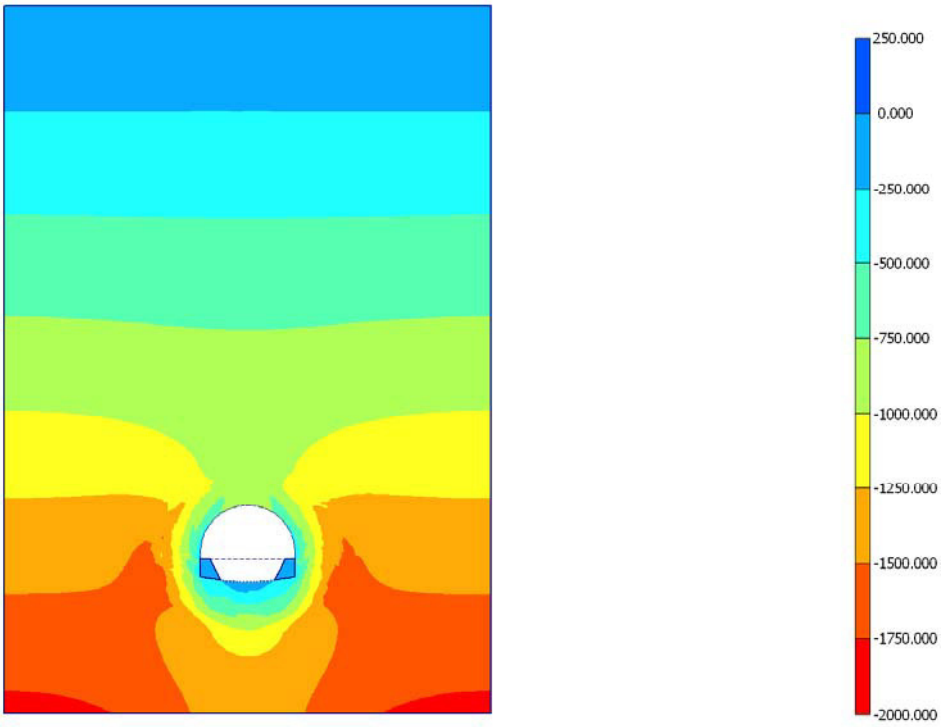


Fig. 13Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 104 - (Phase: 3)

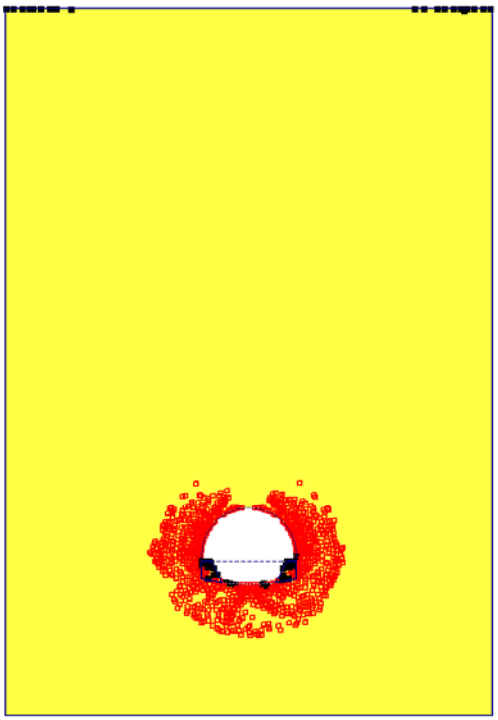


Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 104 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

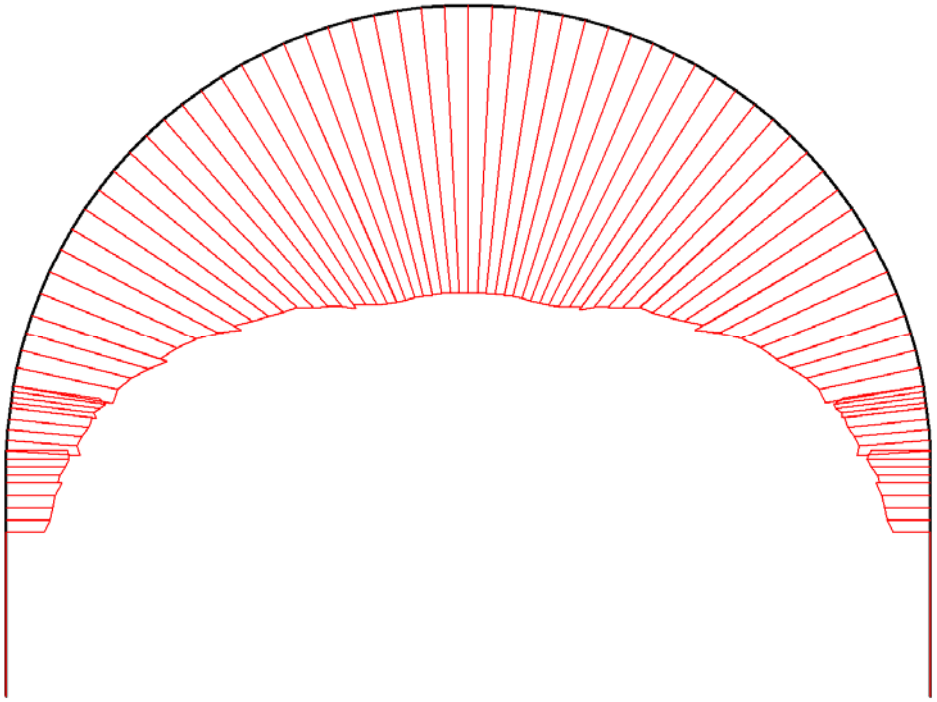


Fig. 15 Axial forces in beam
Extreme value -1,21*10^3 kN/m (Phase: 3)

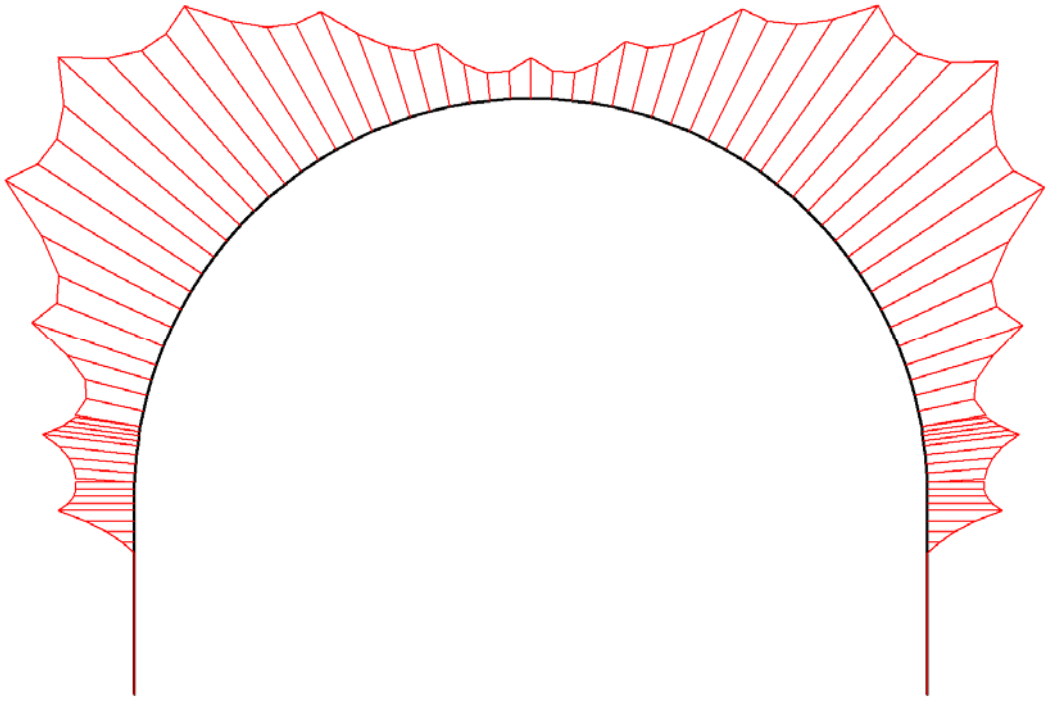


Fig. 16 Bending moments in beam
Extreme value -123,67 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	131,526	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	81,029	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	4419	0,000	12,142	79,395	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						
10	5145	1,820	11,952	81,170	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
11	5155	3,560	11,392	94,253	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
12	5435	5,150	10,482	133,424	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
13	5719	6,510	9,262	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
14	4731	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
15	5561	7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
16	4523	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
17	4747	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
18	4075	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
19	3357	-3,560	11,392	93,521	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

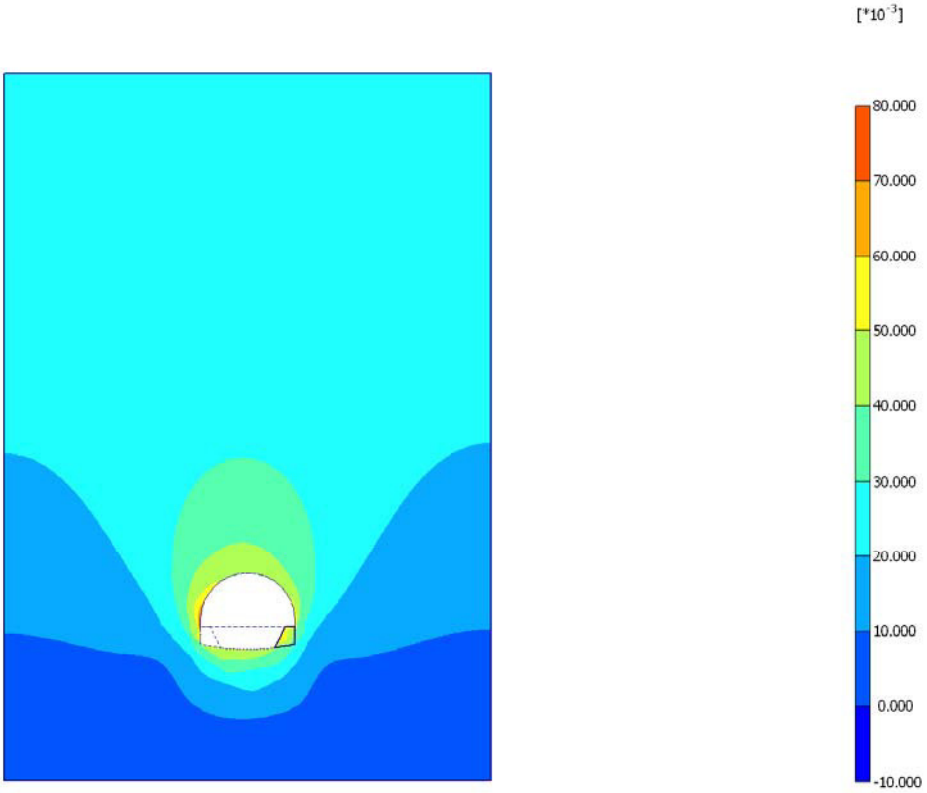


Fig. 17 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 128 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

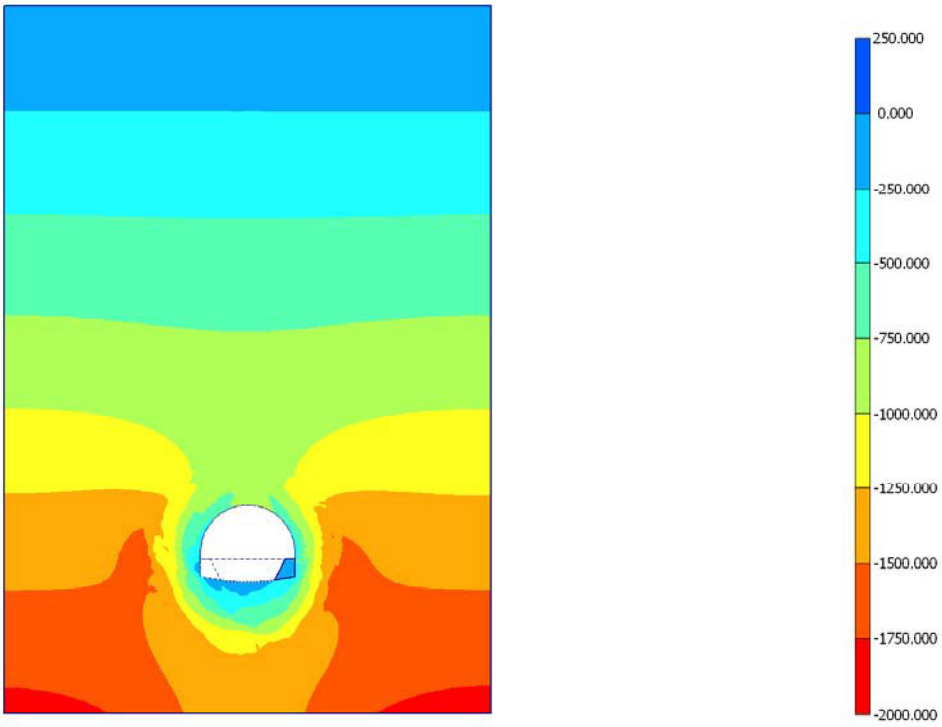


Fig. 18 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 128 - (Phase: 4)

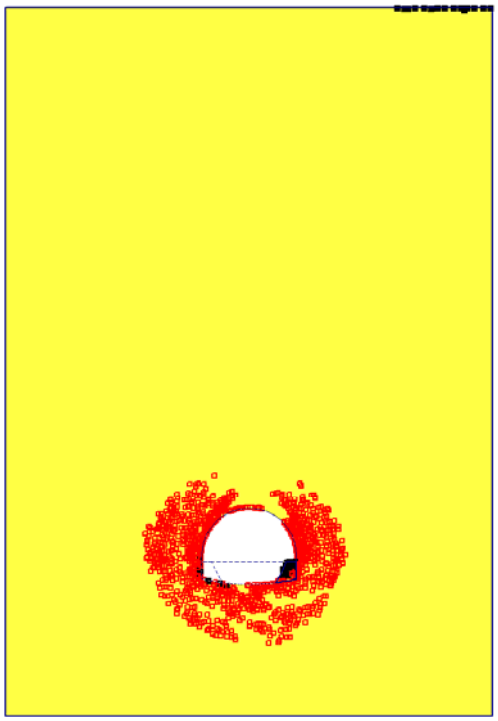


Fig. 19 Plot of plastic points
- Step no: 128 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

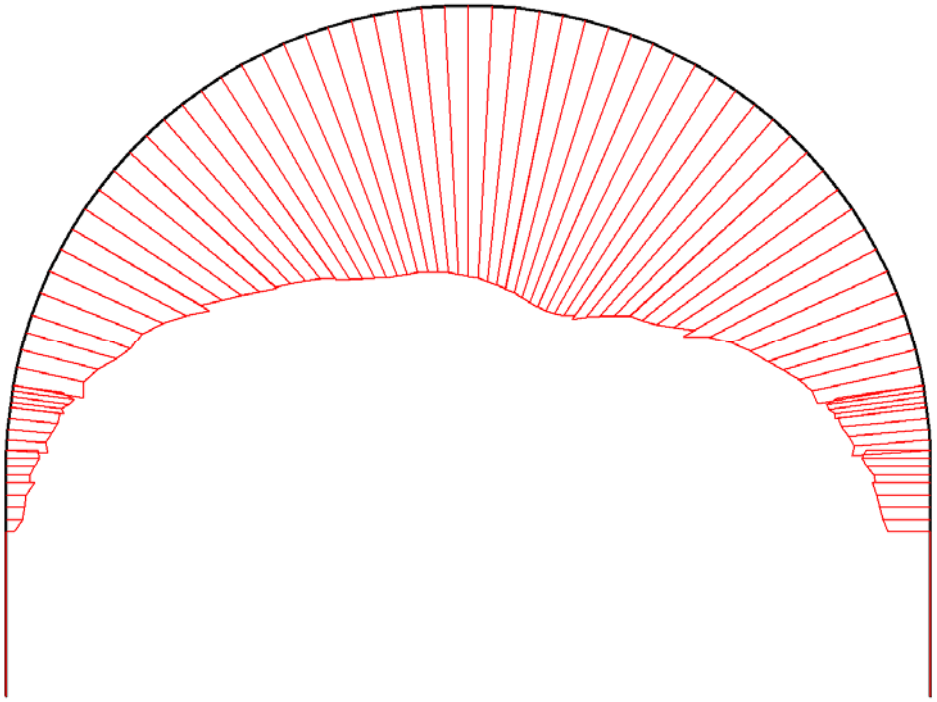


Fig. 20 Axial forces in beam
Extreme value -1,19*10^3 kN/m (Phase: 4)

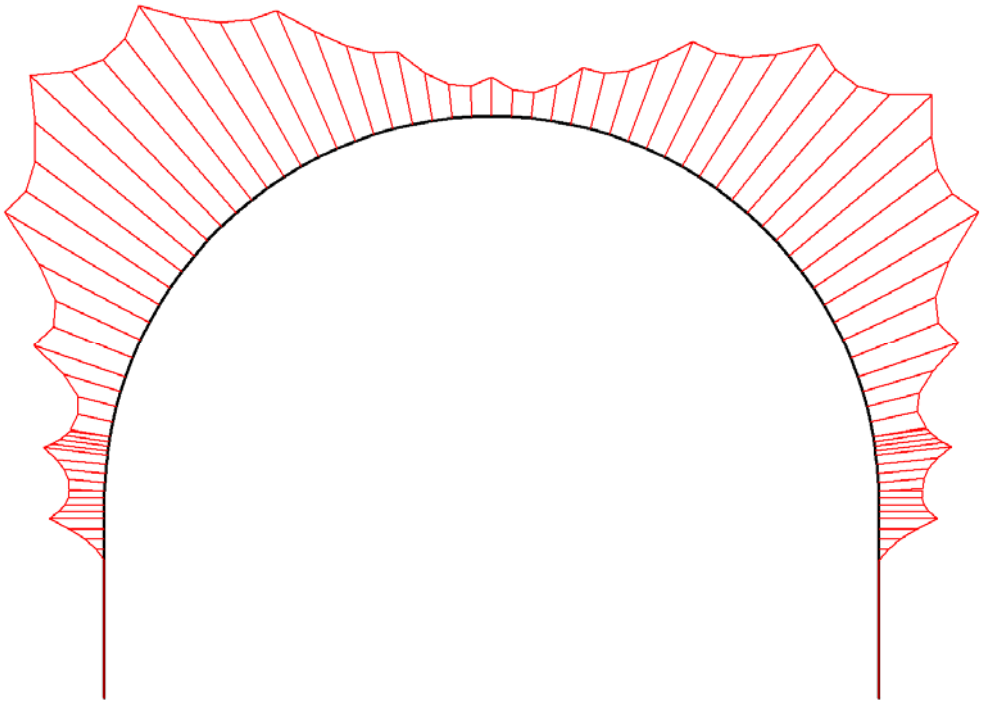


Fig. 21 Bending moments in beam
Extreme value -147,97 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	160,789	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	83,446	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	4419	0,000	12,142	80,682	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						
10	5145	1,820	11,952	83,152	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
11	5155	3,560	11,392	97,335	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
12	5435	5,150	10,482	138,206	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
13	5719	6,510	9,262	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
14	4731	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
15	5561	7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
16	4523	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
17	4747	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
18	4075	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
19	3357	-3,560	11,392	102,998	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

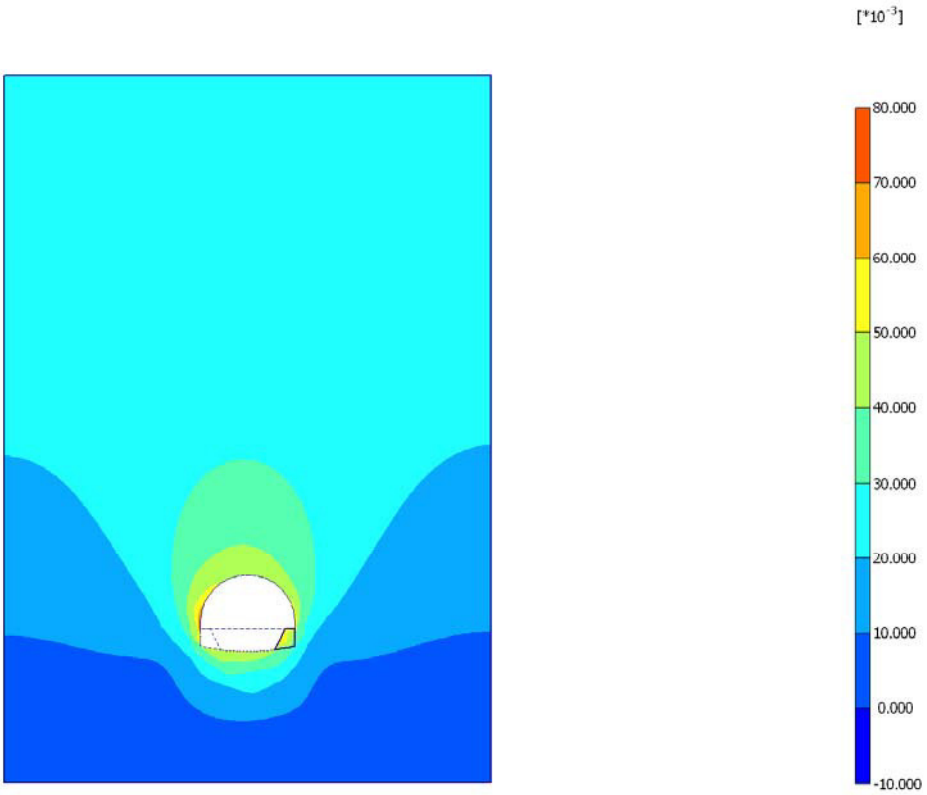


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 131 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

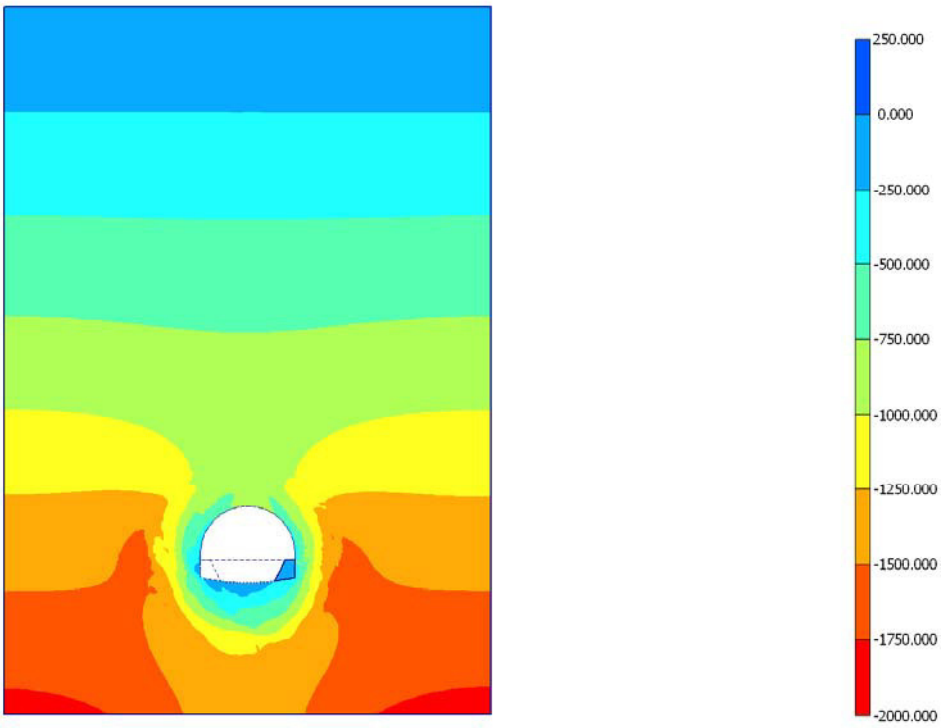


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 131 - (Phase: 5)

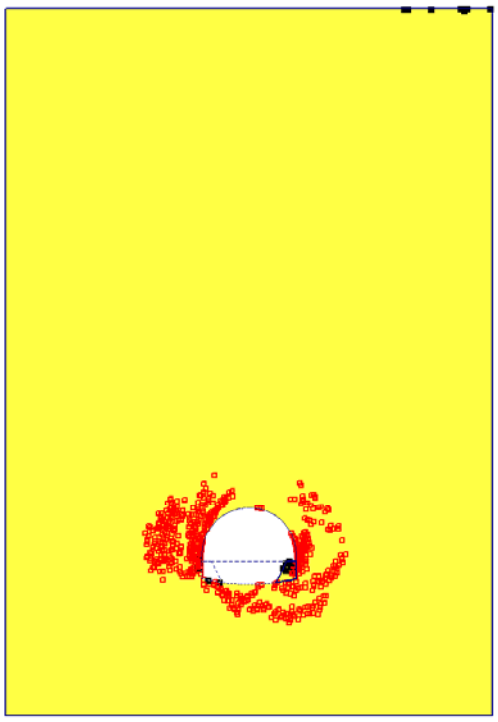


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 131 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

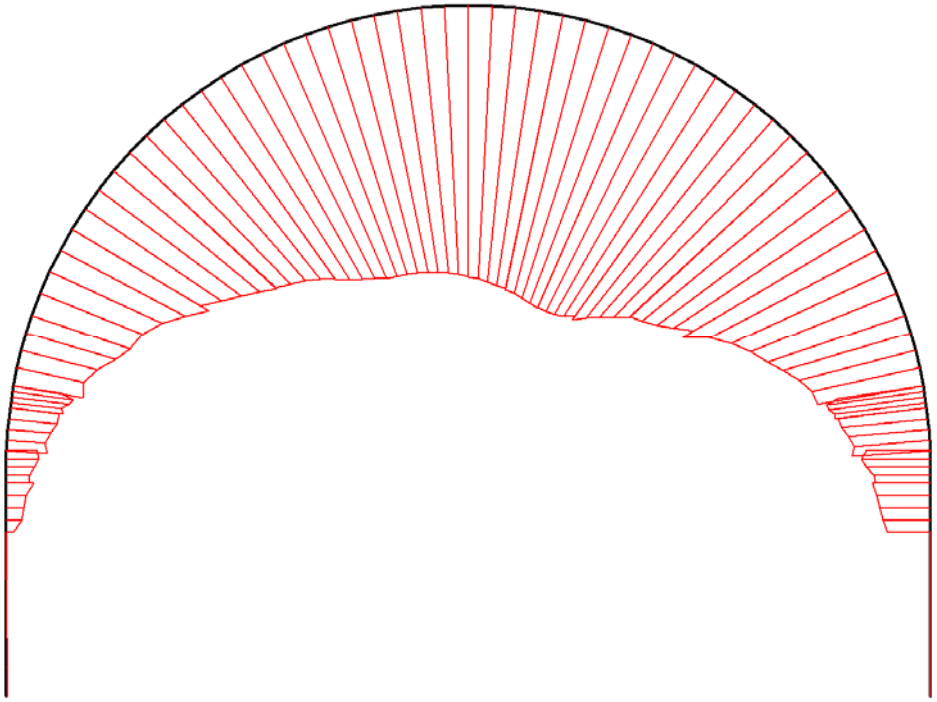


Fig. 25 Axial forces in beam
Extreme value -1,19*10^3 kN/m (Phase: 5)

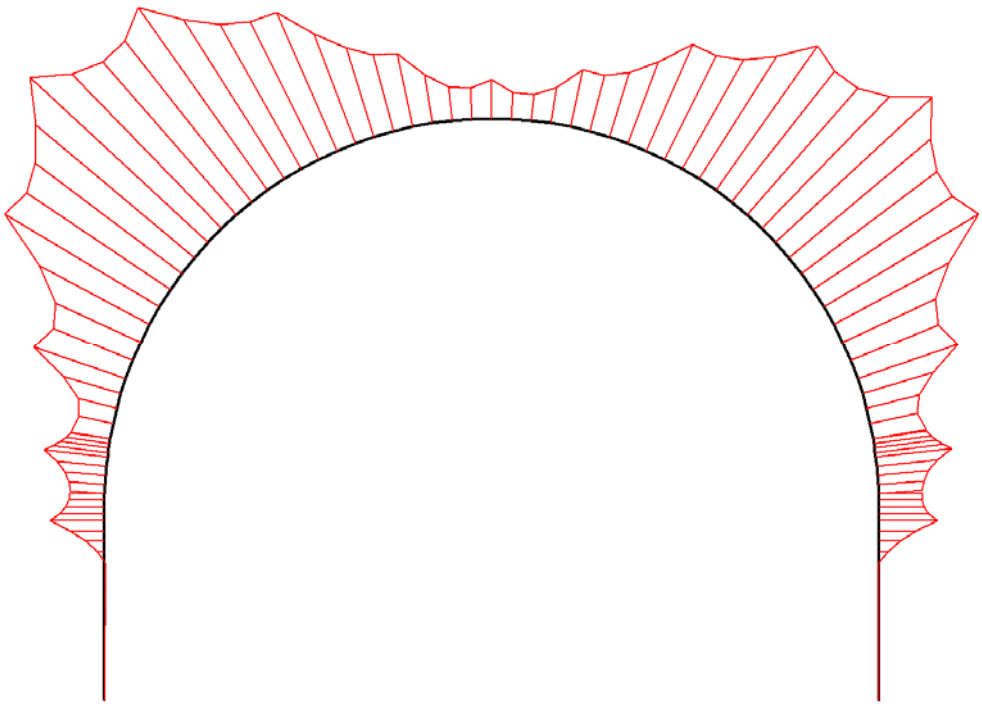


Fig. 26 Bending moments in beam
Extreme value -147,97 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	0,253	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	161,057	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	83,466	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	4419	0,000	12,142	80,688	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						
10	5145	1,820	11,952	83,160	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
11	5155	3,560	11,392	97,344	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
12	5435	5,150	10,482	138,212	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
13	5719	6,510	9,262	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
14	4731	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
15	5561	7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
16	4523	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
17	4747	8,800	2,882	183,998	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
18	4075	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
19	3357	-3,560	11,392	103,074	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

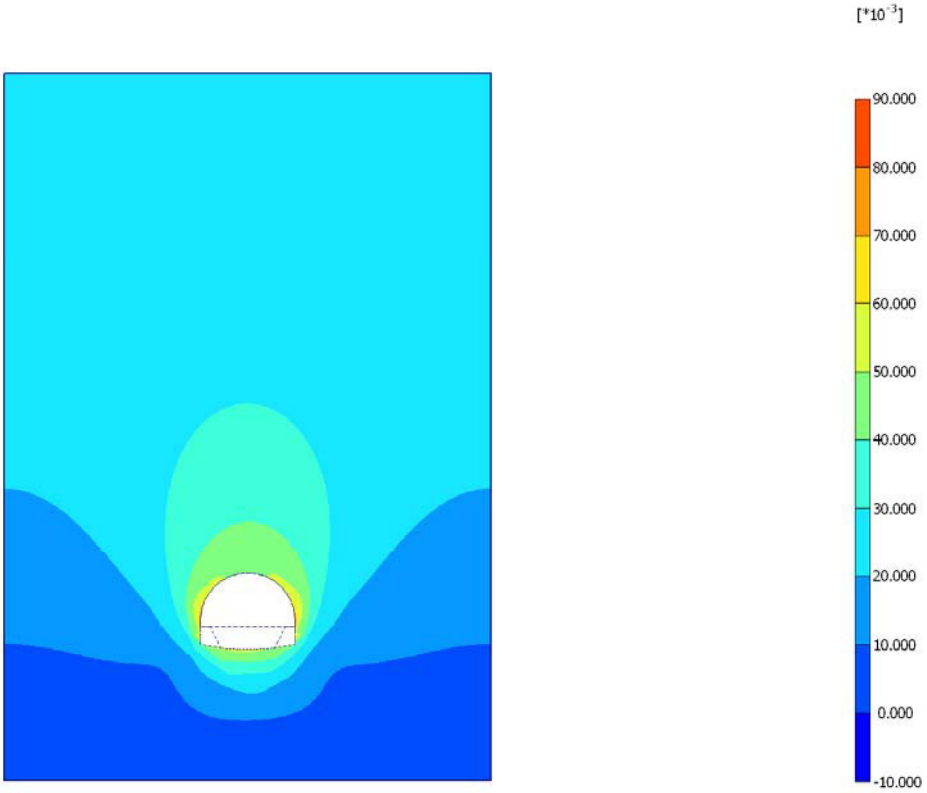


Fig. 27 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 148 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

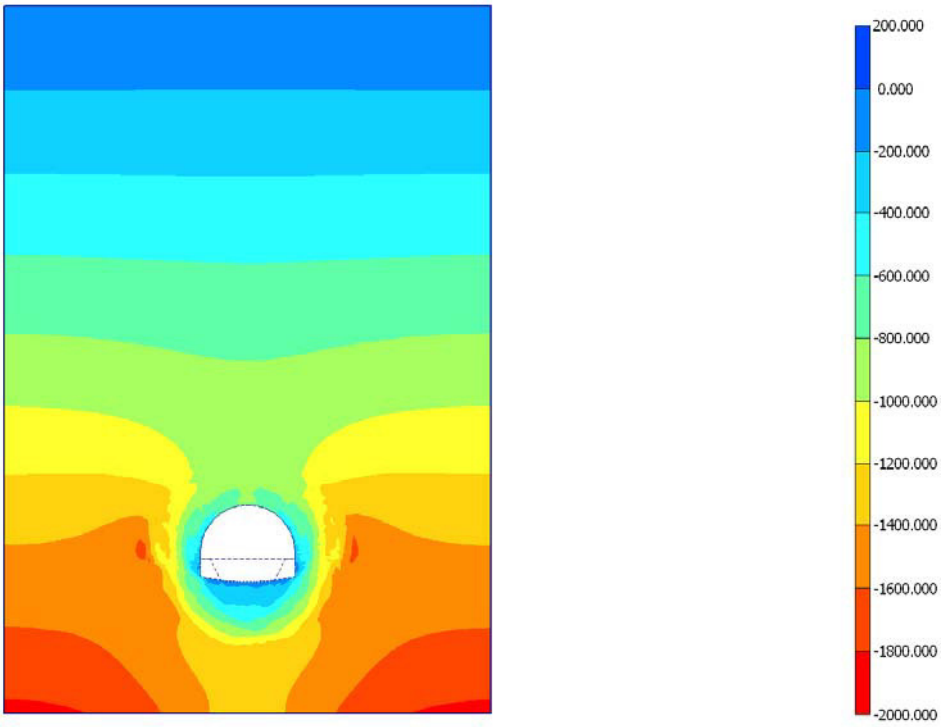


Fig. 28 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 148 - (Phase: 6)

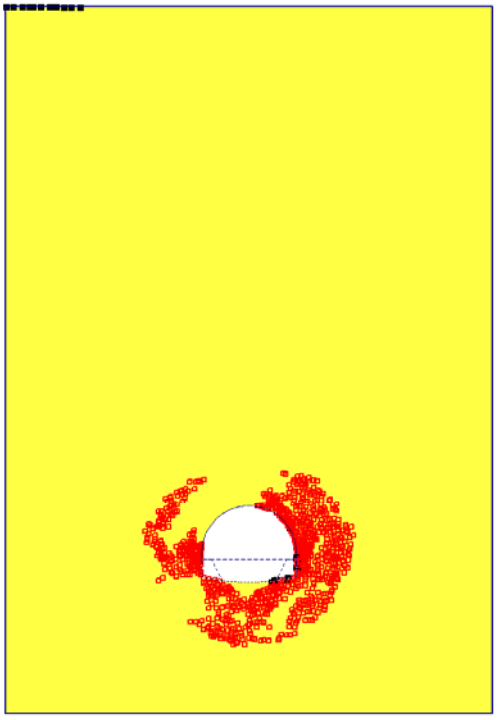


Fig. 29 Plot of plastic points
- Step no: 148 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

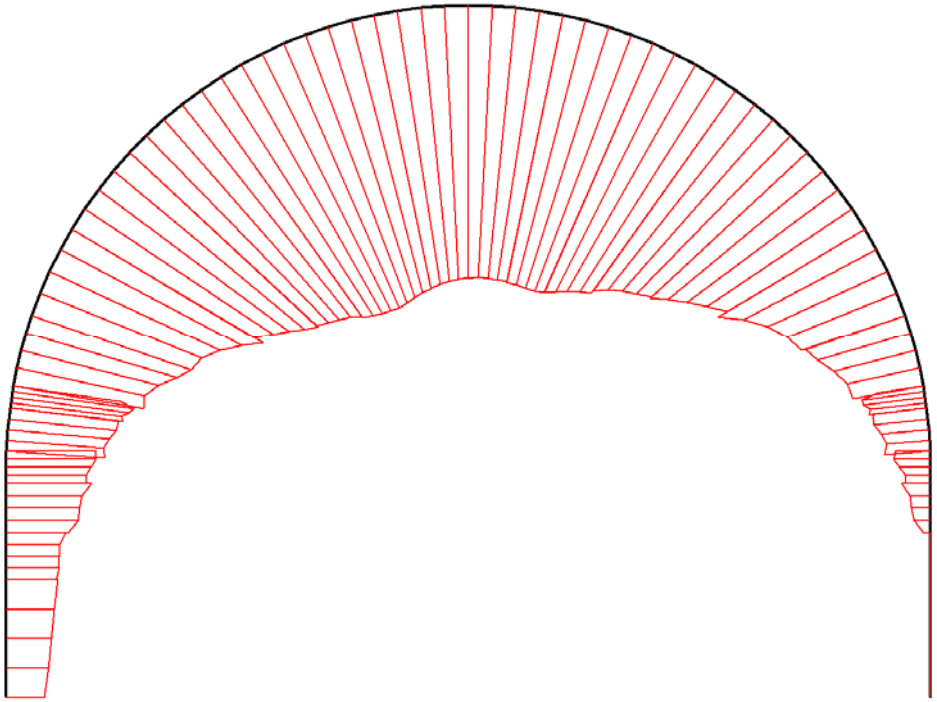


Fig. 30 Axial forces in beam
Extreme value -1,14*10^3 kN/m (Phase: 6)

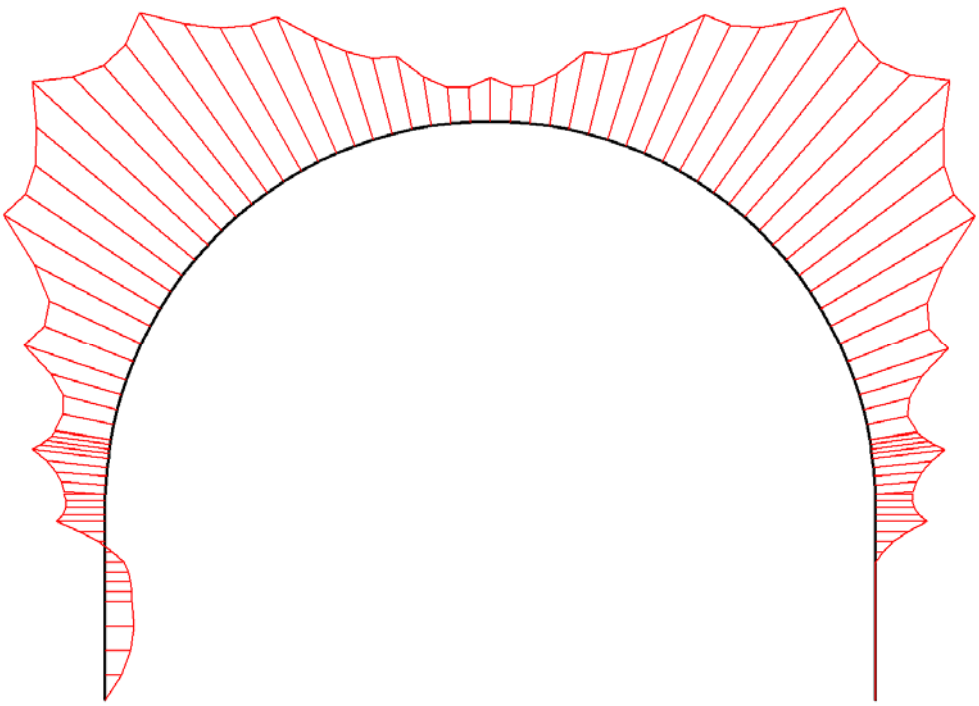


Fig. 31 Bending moments in beam
Extreme value -152,76 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	5,664	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	182,794	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	182,667	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	183,128	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	160,650	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	83,365	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	4419	0,000	12,142	80,165	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						
10	5145	1,820	11,952	84,501	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
11	5155	3,560	11,392	108,245	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
12	5435	5,150	10,482	170,575	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
13	5719	6,510	9,262	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
14	4731	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
15	5561	7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
16	4523	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
17	4747	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
18	4075	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
19	3357	-3,560	11,392	103,135	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						

12. Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

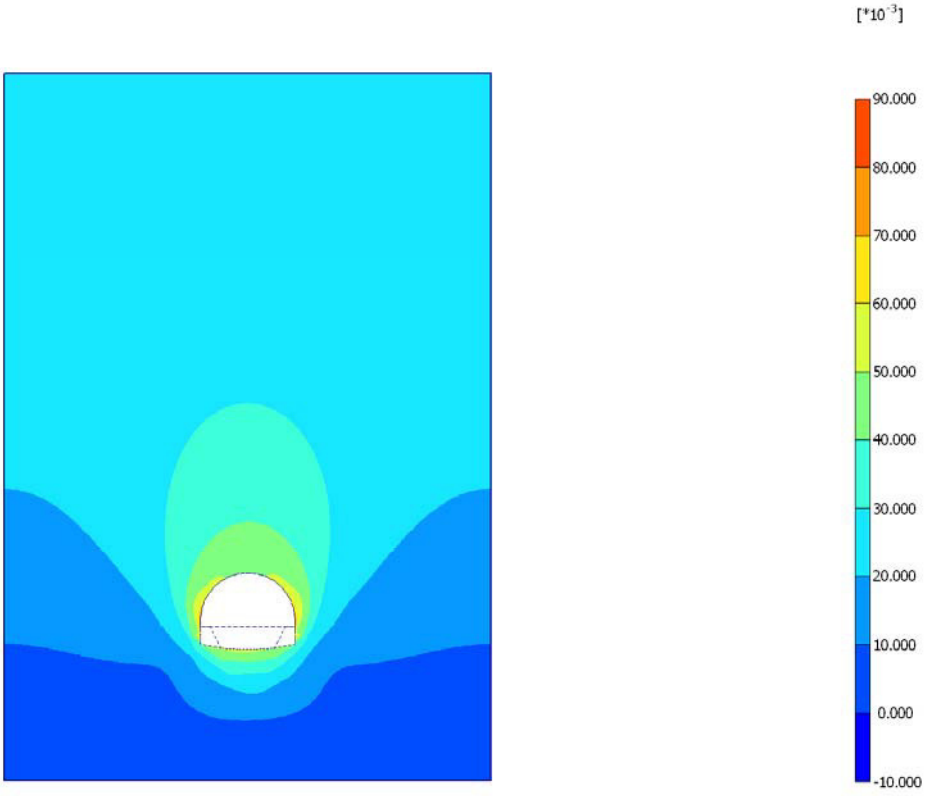


Fig. 32 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 151 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

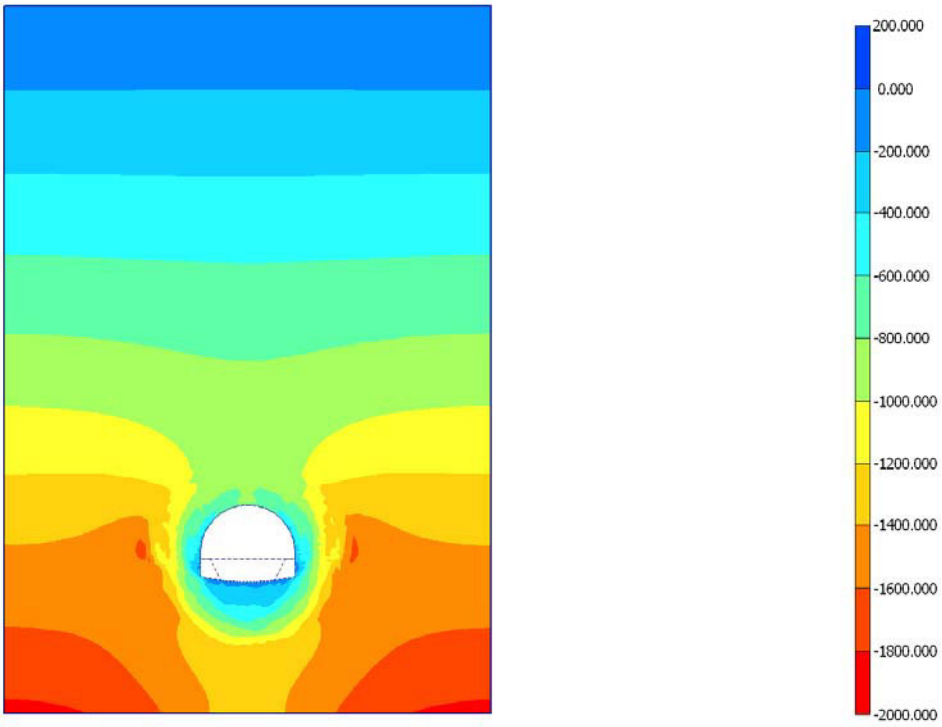


Fig. 33 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 151 - (Phase: 7)

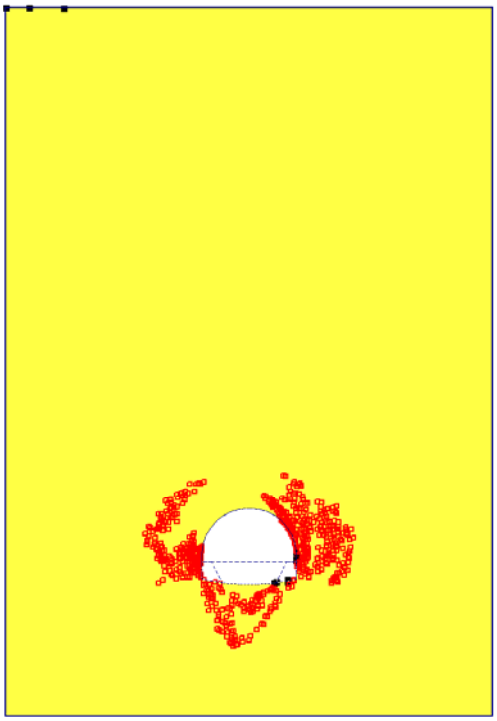


Fig. 34 Plot of plastic points
- Step no: 151 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

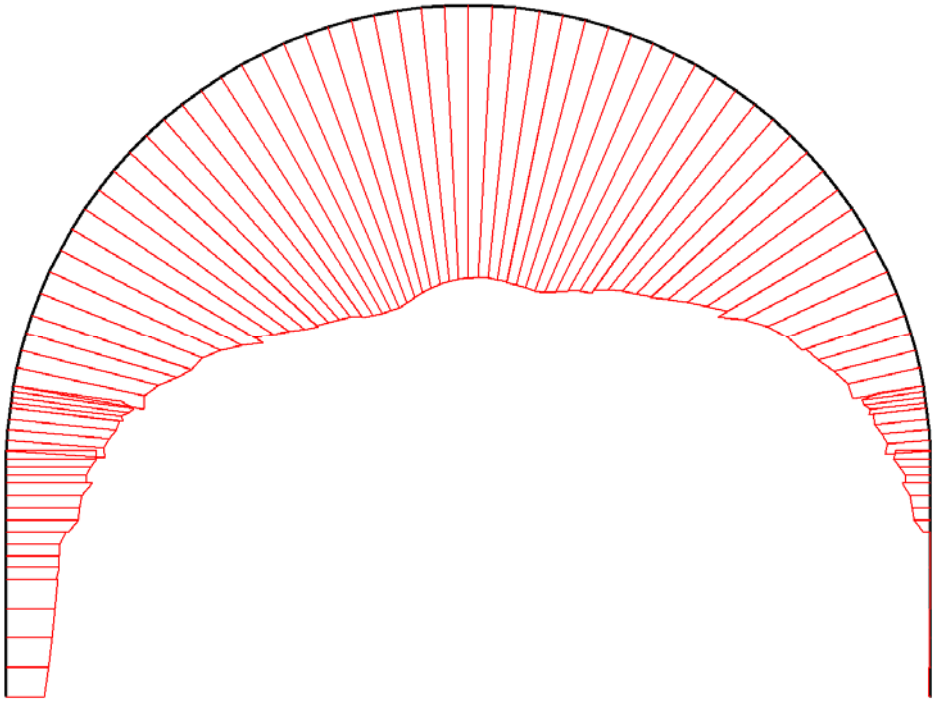


Fig. 35 Axial forces in beam
Extreme value -1,14*10^3 kN/m (Phase: 7)

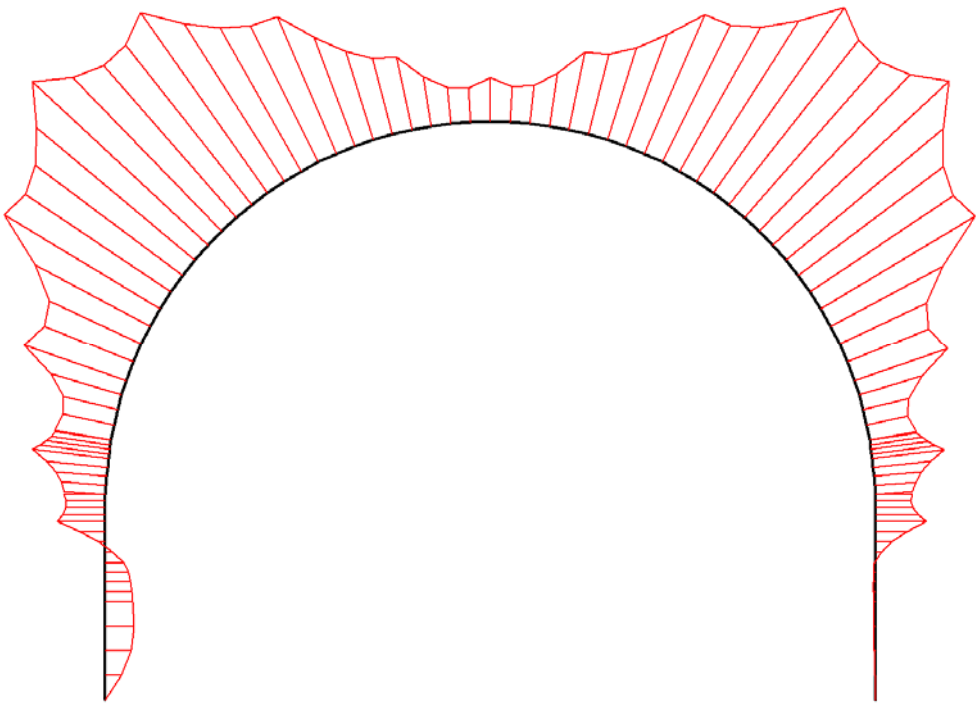


Fig. 36 Bending moments in beam
Extreme value -152,82 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	999	-8,654	1,089	5,722	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1669	-4,799	2,155						
2	1113	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1689	-4,799	3,155						
3	1511	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	1553	-4,758	3,939						
4	1815	-8,350	6,112	182,800	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2041	-4,536	4,911						
5	2175	-7,600	7,782	182,672	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2541	-4,116	5,811						
6	2823	-6,510	9,262	183,133	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2569	-3,519	6,606						
7	3225	-5,150	10,482	160,657	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3107	-2,777	7,257						
8	4155	-1,820	11,952	83,377	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3675	-0,980	8,041						
9	4419	0,000	12,142	80,178	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4049	0,000	8,142						
10	5145	1,820	11,952	84,532	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4107	0,980	8,041						
11	5155	3,560	11,392	108,331	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4123	1,917	7,742						
12	5435	5,150	10,482	170,811	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4387	2,777	7,257						
13	5719	6,510	9,262	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4403	3,519	6,606						
14	4731	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5571	8,350	6,112						
15	5561	7,600	7,782	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4601	4,116	5,811						
16	4523	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5103	8,740	4,322						
17	4747	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	4193	4,799	3,155						
18	4075	8,654	1,089	0,268	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3643	4,799	2,155						
19	3357	-3,560	11,392	103,147	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3383	-1,917	7,742						

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: ST-II, CS-5 Areniscas. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	56,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

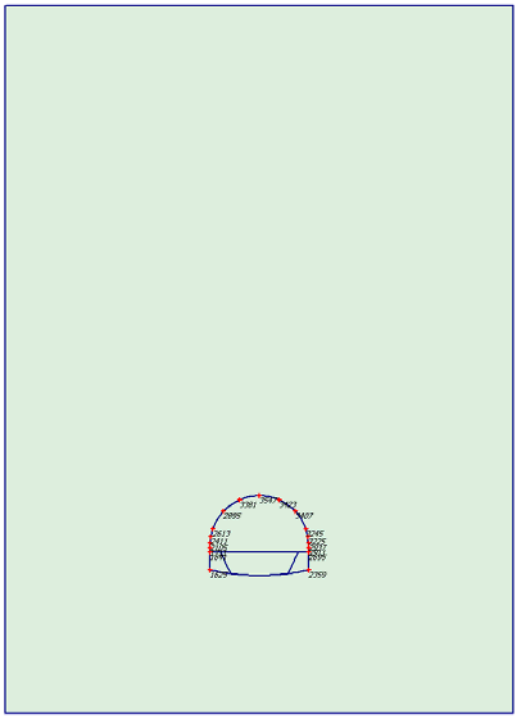


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

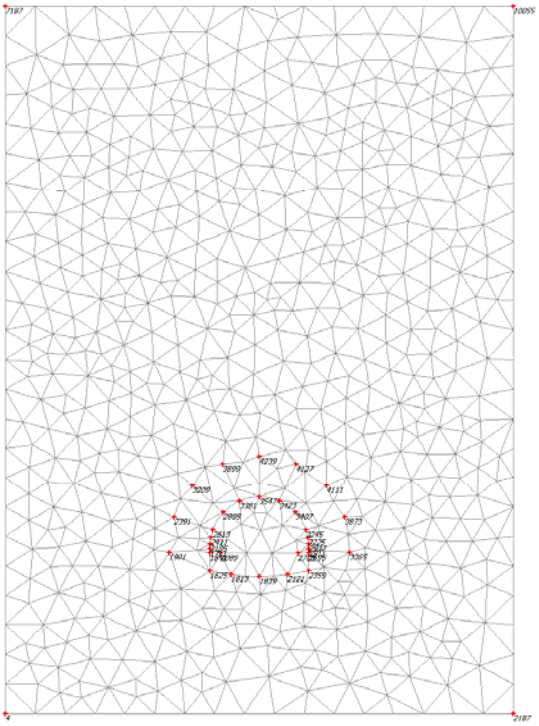


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

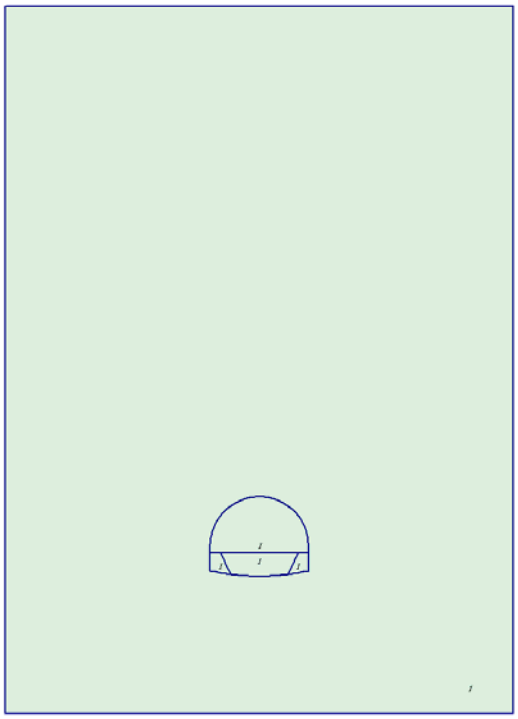


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Areniscas RMR_55**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00
γ_{sat}	[kN/m³]	26,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	10200000,000
ν	[-]	0,200
G_{ref}	[kN/m²]	4250000,000
E_{oed}	[kN/m²]	11333333,333
c_{ref}	[kN/m²]	800,00
φ	[°]	56,00
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	**Identification**	**EA** [kN/m]	**EI** [kNm²/m]	**w** [kN/m/m]	**ν** [-]	**Mp** [kNm/m]	**Np** [kN/m]
1	Gunita 0,10	1,45E6	1210,00	2,50	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Swellex Mn18?	103000,00	184,000	184,000	2,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	6
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	7	20
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	21	23
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	24	36
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	37	38
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	39	43

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

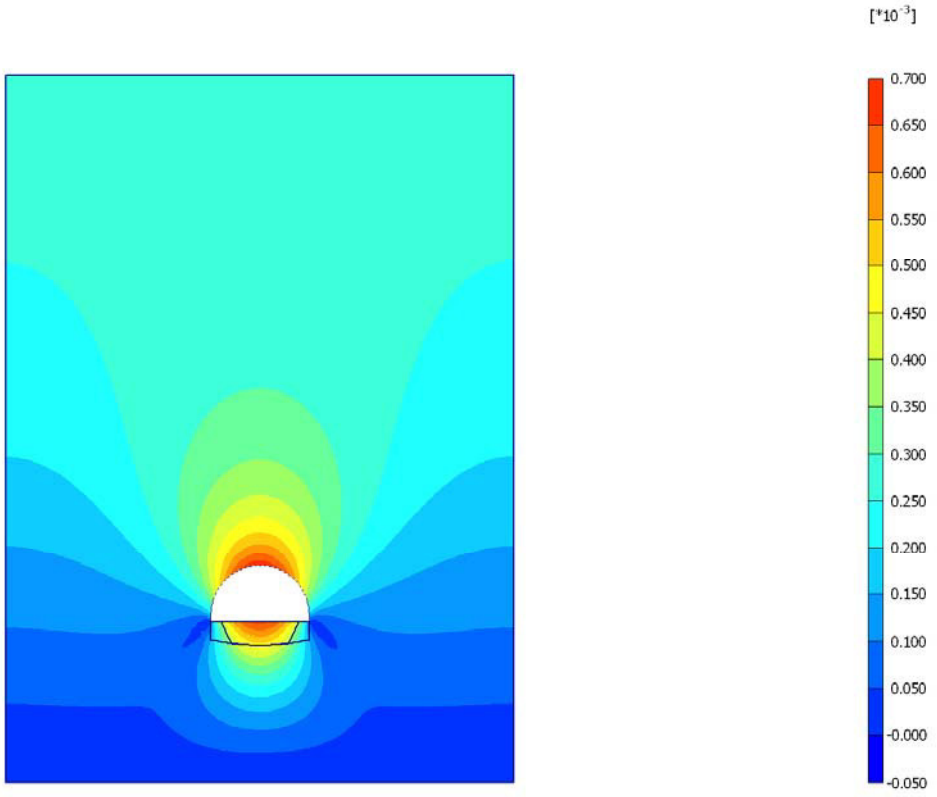


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

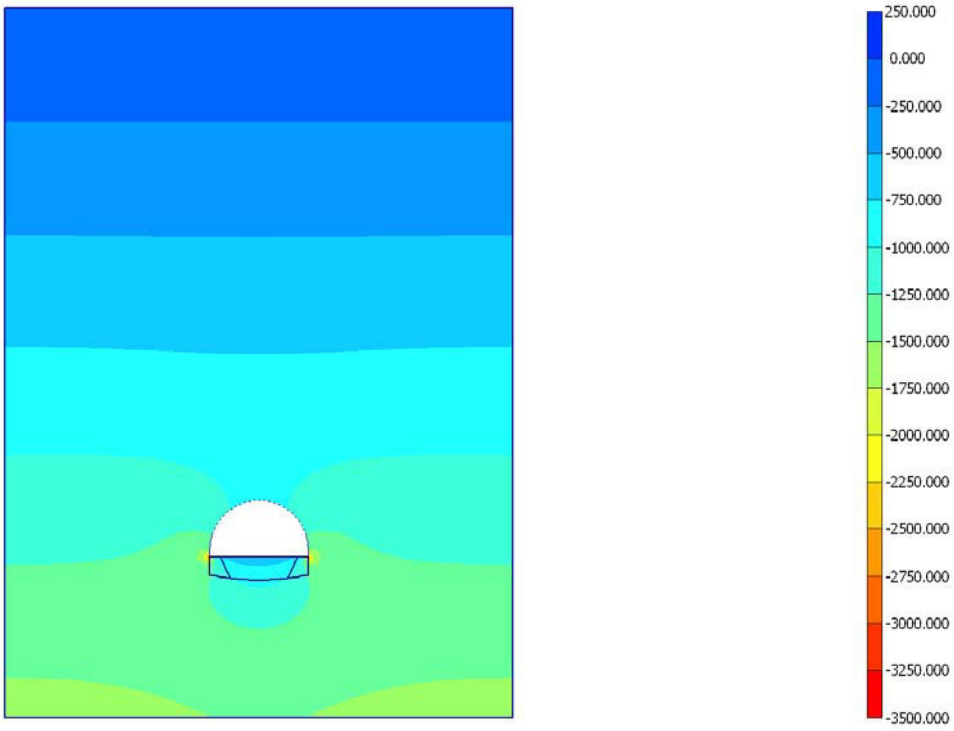


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

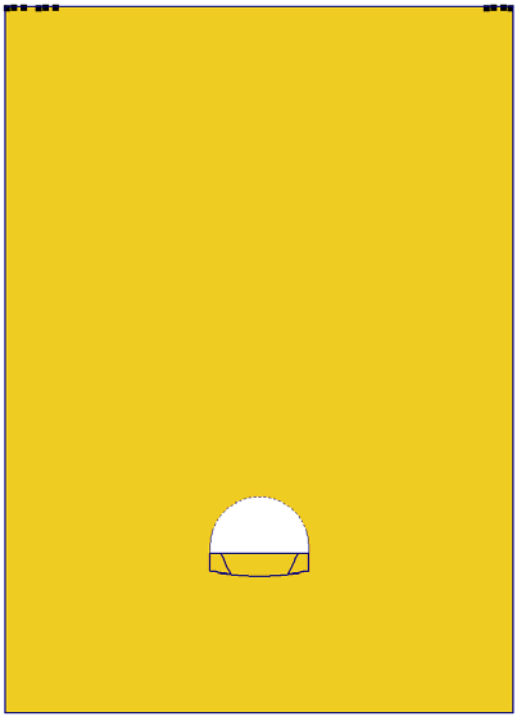


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
1	1901	-8,800	2,682	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1711	-4,799	3,046						
2	2391	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2613	-4,536	4,911						
3	3209	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2895	-3,519	6,606						
4	3899	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3381	-1,917	7,742						
5	4239	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3547	0,000	8,142						
6	4127	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3423	1,917	7,742						
7	4111	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3407	3,519	6,606						
8	3873	8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3245	4,536	4,911						
9	3365	8,800	2,682	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

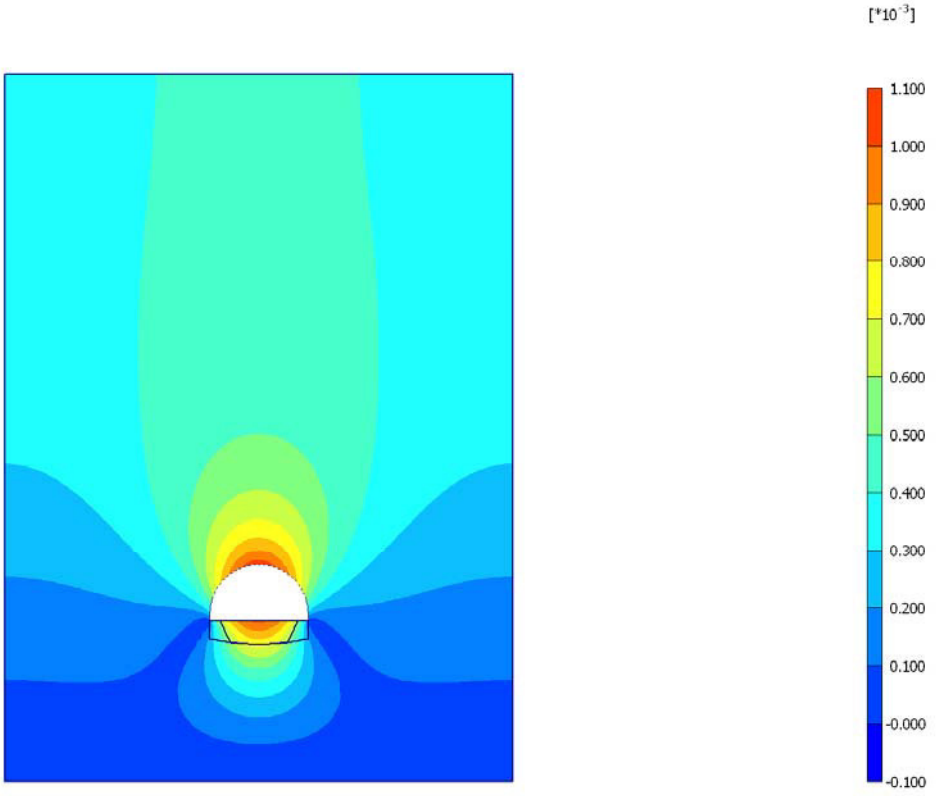


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 6 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

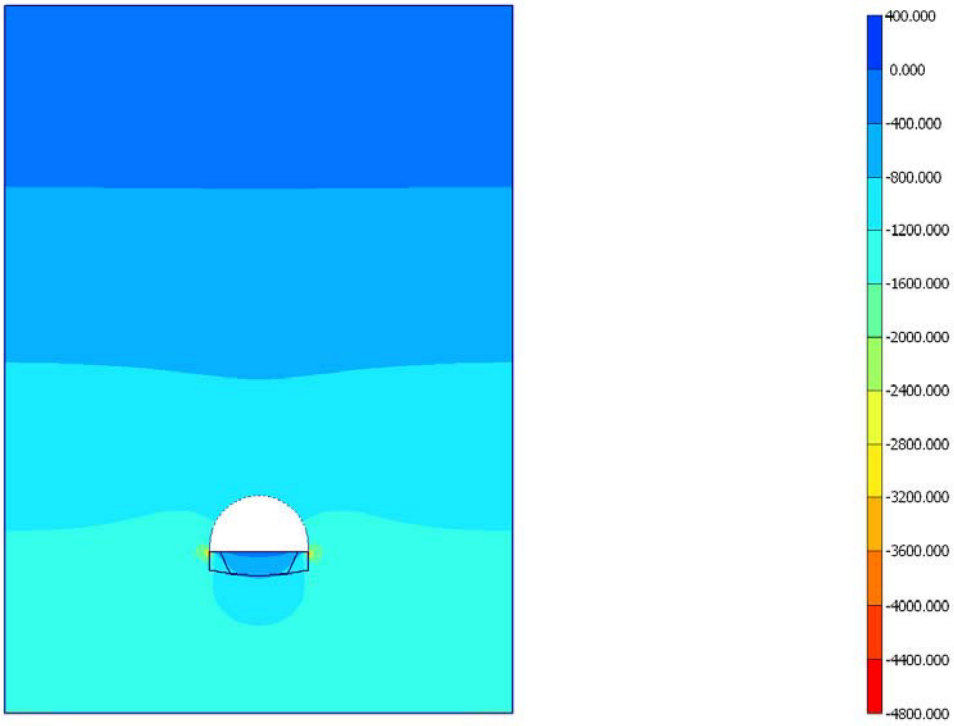


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 6 - (Phase: 2)

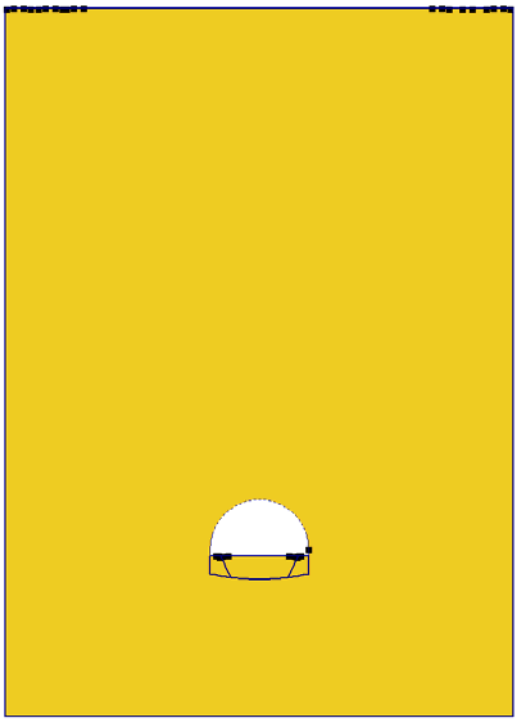
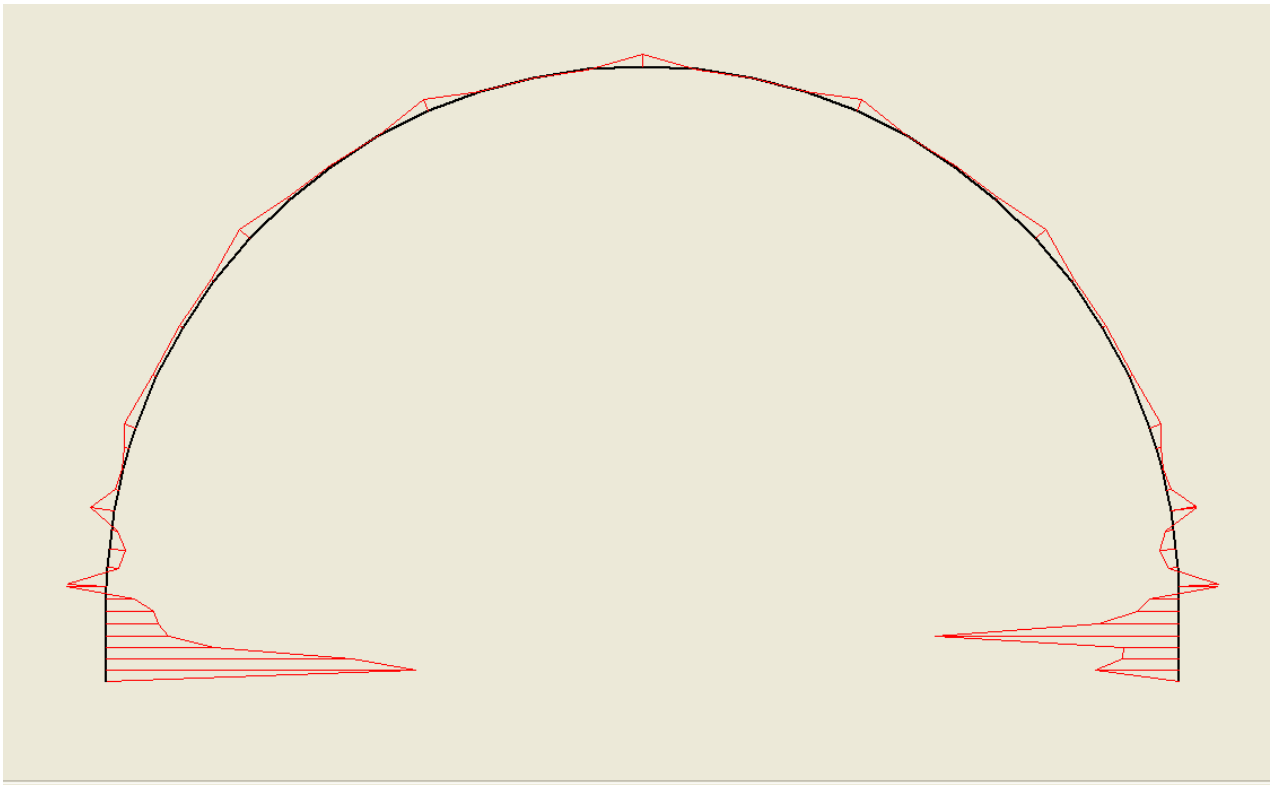


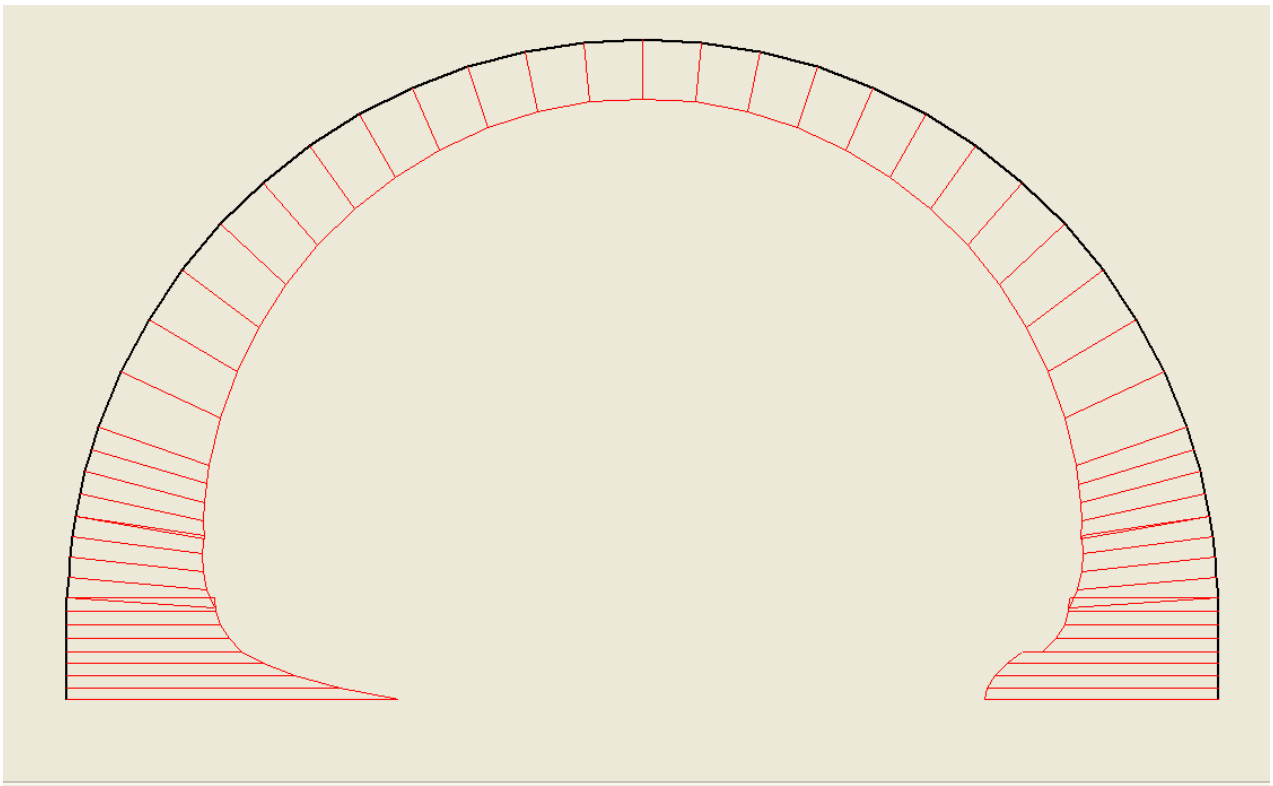
Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 6 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment 829,39*10 $^{-3}$ kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -231,52 kN/m

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1901	-8,800	2,682	0,889	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1711	-4,799	3,046						
2	2391	-8,350	6,112	2,104	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2613	-4,536	4,911						
3	3209	-6,510	9,262	2,531	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2895	-3,519	6,606						
4	3899	-3,560	11,392	2,815	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3381	-1,917	7,742						
5	4239	0,000	12,142	2,926	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3547	0,000	8,142						
6	4127	3,560	11,392	2,816	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3423	1,917	7,742						
7	4111	6,510	9,262	2,531	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3407	3,519	6,606						
8	3873	8,350	6,112	2,102	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3245	4,536	4,911						
9	3365	8,800	2,682	0,890	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

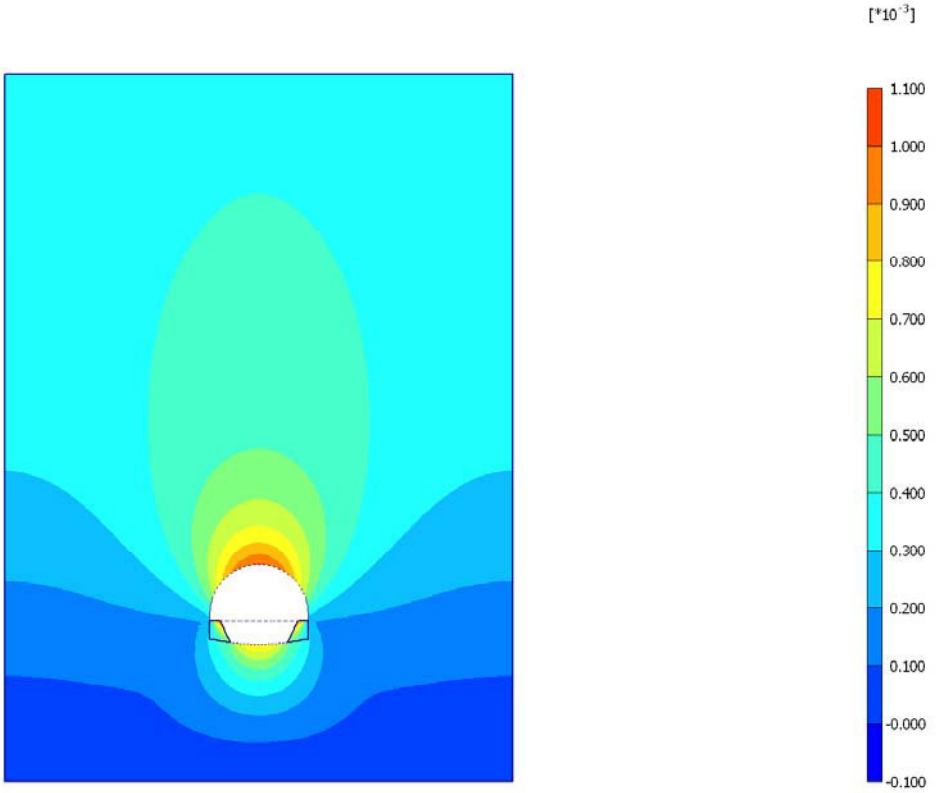


Fig. 10 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 20 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

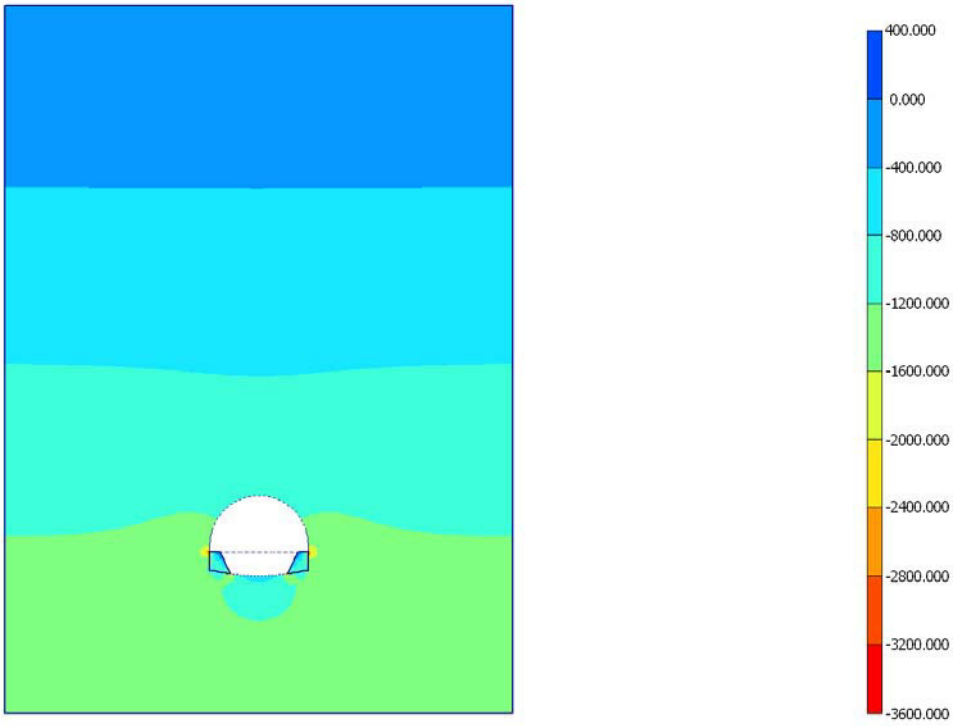


Fig. 11 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 20 - (Phase: 3)

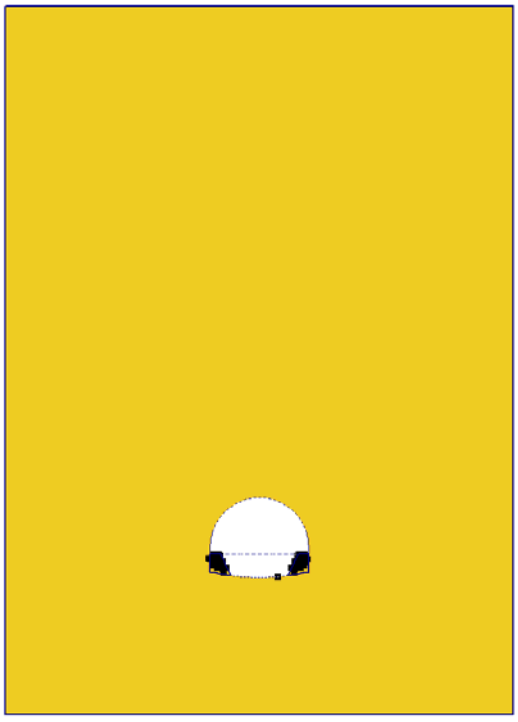
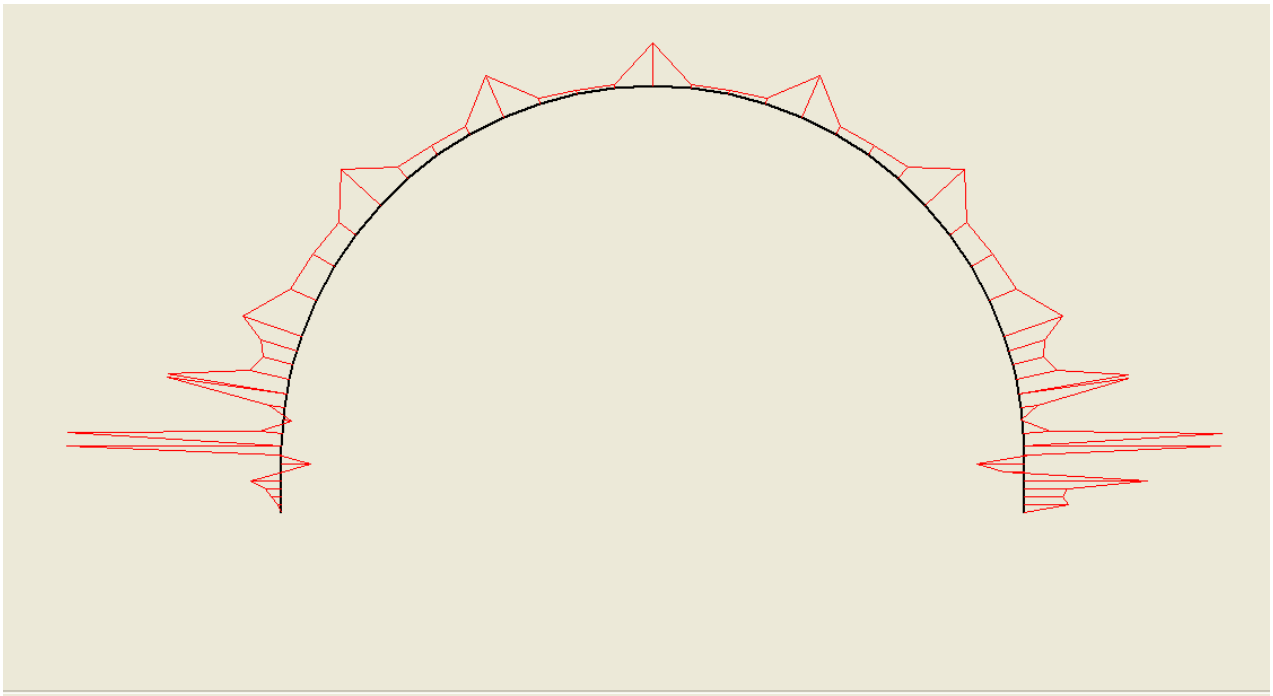


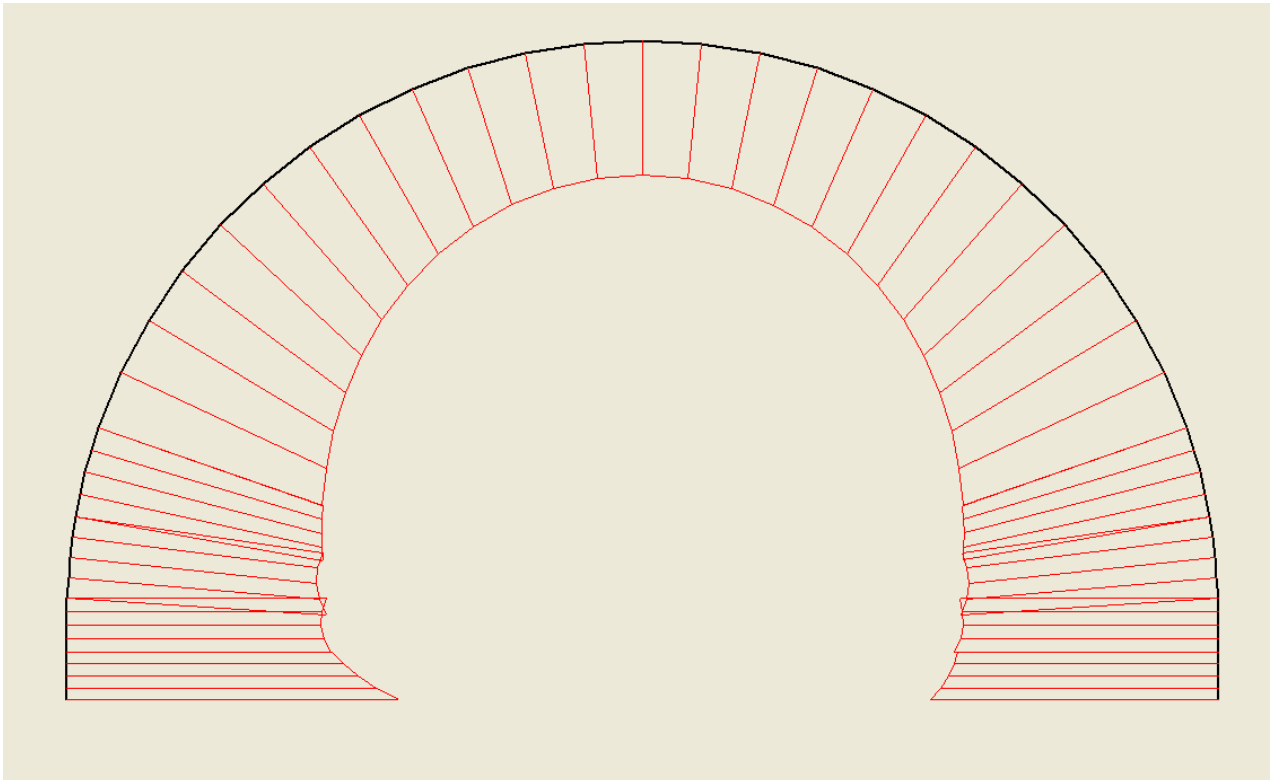
Fig. 12 Plot of plastic points
- Step no: 20 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -176,27*10 $^{-3}$ kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -133,43 kN/m

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1901	-8,800	2,682	2,778	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1711	-4,799	3,046						
2	2391	-8,350	6,112	2,363	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2613	-4,536	4,911						
3	3209	-6,510	9,262	2,525	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2895	-3,519	6,606						
4	3899	-3,560	11,392	2,752	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3381	-1,917	7,742						
5	4239	0,000	12,142	2,852	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3547	0,000	8,142						
6	4127	3,560	11,392	2,753	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3423	1,917	7,742						
7	4111	6,510	9,262	2,526	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3407	3,519	6,606						
8	3873	8,350	6,112	2,365	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3245	4,536	4,911						
9	3365	8,800	2,682	2,774	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

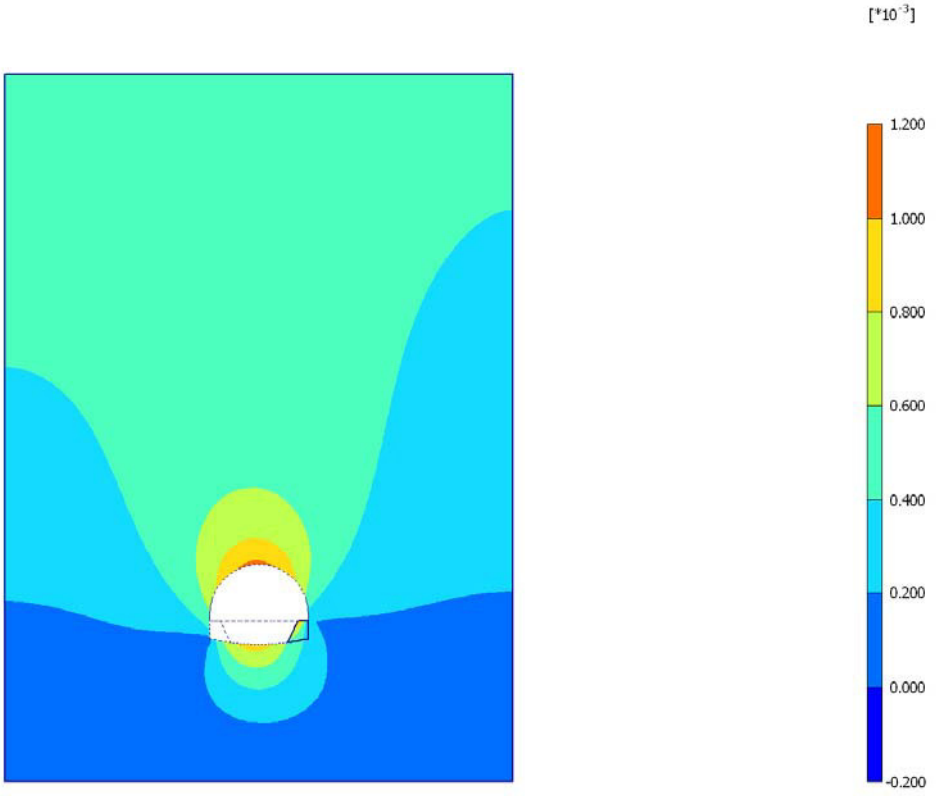


Fig. 13 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 23 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

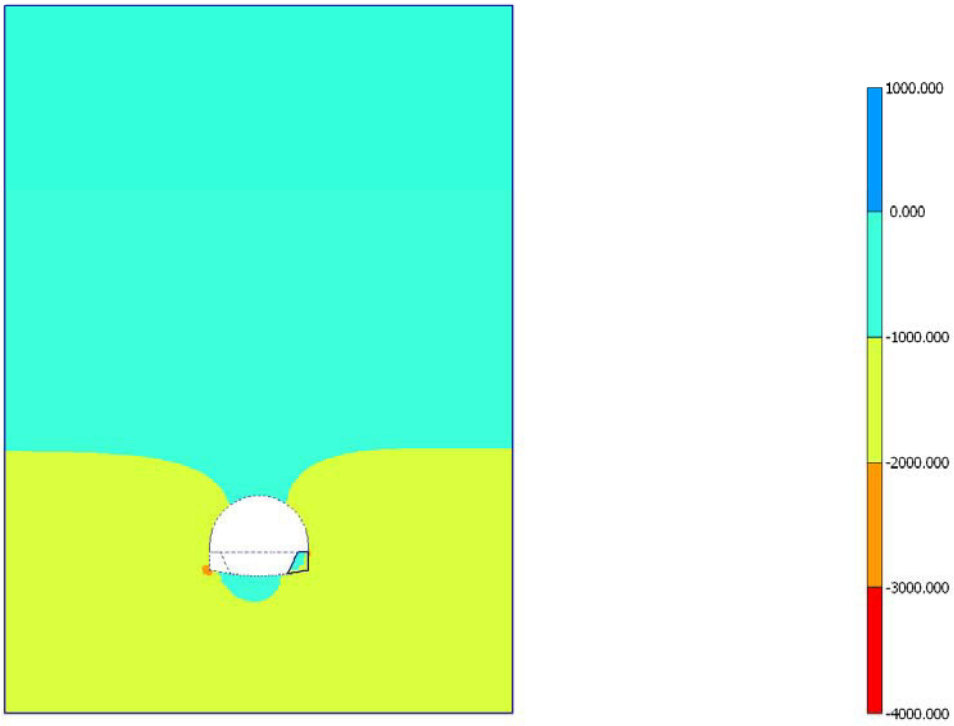


Fig. 14 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 23 - (Phase: 4)

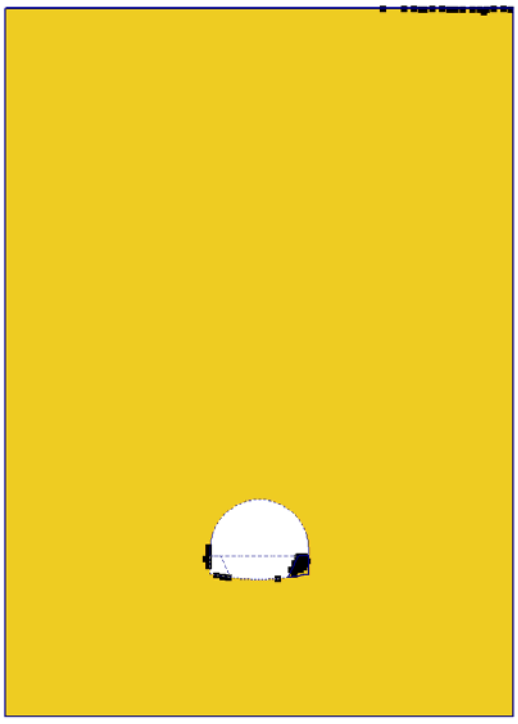
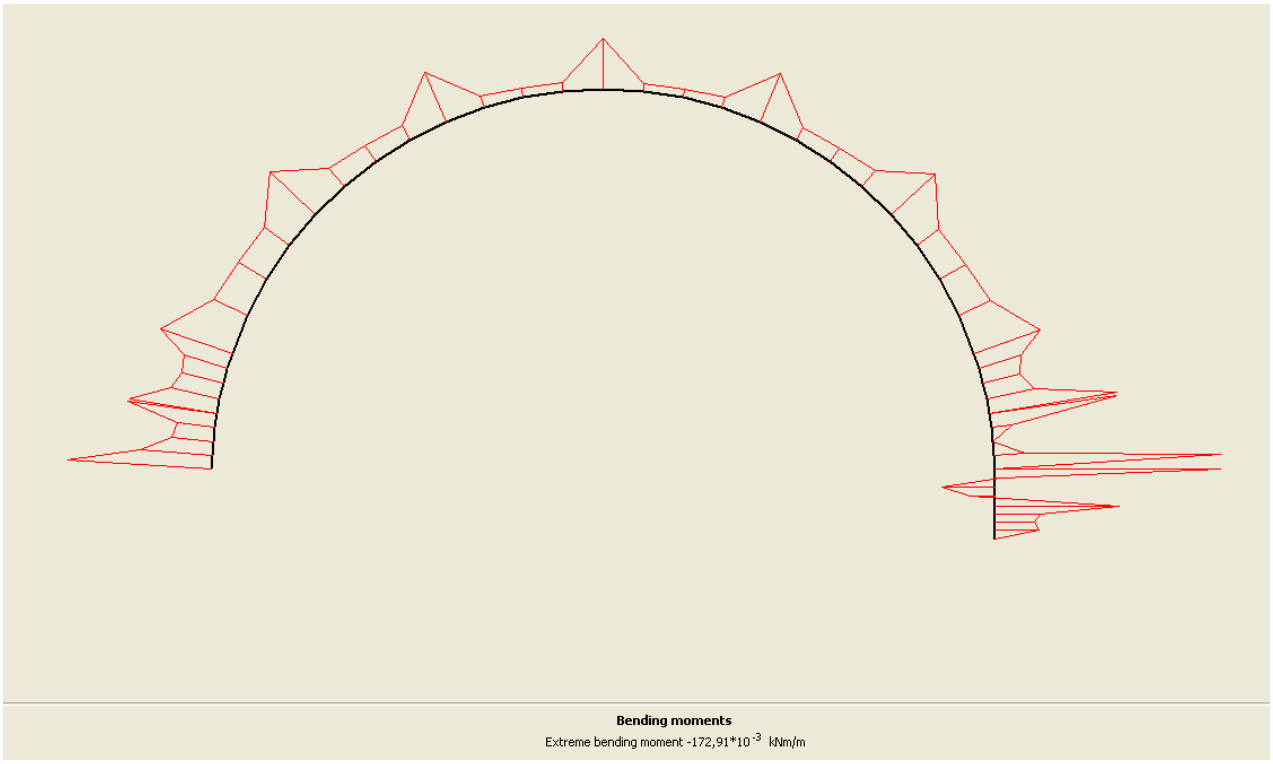
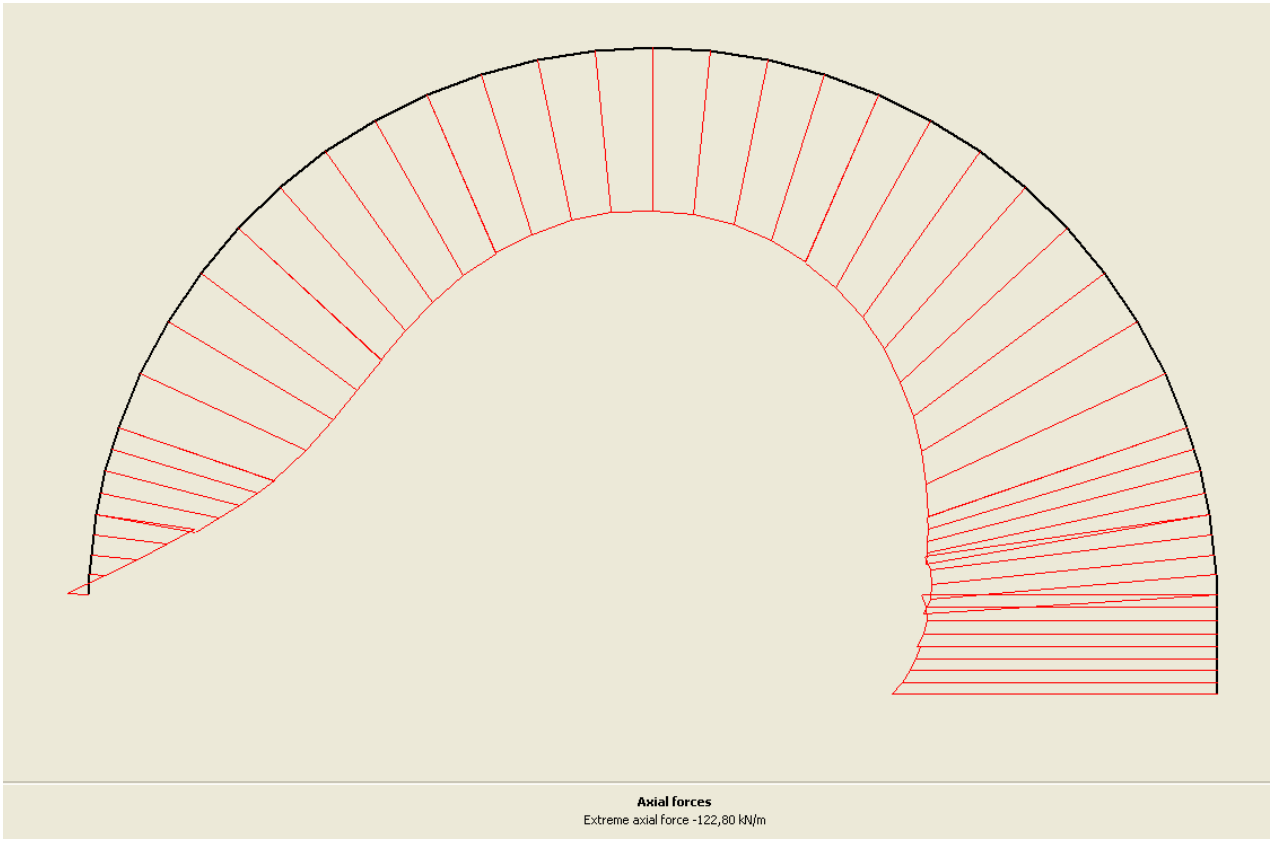


Fig. 15 Plot of plastic points
- Step no: 23 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams





9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1901	-8,800	2,682	5,608	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1711	-4,799	3,046						
2	2391	-8,350	6,112	3,212	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2613	-4,536	4,911						
3	3209	-6,510	9,262	2,771	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2895	-3,519	6,606						
4	3899	-3,560	11,392	2,814	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3381	-1,917	7,742						
5	4239	0,000	12,142	2,850	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3547	0,000	8,142						
6	4127	3,560	11,392	2,731	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3423	1,917	7,742						
7	4111	6,510	9,262	2,497	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3407	3,519	6,606						
8	3873	8,350	6,112	2,339	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3245	4,536	4,911						
9	3365	8,800	2,682	2,769	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

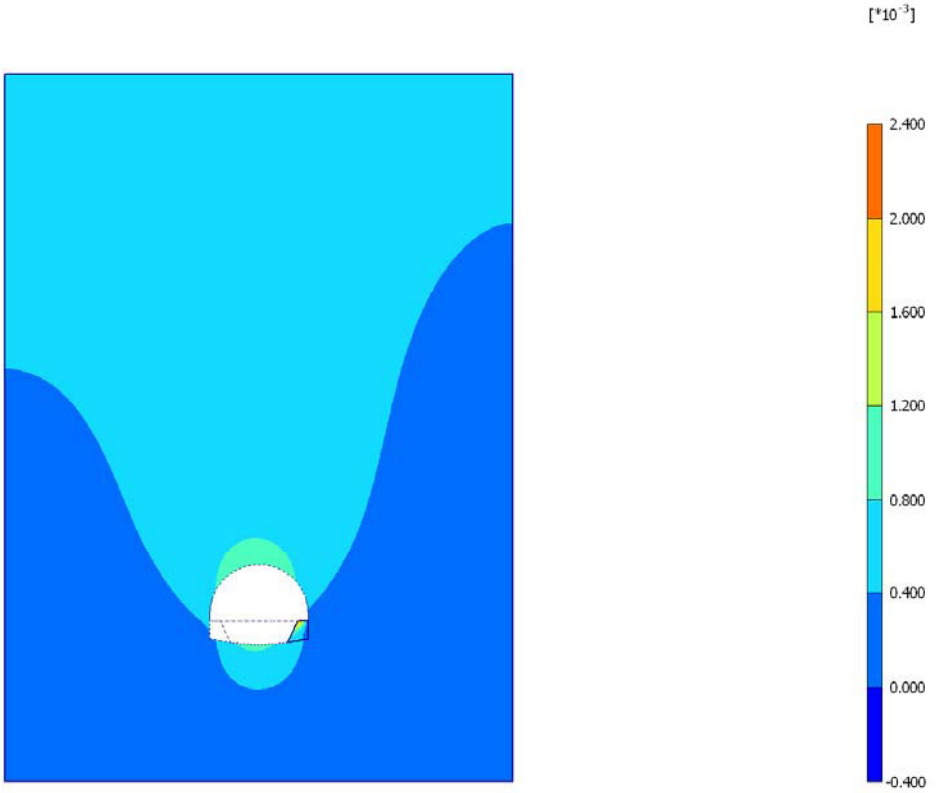


Fig. 16 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

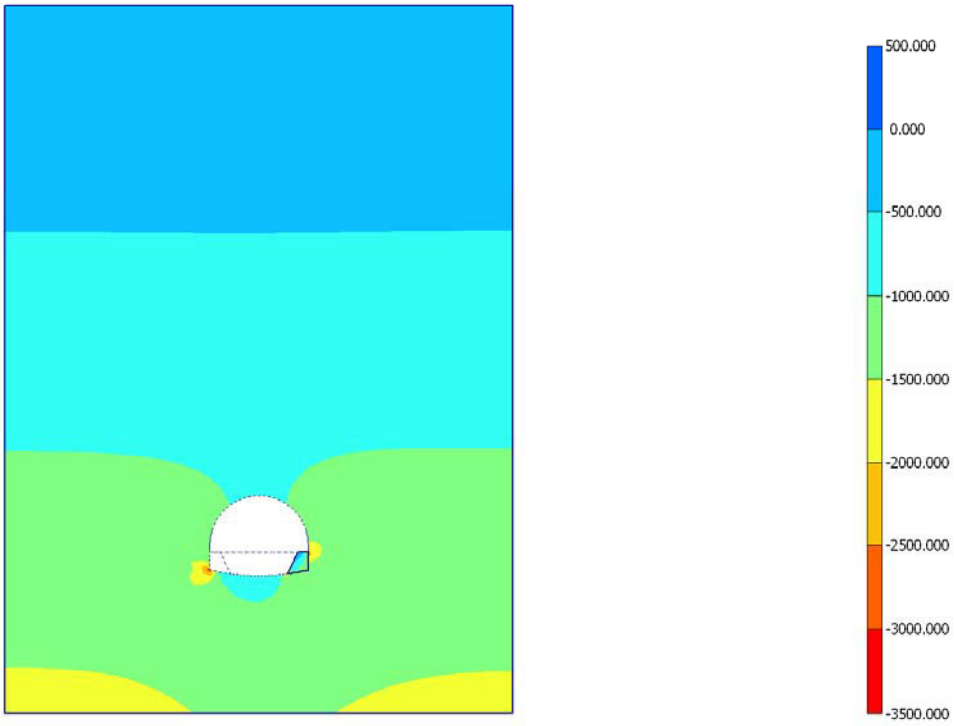


Fig. 17 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 5)

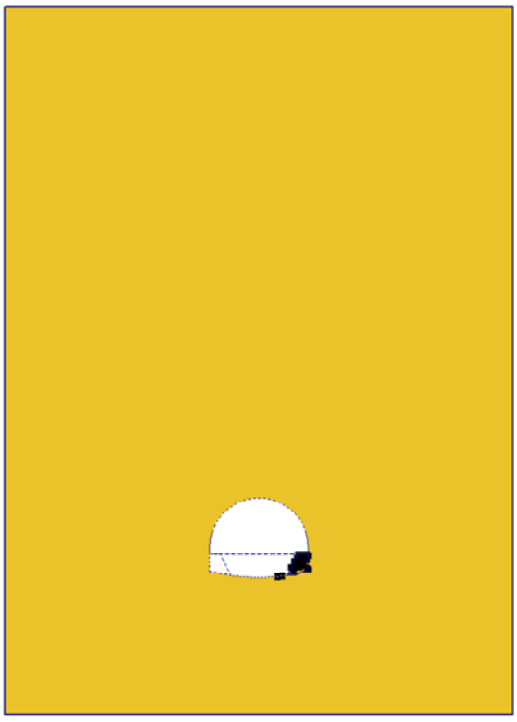
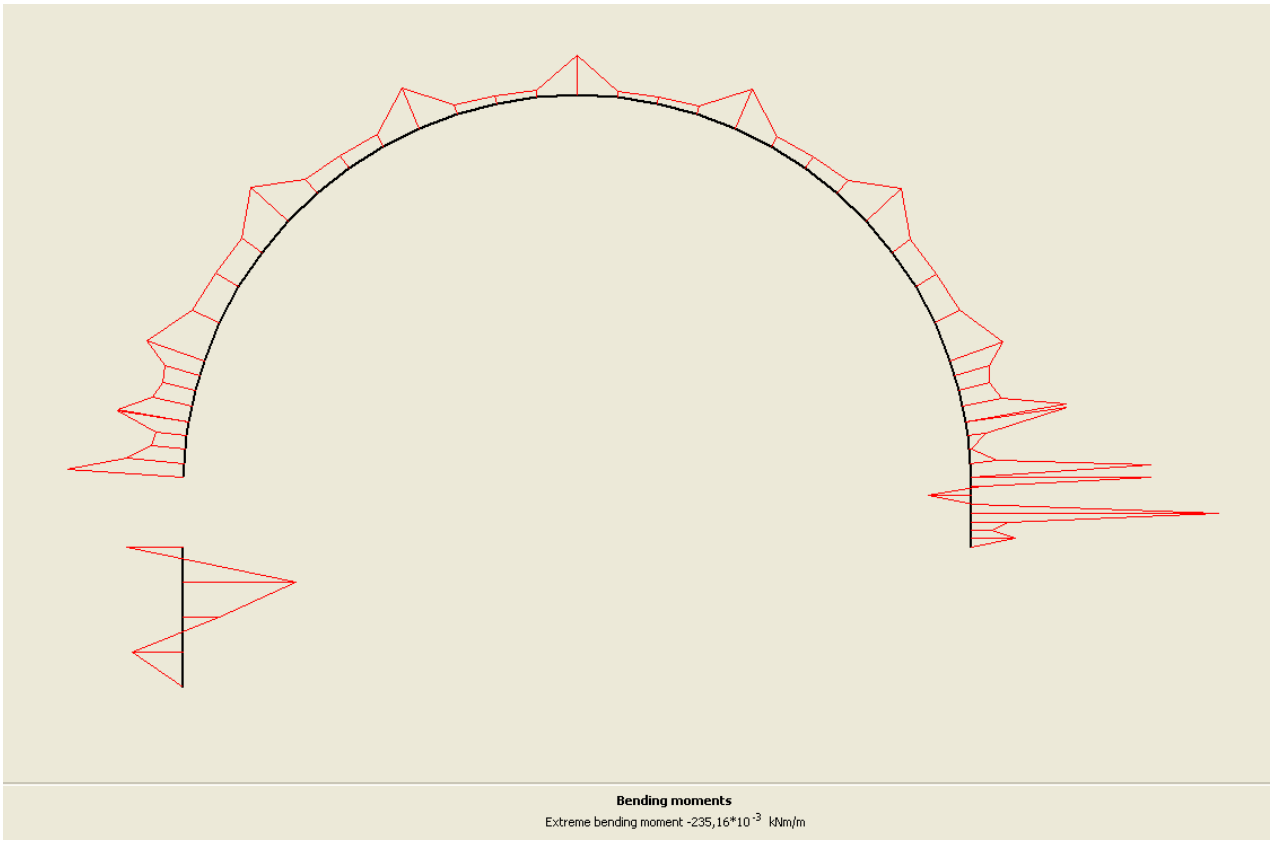
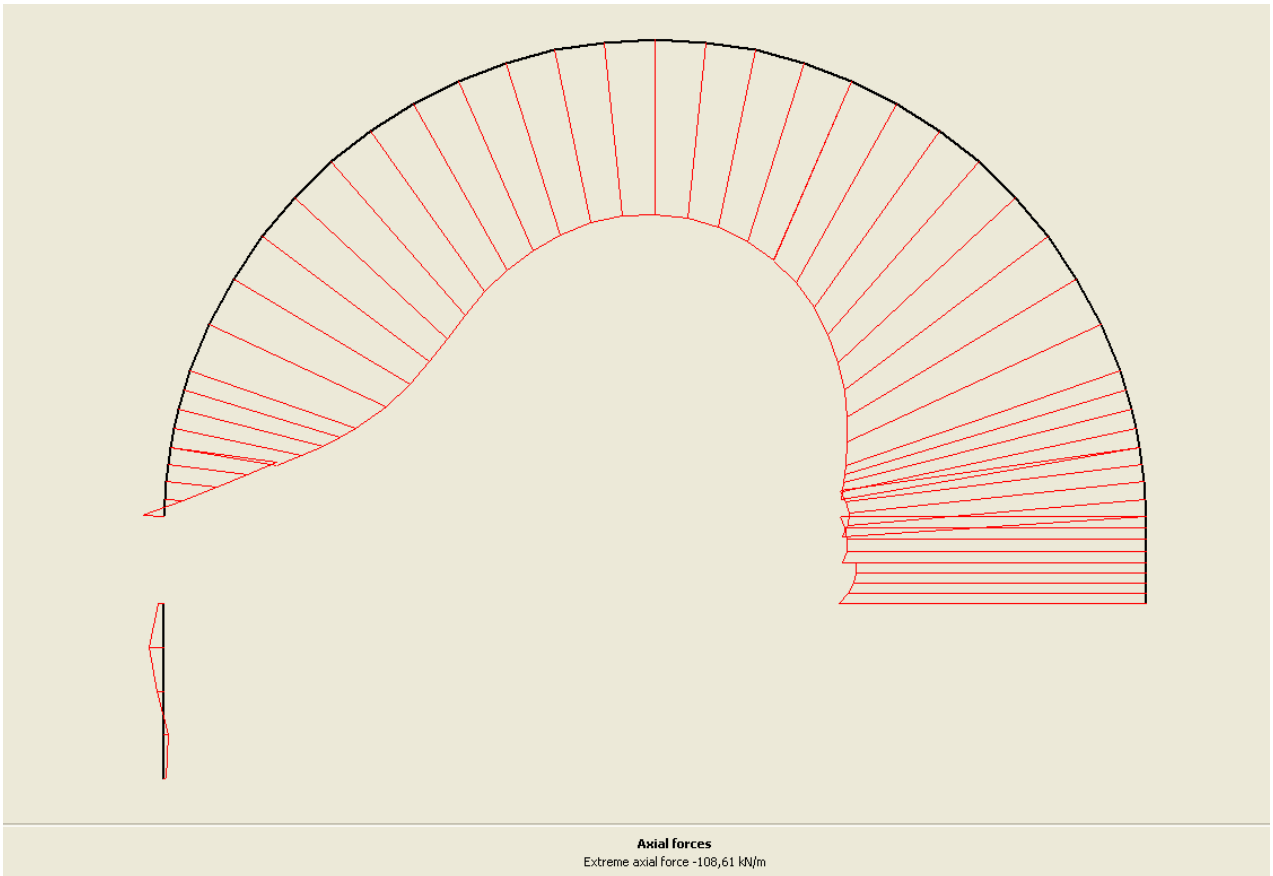


Fig. 18 Plot of plastic points
- Step no: 36 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams





10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1901	-8,800	2,682	5,615	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1711	-4,799	3,046						
2	2391	-8,350	6,112	3,213	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2613	-4,536	4,911						
3	3209	-6,510	9,262	2,771	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2895	-3,519	6,606						
4	3899	-3,560	11,392	2,814	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3381	-1,917	7,742						
5	4239	0,000	12,142	2,851	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3547	0,000	8,142						
6	4127	3,560	11,392	2,732	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3423	1,917	7,742						
7	4111	6,510	9,262	2,503	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3407	3,519	6,606						
8	3873	8,350	6,112	2,366	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3245	4,536	4,911						
9	3365	8,800	2,682	2,883	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

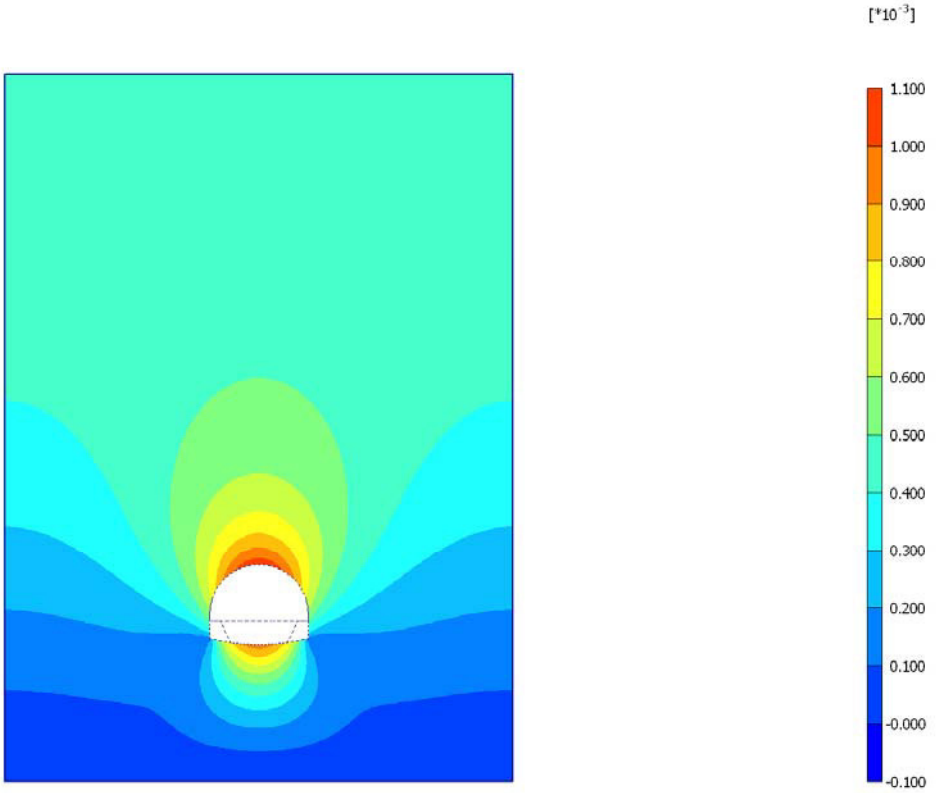


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 38 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

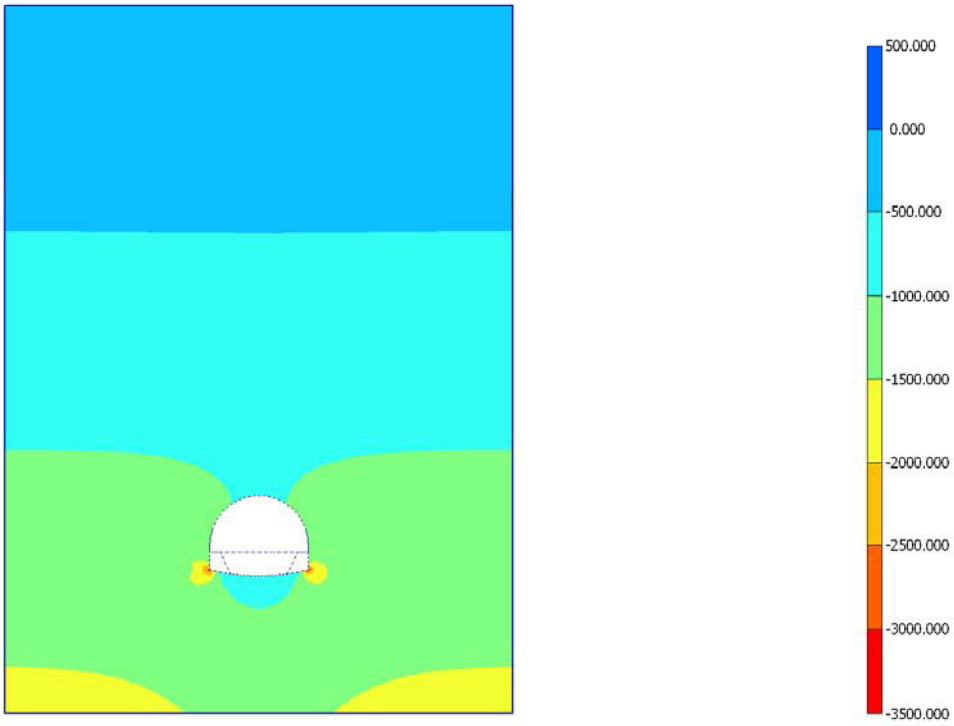


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 38 - (Phase: 6)

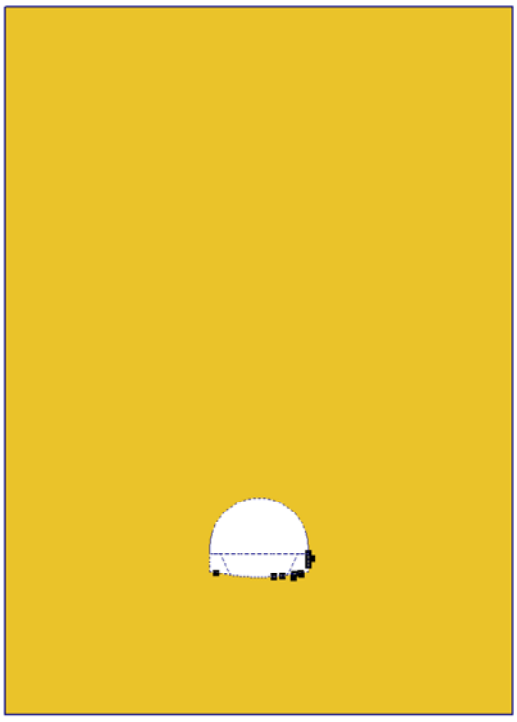
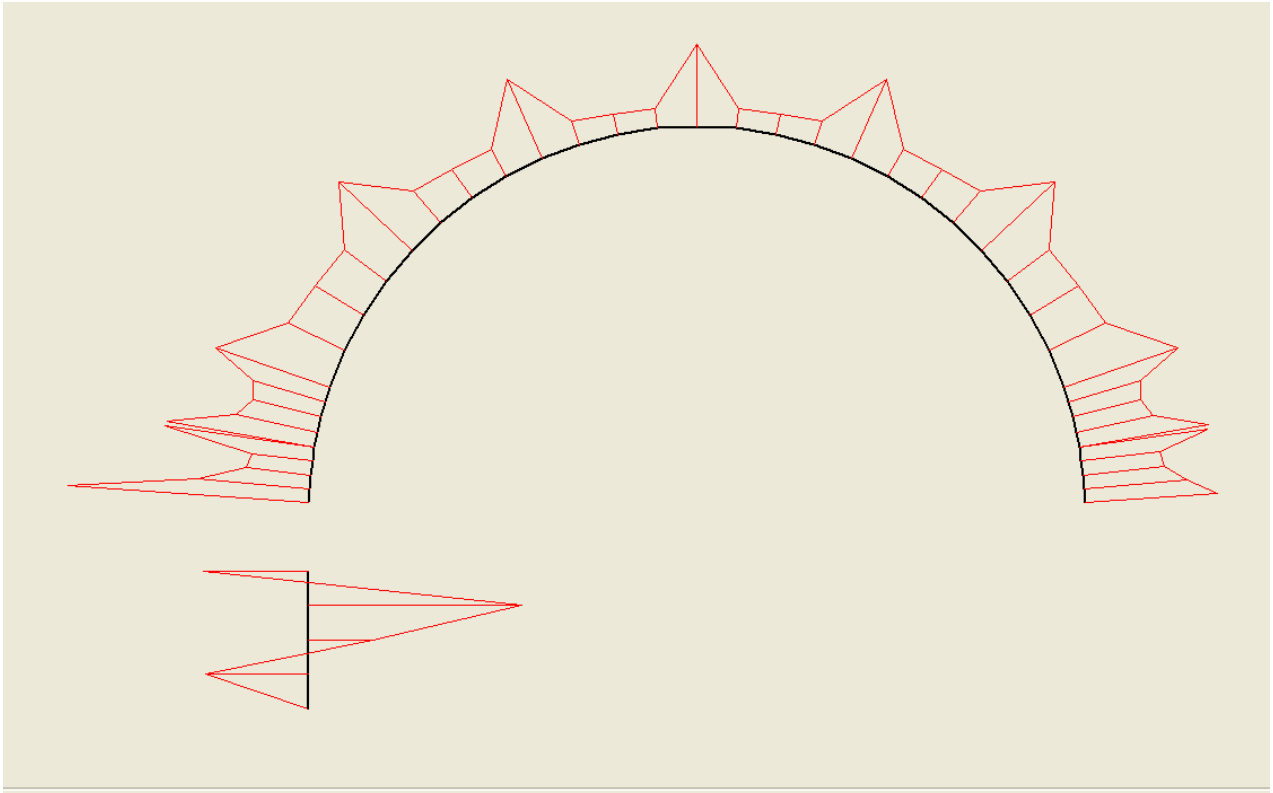


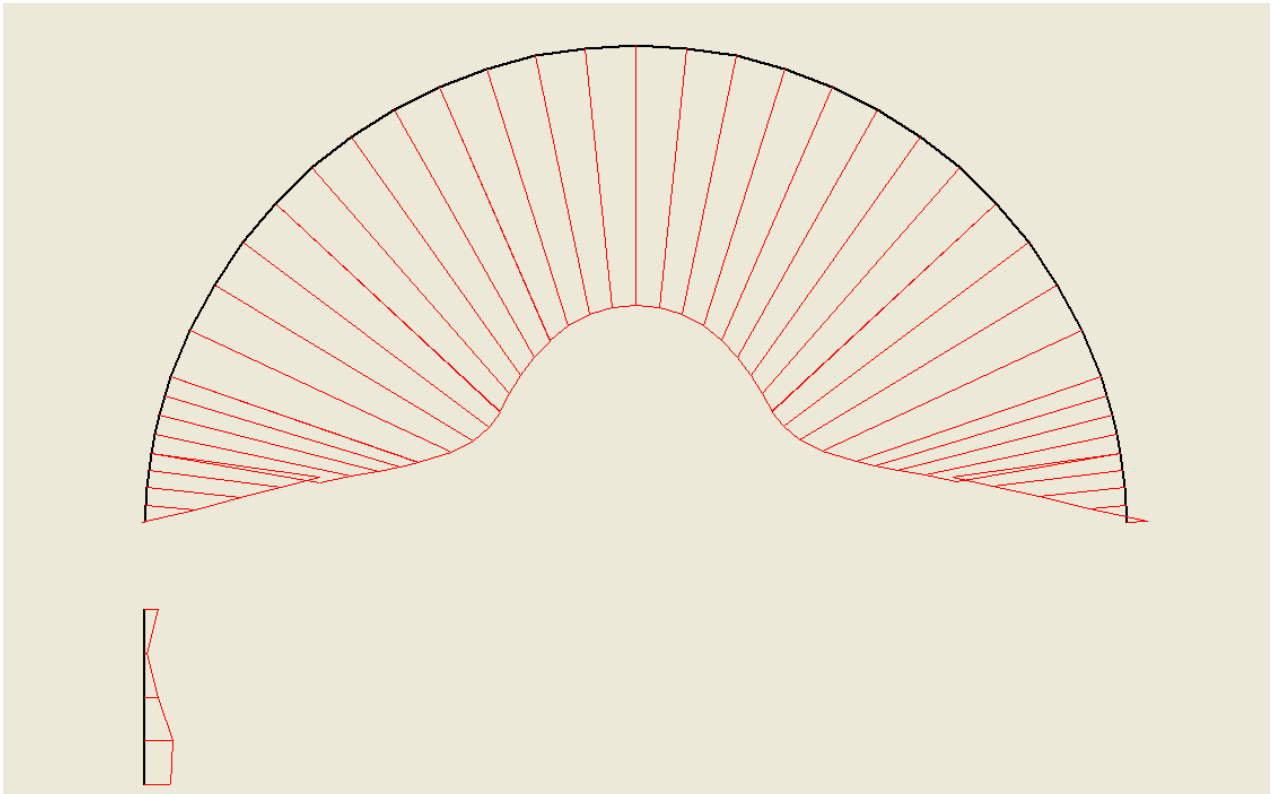
Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 38 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Anchors



Bending moments
Extreme bending moment -122,47*10 $^{-3}$ kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -81,98 kN/m

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1901	-8,800	2,682	5,624	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1711	-4,799	3,046						
2	2391	-8,350	6,112	3,191	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2613	-4,536	4,911						
3	3209	-6,510	9,262	2,743	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2895	-3,519	6,606						
4	3899	-3,560	11,392	2,792	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3381	-1,917	7,742						
5	4239	0,000	12,142	2,850	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3547	0,000	8,142						
6	4127	3,560	11,392	2,794	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3423	1,917	7,742						
7	4111	6,510	9,262	2,748	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3407	3,519	6,606						
8	3873	8,350	6,112	3,208	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3245	4,536	4,911						
9	3365	8,800	2,682	5,685	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						

12. Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

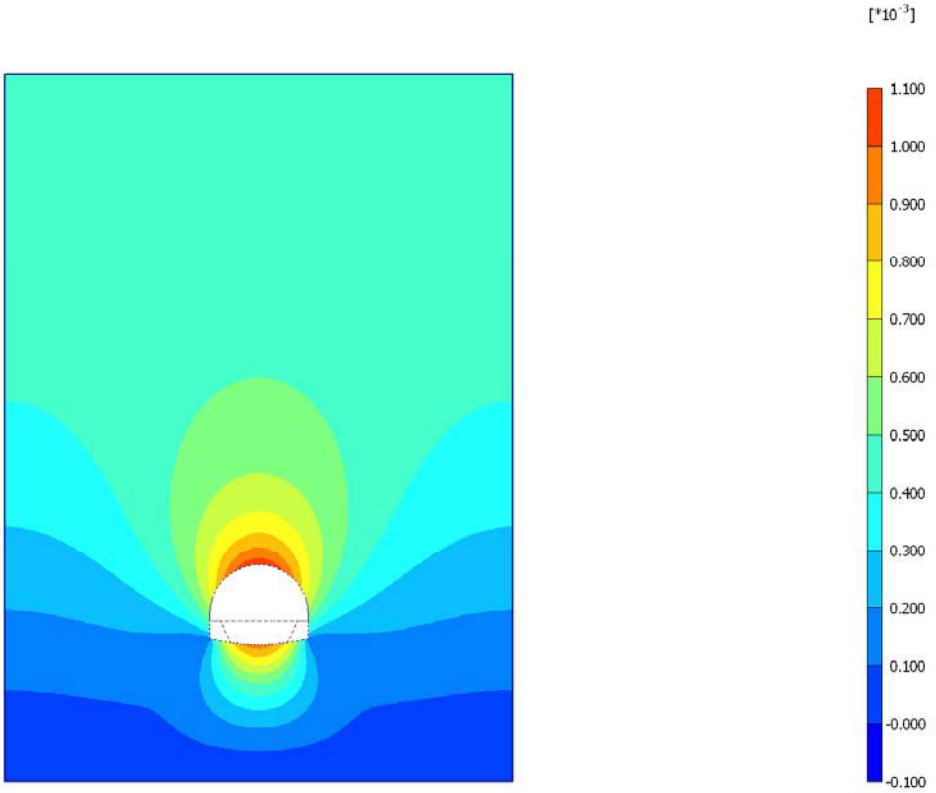


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 43 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

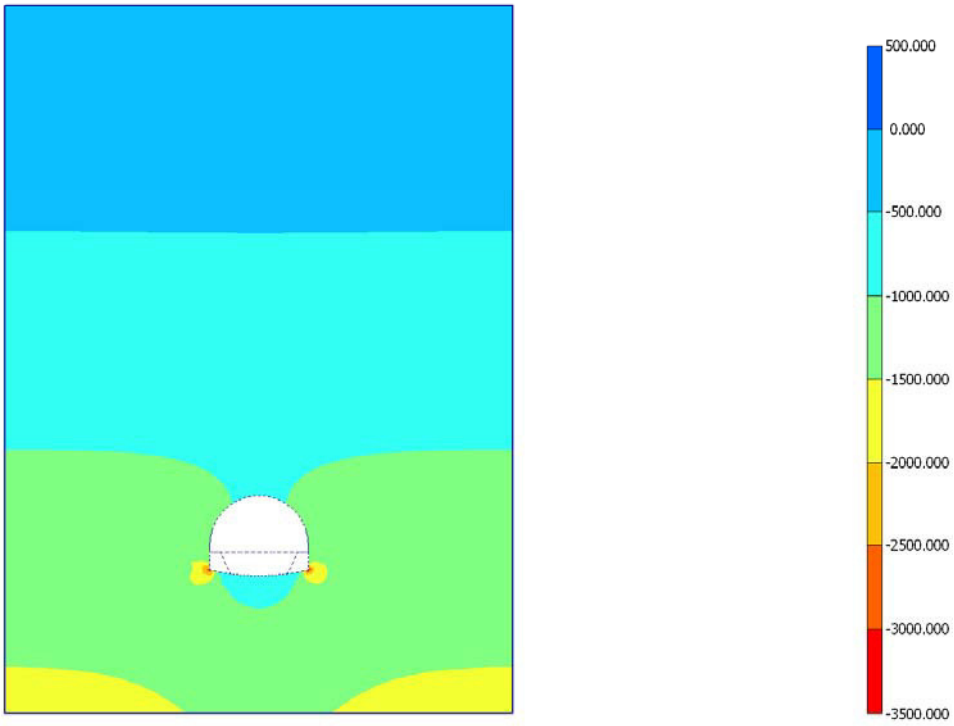


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 43 - (Phase: 7)

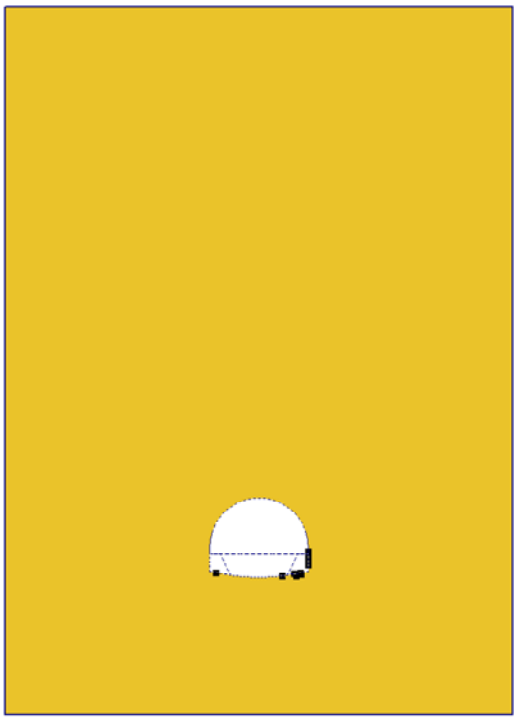
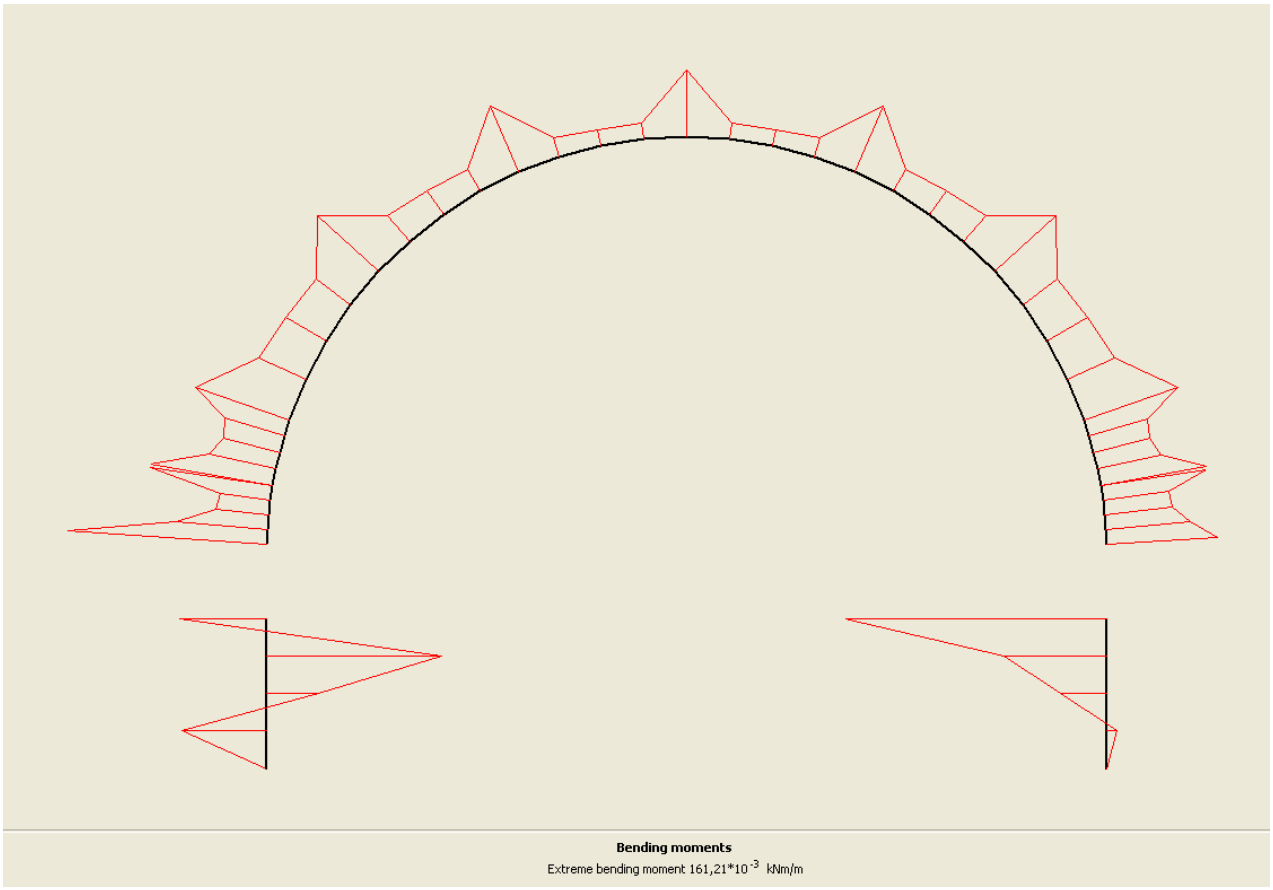
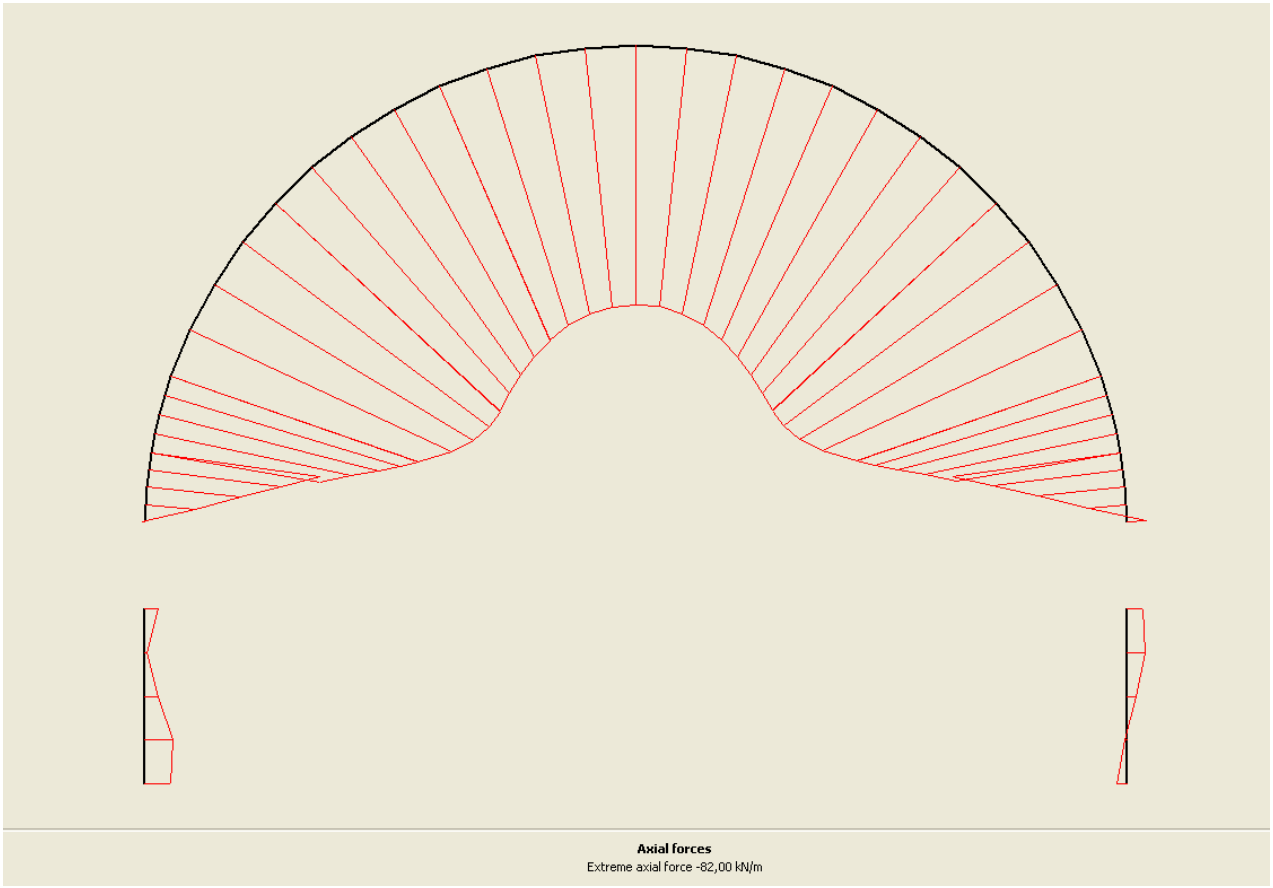


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 43 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams





12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1901	-8,800	2,682	5,625	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	1711	-4,799	3,046						
2	2391	-8,350	6,112	3,191	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2613	-4,536	4,911						
3	3209	-6,510	9,262	2,743	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2895	-3,519	6,606						
4	3899	-3,560	11,392	2,792	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3381	-1,917	7,742						
5	4239	0,000	12,142	2,850	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3547	0,000	8,142						
6	4127	3,560	11,392	2,794	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3423	1,917	7,742						
7	4111	6,510	9,262	2,749	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3407	3,519	6,606						
8	3873	8,350	6,112	3,209	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3245	4,536	4,911						
9	3365	8,800	2,682	5,704	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2911	4,799	3,046						

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: ST-III, CS-5 Areniscas. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	56,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

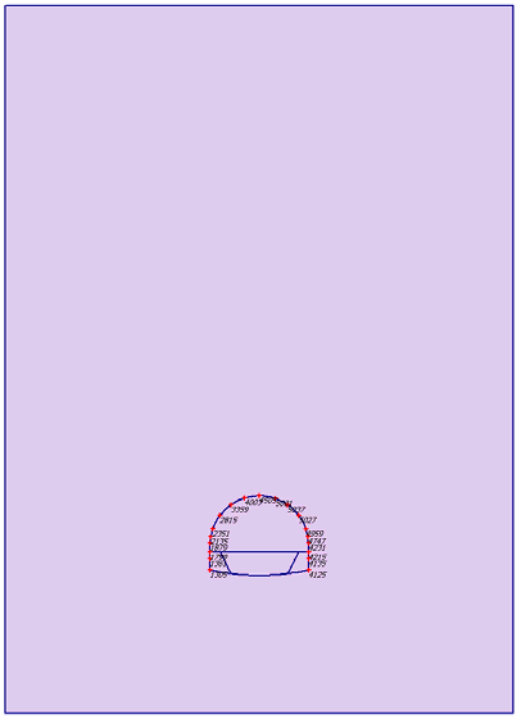


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

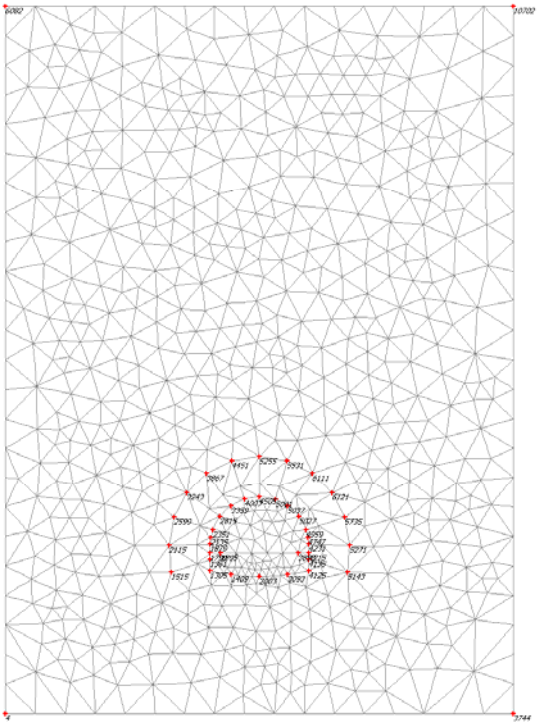


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

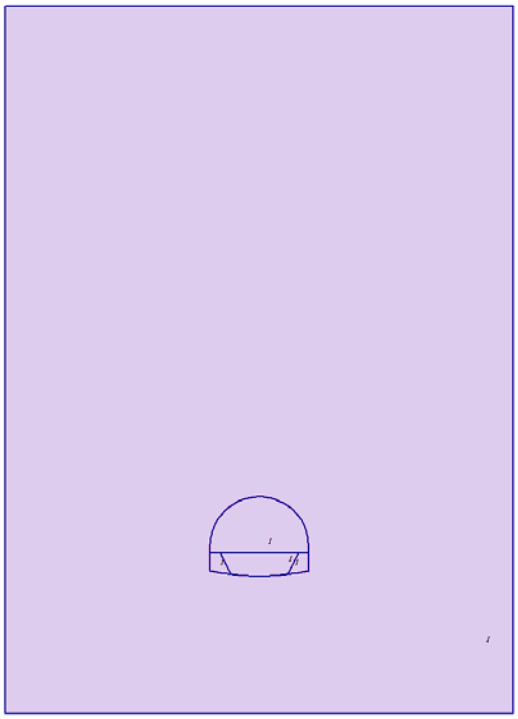


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Areniscas RMR_45**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00
γ_{sat}	[kN/m³]	26,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	5600000,000
ν	[-]	0,200
G_{ref}	[kN/m²]	2333333,333
E_{oed}	[kN/m²]	6222222,222
c_{ref}	[kN/m²]	5105,00
φ	[°]	54,50
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	**Identification**	**EA** [kN/m]	**EI** [kNm²/m]	**w** [kN/m/m]	**ν** [-]	**Mp** [kNm/m]	**Np** [kN/m]
1	Gunita 0,12	1,74E6	2090,00	3,00	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,50

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	5
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	6	8
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	9	10
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	11	22
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	23	25
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	26	28

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

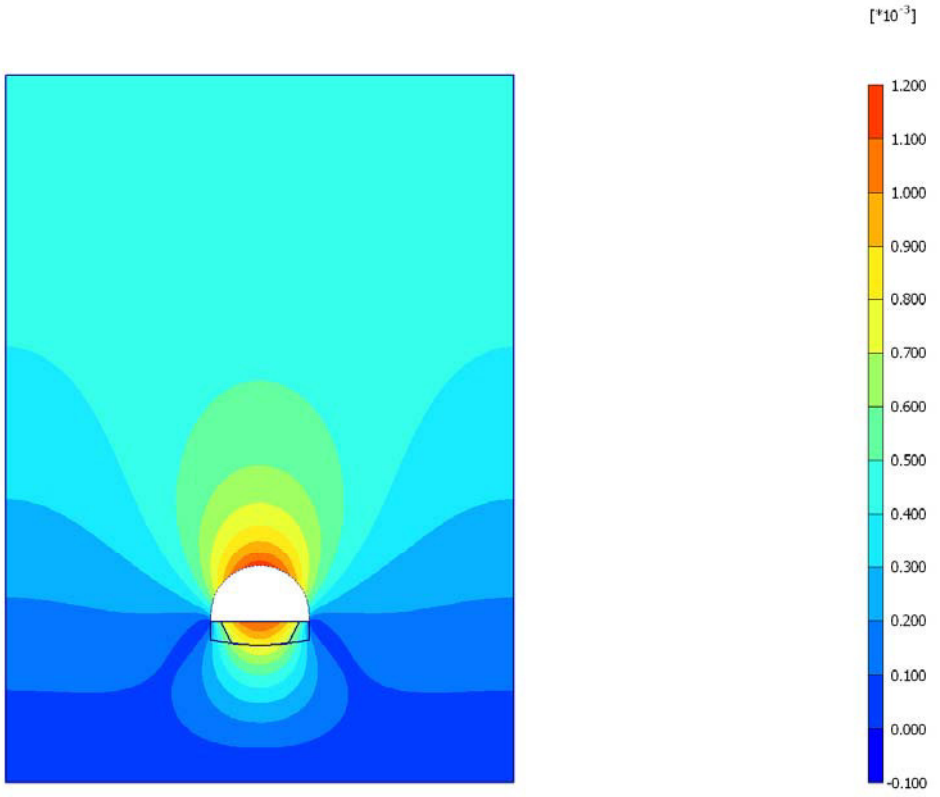


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

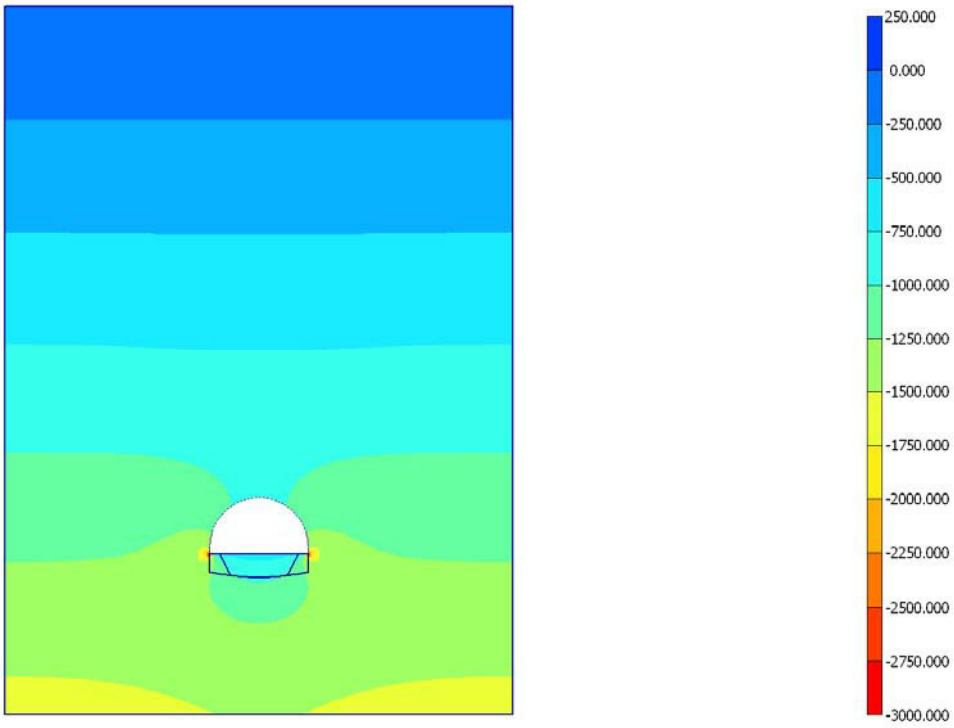


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

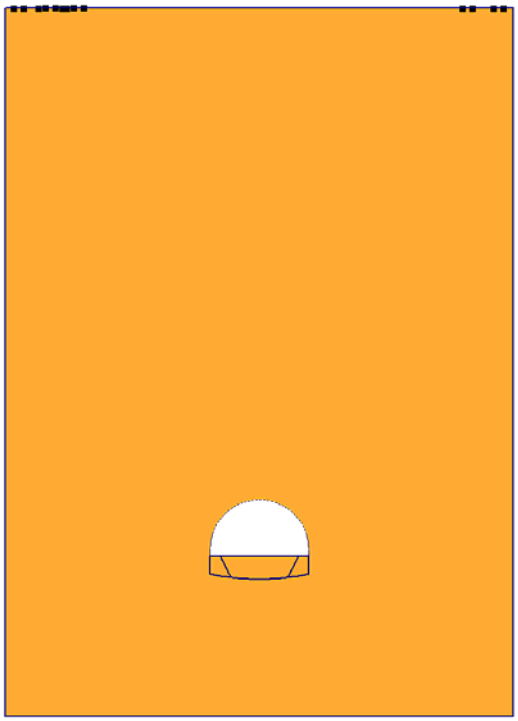


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1515	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1361	-4,799	1,992						
2	2115	-8,800	3,382	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1879	-4,799	3,492						
3	2599	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2351	-4,536	4,911						
4	3243	-7,090	8,552	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2815	-3,837	6,226						
5	3867	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3359	-2,777	7,257						
6	4451	-2,710	11,712	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	4003	-1,460	7,914						
7	5255	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4505	0,000	8,142						
8	5531	2,710	11,712	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5001	1,551	7,884						
9	6111	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5037	2,777	7,257						
10	6121	7,090	8,552	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	3,837	6,226						
11	5735	8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4959	4,536	4,911						
12	5271	8,800	3,382	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4231	4,799	3,492						
13	5143	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4135	4,799	1,982						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

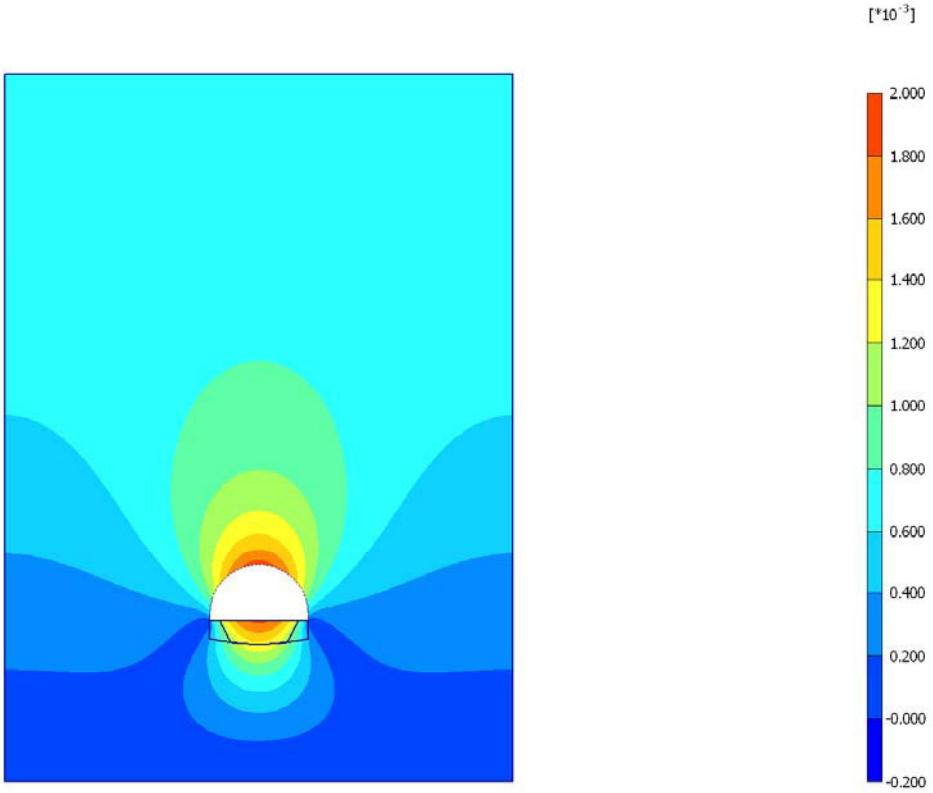


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 5 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

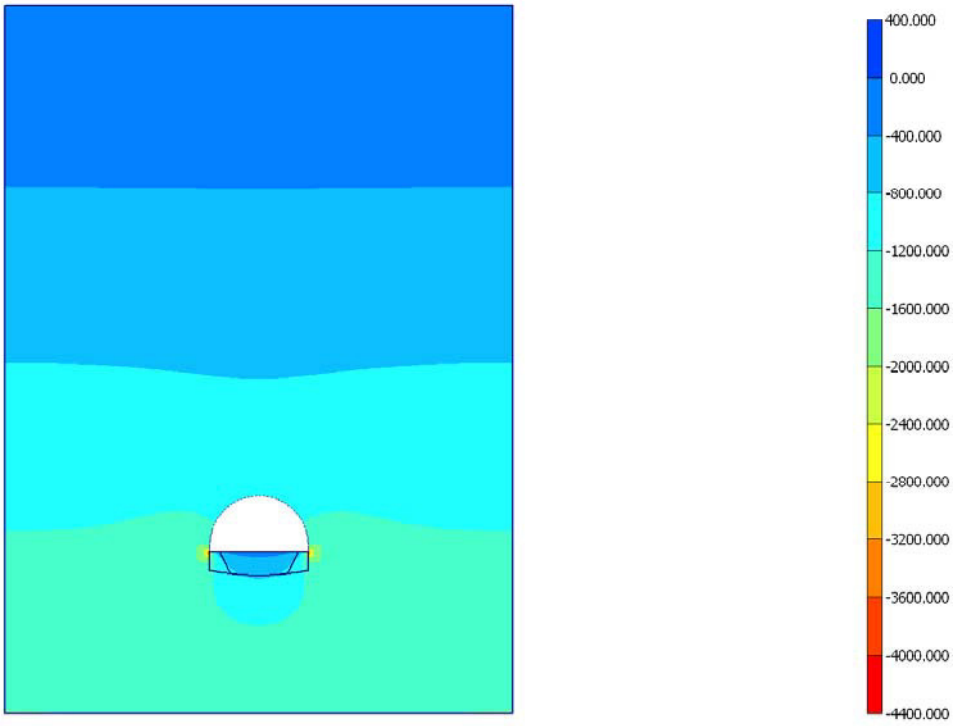


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 5 - (Phase: 2)

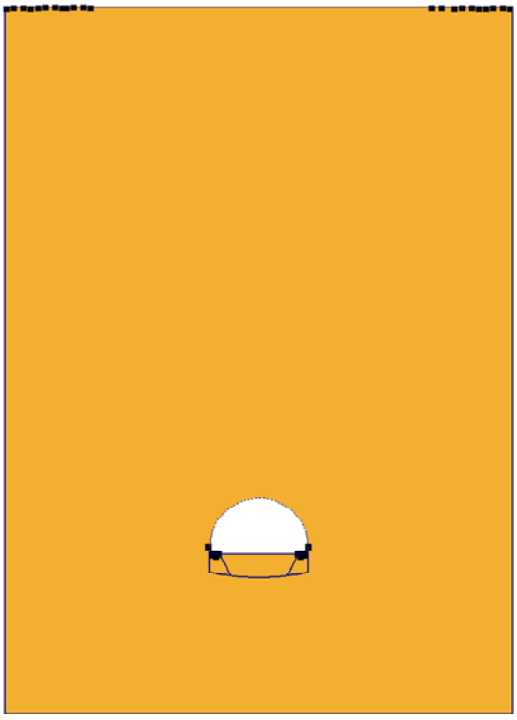
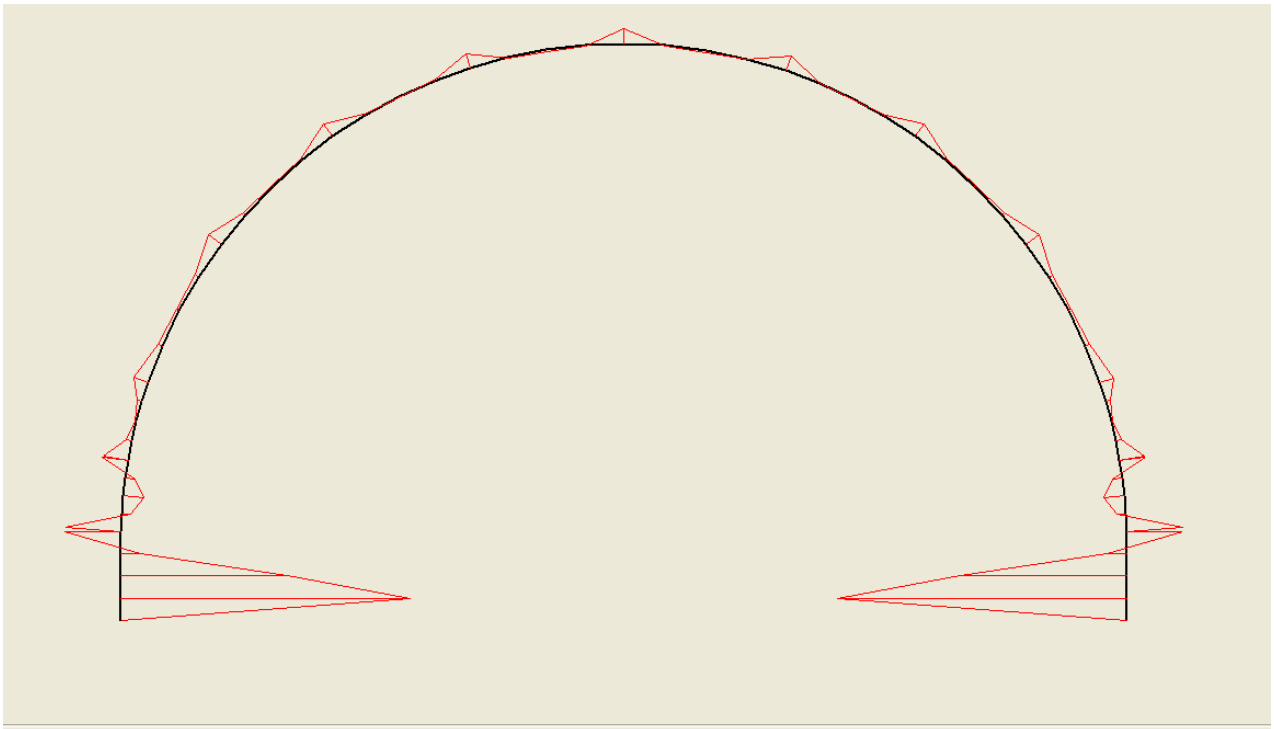
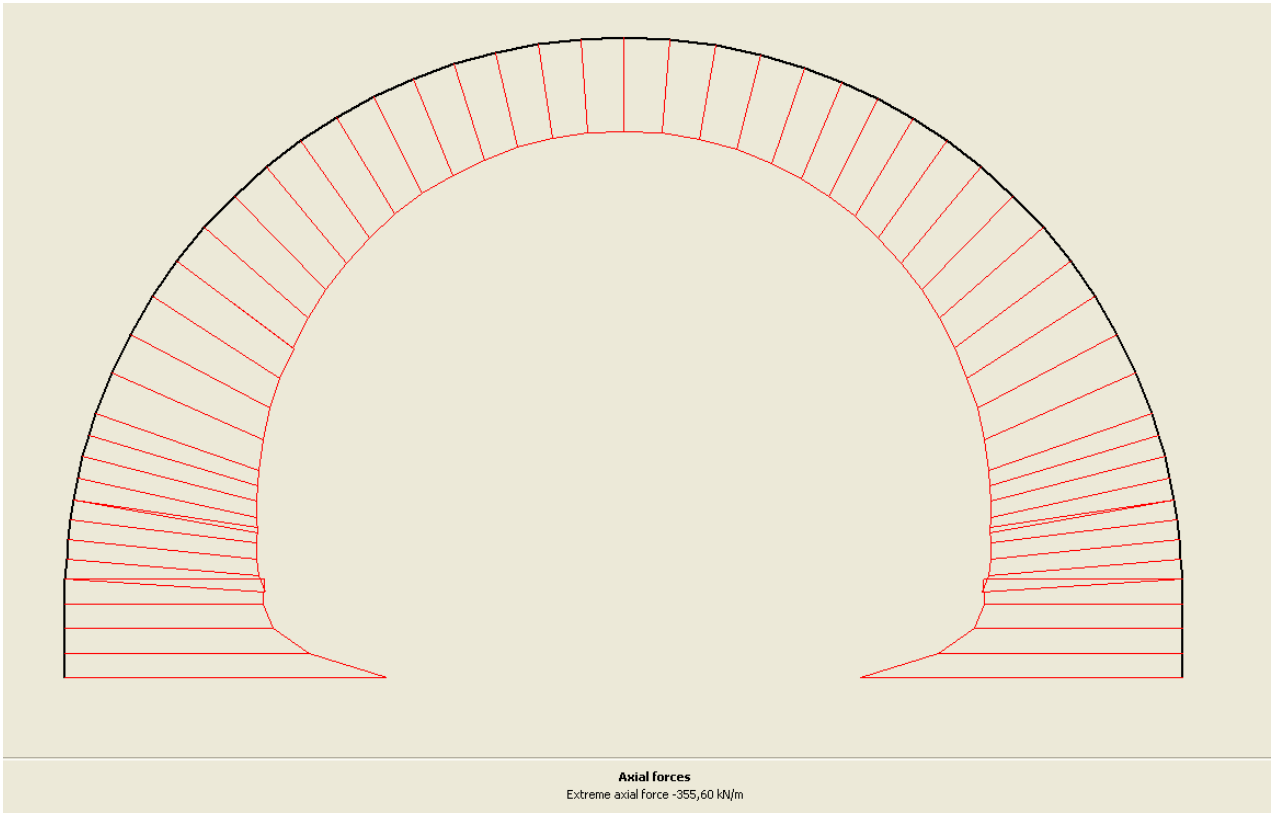


Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 5 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams





7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1515	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1361	-4,799	1,992						
2	2115	-8,800	3,382	2,912	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1879	-4,799	3,492						
3	2599	-8,350	6,112	4,225	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2351	-4,536	4,911						
4	3243	-7,090	8,552	4,879	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2815	-3,837	6,226						
5	3867	-5,150	10,482	5,384	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3359	-2,777	7,257						
6	4451	-2,710	11,712	5,747	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	4003	-1,460	7,914						
7	5255	0,000	12,142	5,879	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4505	0,000	8,142						
8	5531	2,710	11,712	5,723	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5001	1,551	7,884						
9	6111	5,150	10,482	5,384	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5037	2,777	7,257						
10	6121	7,090	8,552	4,879	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	3,837	6,226						
11	5735	8,350	6,112	4,226	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4959	4,536	4,911						
12	5271	8,800	3,382	2,910	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4231	4,799	3,492						
13	5143	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4135	4,799	1,982						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

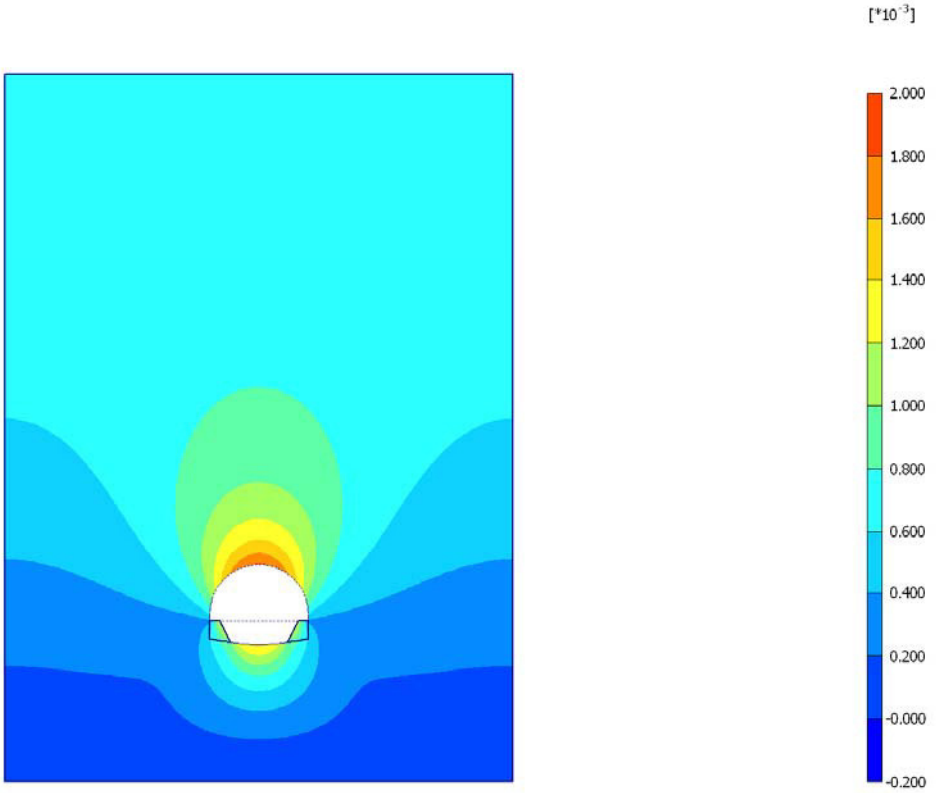


Fig. 10 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

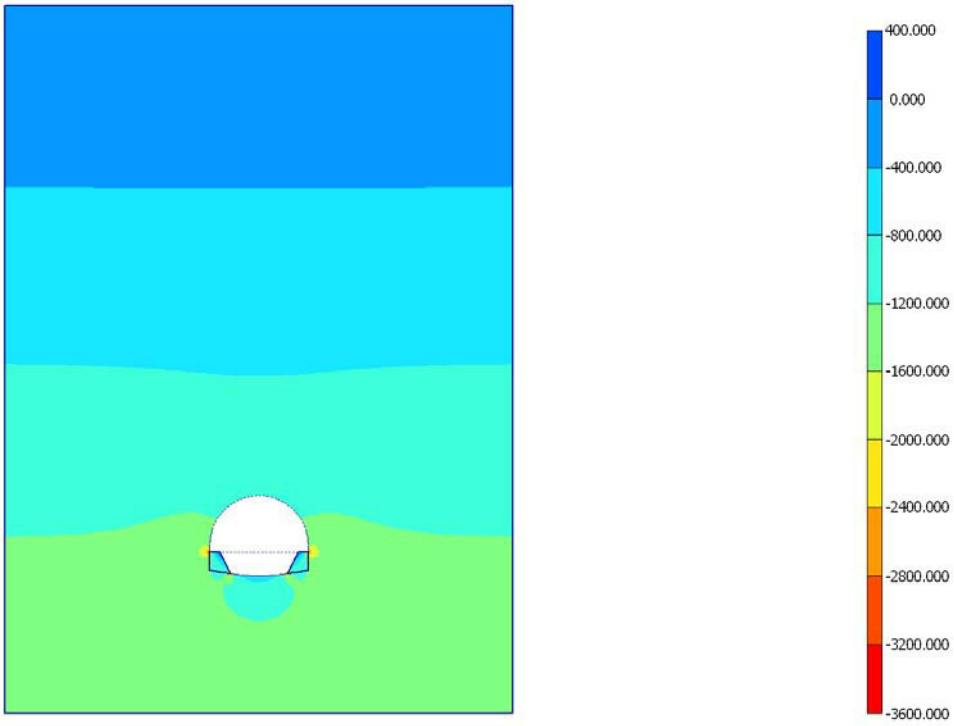


Fig. 11 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 3)

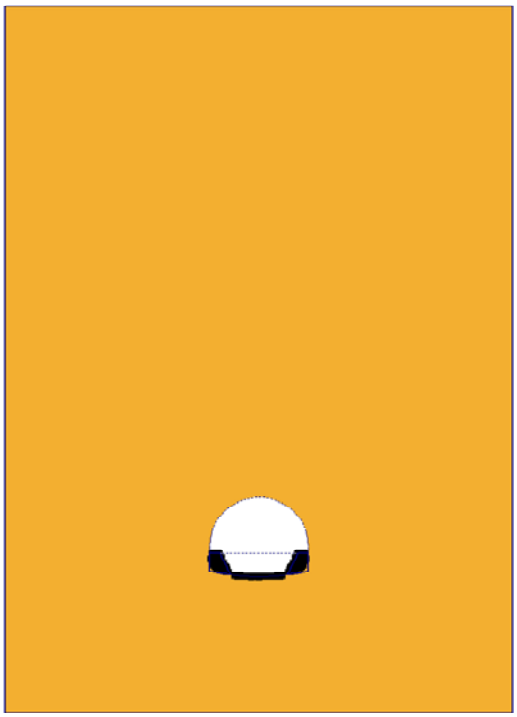
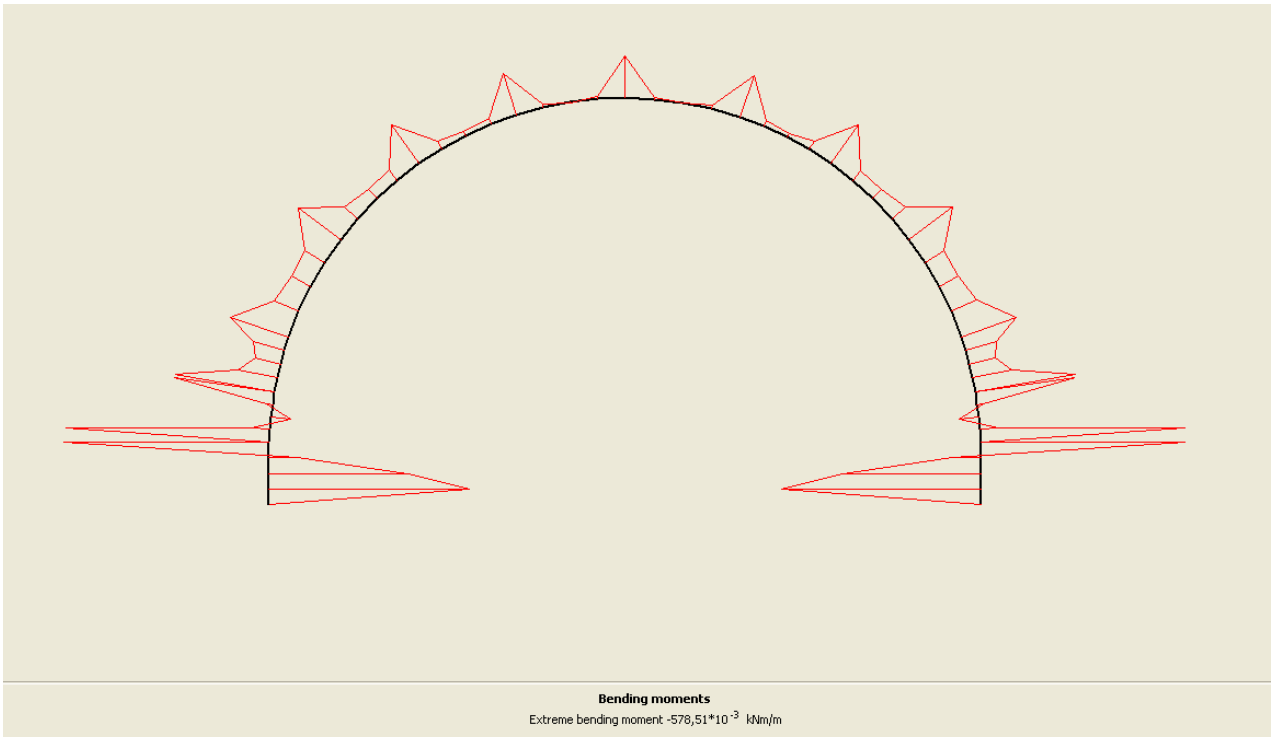


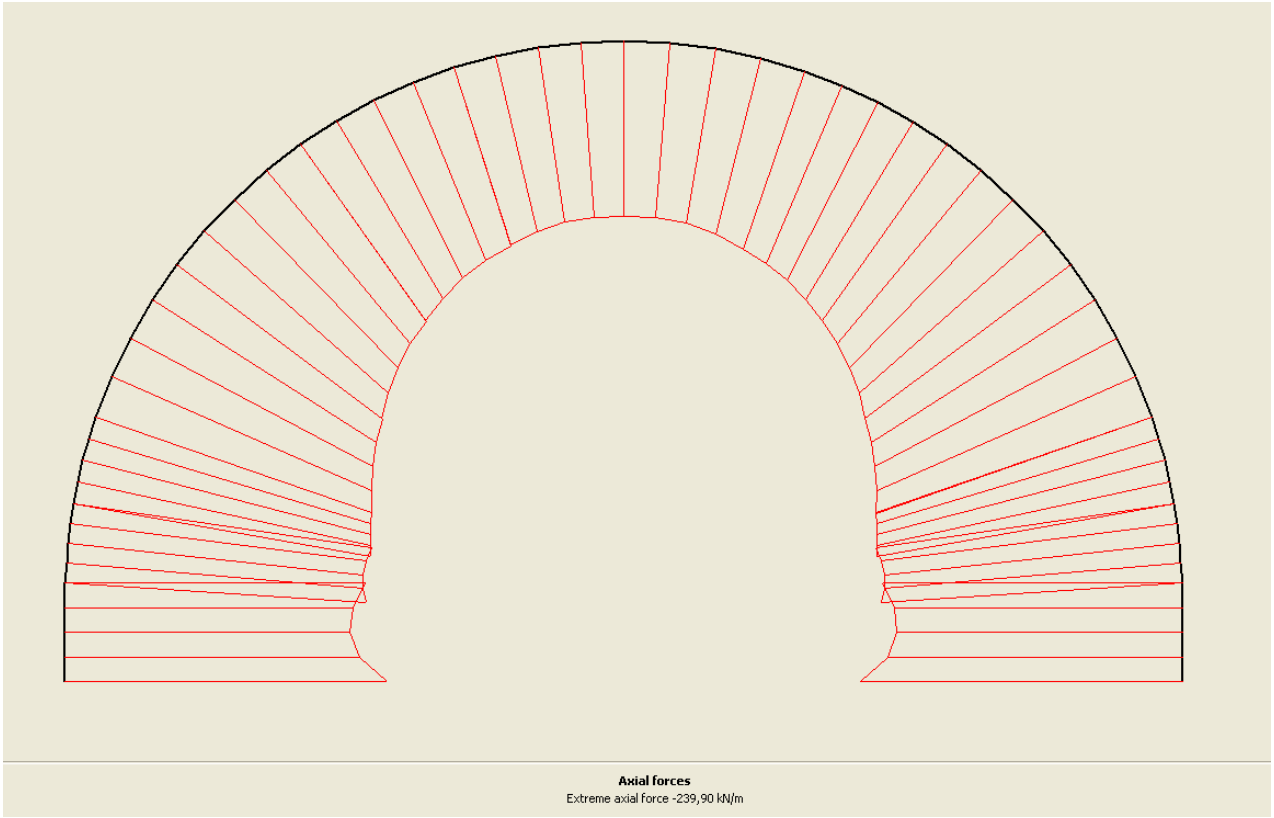
Fig. 12 Plot of plastic points
- Step no: 8 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -578,51*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -239,90 kN/m

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1515	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1361	-4,799	1,992						
2	2115	-8,800	3,382	4,888	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1879	-4,799	3,492						
3	2599	-8,350	6,112	4,663	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2351	-4,536	4,911						
4	3243	-7,090	8,552	4,899	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2815	-3,837	6,226						
5	3867	-5,150	10,482	5,271	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3359	-2,777	7,257						
6	4451	-2,710	11,712	5,589	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	4003	-1,460	7,914						
7	5255	0,000	12,142	5,710	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4505	0,000	8,142						
8	5531	2,710	11,712	5,564	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5001	1,551	7,884						
9	6111	5,150	10,482	5,272	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5037	2,777	7,257						
10	6121	7,090	8,552	4,899	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	3,837	6,226						
11	5735	8,350	6,112	4,664	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4959	4,536	4,911						
12	5271	8,800	3,382	4,888	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4231	4,799	3,492						
13	5143	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4135	4,799	1,982						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

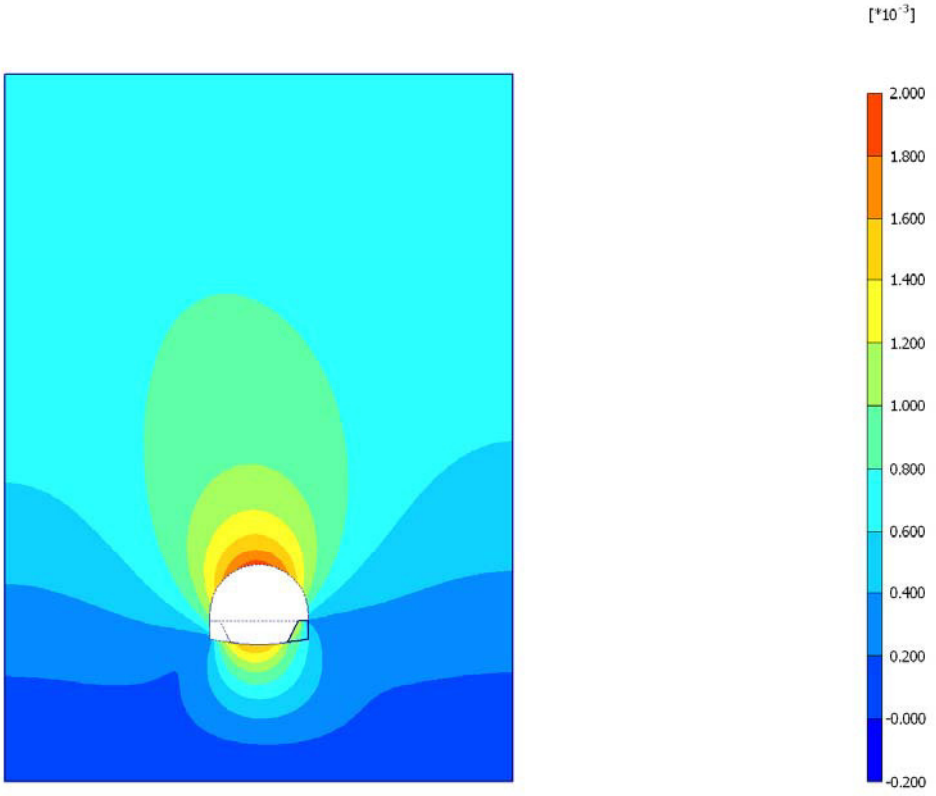


Fig. 13 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 10 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

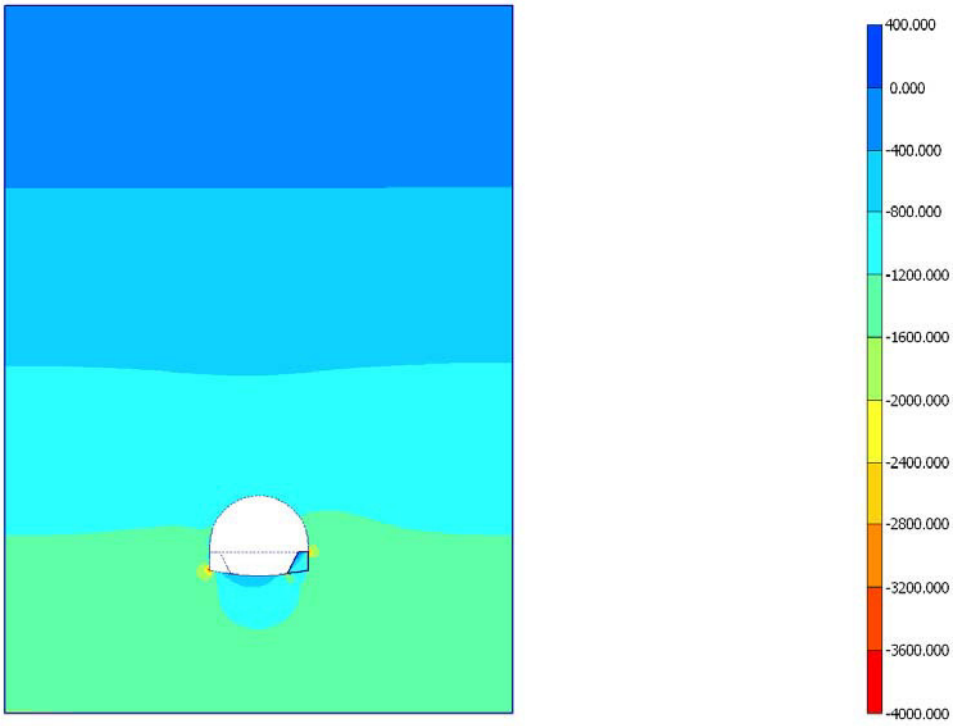


Fig. 14 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 10 - (Phase: 4)

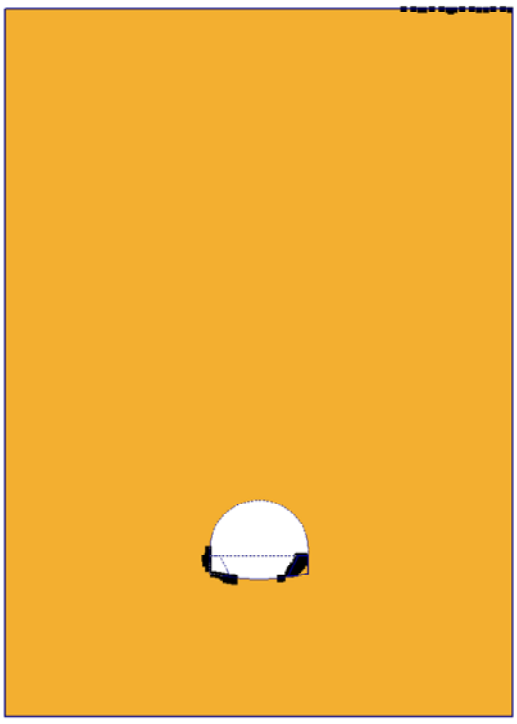
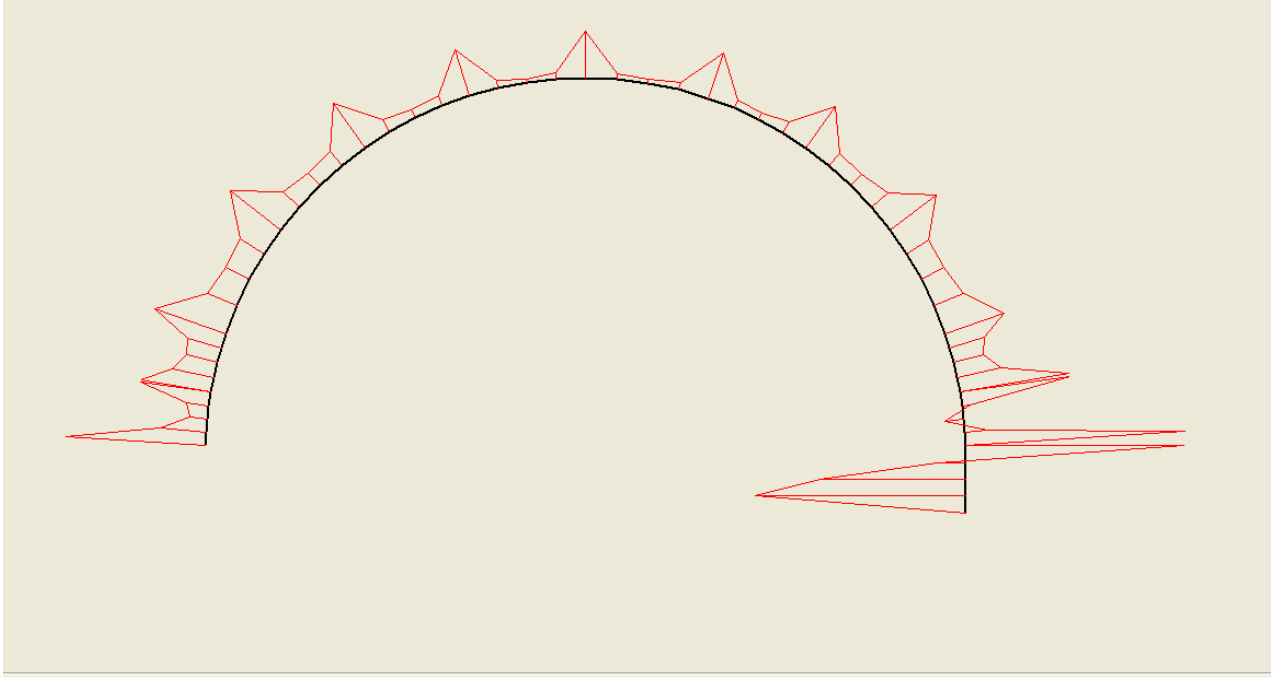


Fig. 15 Plot of plastic points
- Step no: 10 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -612,28*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -252,49 kN/m

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1515	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1361	-4,799	1,992						
2	2115	-8,800	3,382	8,612	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1879	-4,799	3,492						
3	2599	-8,350	6,112	6,280	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2351	-4,536	4,911						
4	3243	-7,090	8,552	5,576	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2815	-3,837	6,226						
5	3867	-5,150	10,482	5,544	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3359	-2,777	7,257						
6	4451	-2,710	11,712	5,672	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	4003	-1,460	7,914						
7	5255	0,000	12,142	5,703	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4505	0,000	8,142						
8	5531	2,710	11,712	5,510	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5001	1,551	7,884						
9	6111	5,150	10,482	5,205	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5037	2,777	7,257						
10	6121	7,090	8,552	4,827	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	3,837	6,226						
11	5735	8,350	6,112	4,603	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4959	4,536	4,911						
12	5271	8,800	3,382	4,861	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4231	4,799	3,492						
13	5143	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4135	4,799	1,982						

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

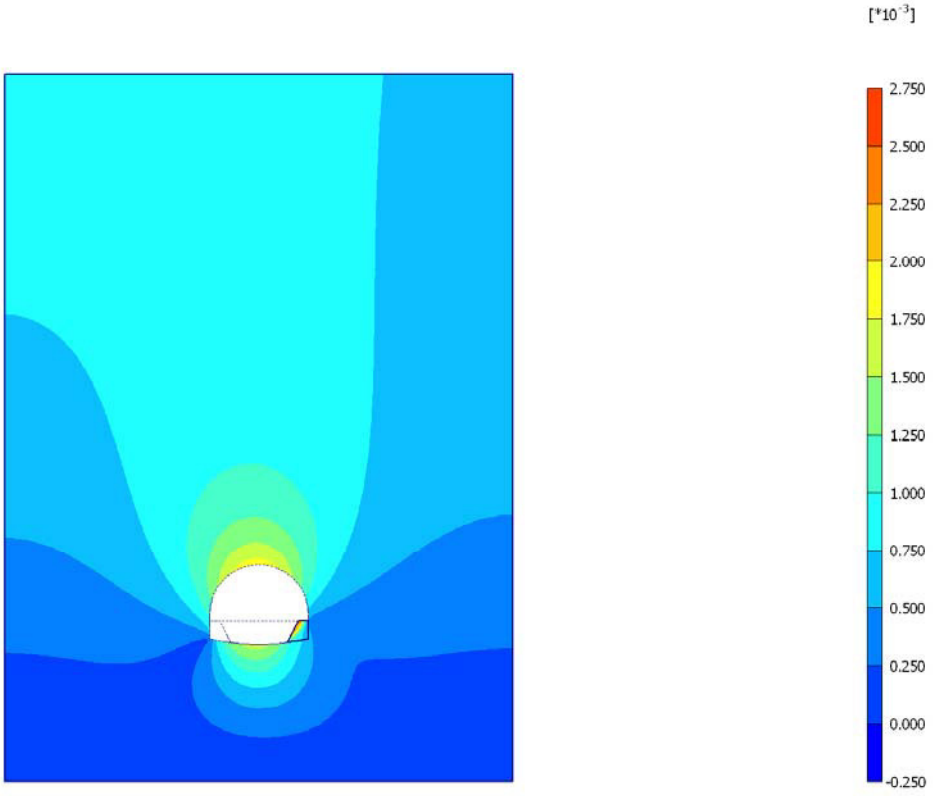


Fig. 16 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

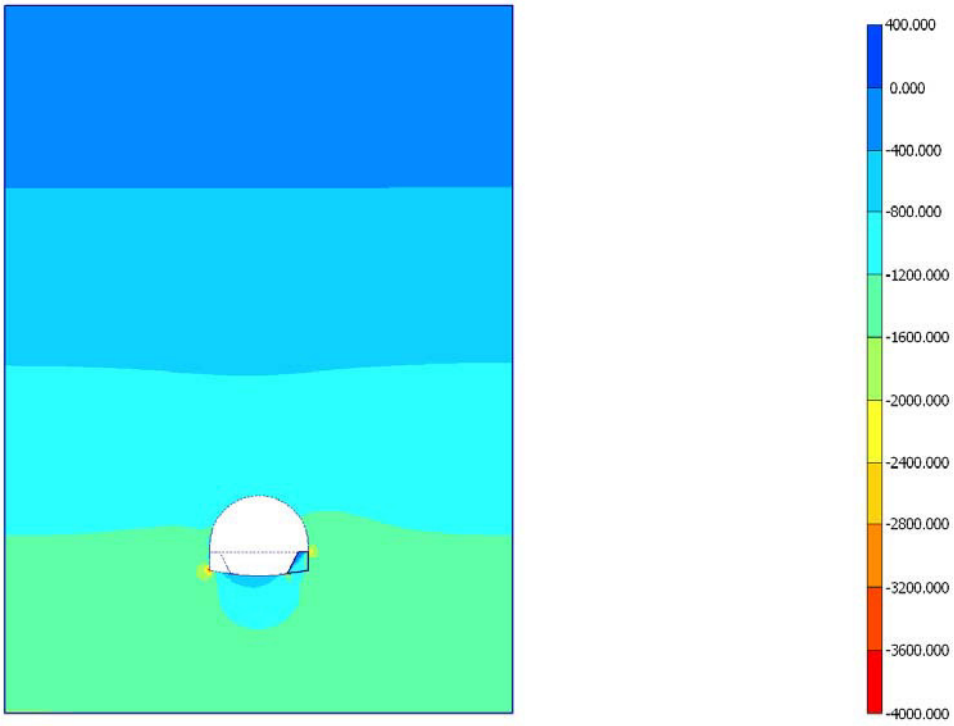


Fig. 17 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 5)

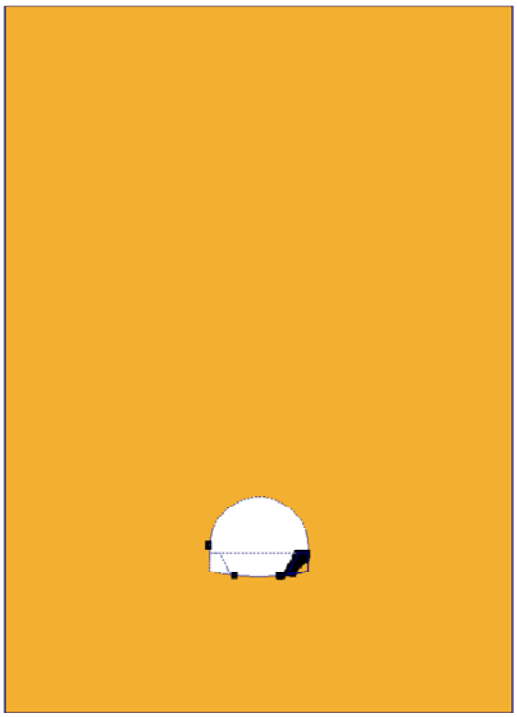
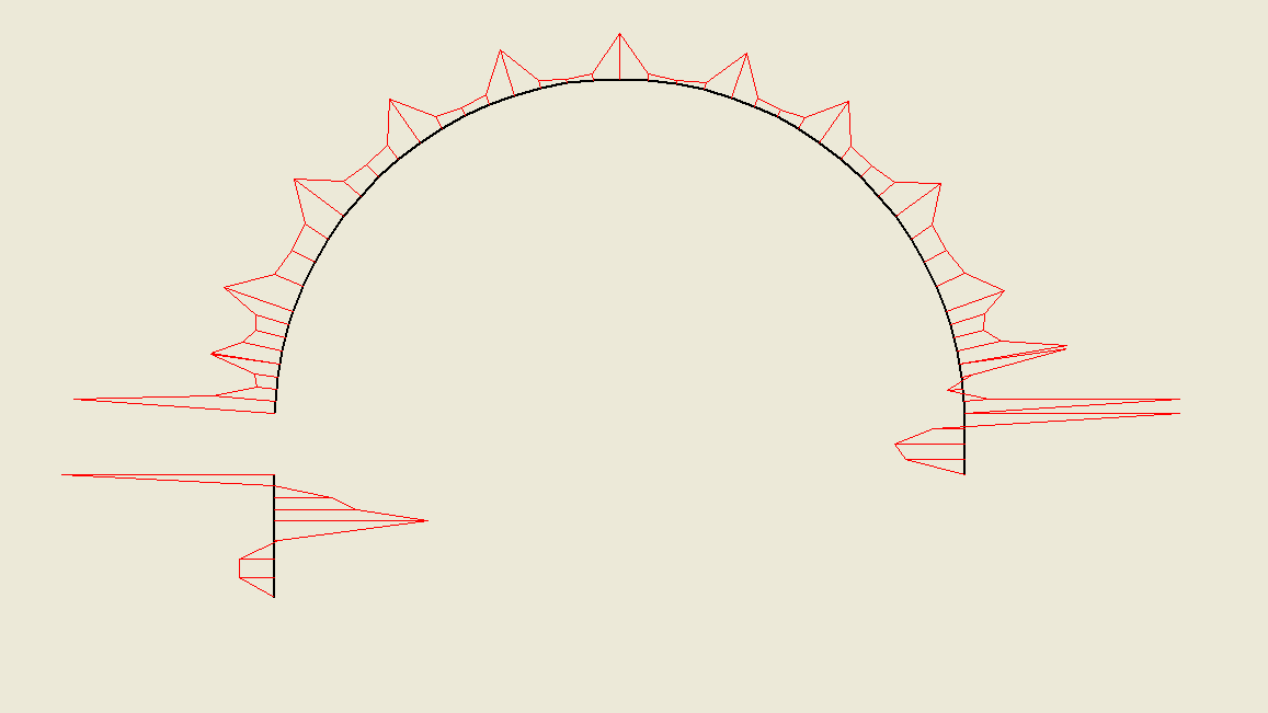


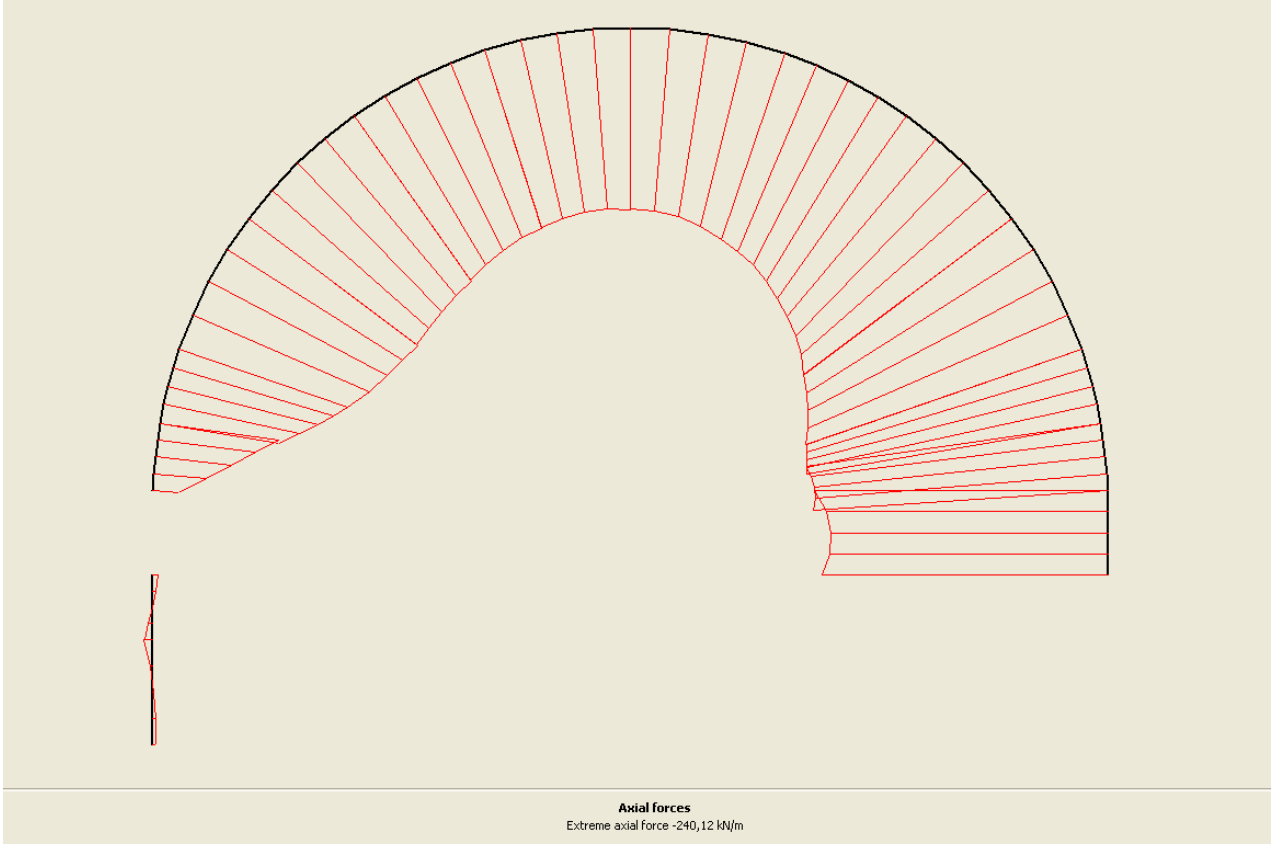
Fig. 18 Plot of plastic points
- Step no: 22 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -618,93*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -240,12 kN/m

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1515	-8,617	0,789	0,543	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1361	-4,799	1,992						
2	2115	-8,800	3,382	8,632	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1879	-4,799	3,492						
3	2599	-8,350	6,112	6,281	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2351	-4,536	4,911						
4	3243	-7,090	8,552	5,576	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2815	-3,837	6,226						
5	3867	-5,150	10,482	5,543	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3359	-2,777	7,257						
6	4451	-2,710	11,712	5,671	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	4003	-1,460	7,914						
7	5255	0,000	12,142	5,702	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4505	0,000	8,142						
8	5531	2,710	11,712	5,510	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5001	1,551	7,884						
9	6111	5,150	10,482	5,208	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5037	2,777	7,257						
10	6121	7,090	8,552	4,840	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	3,837	6,226						
11	5735	8,350	6,112	4,647	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4959	4,536	4,911						
12	5271	8,800	3,382	5,039	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4231	4,799	3,492						
13	5143	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4135	4,799	1,982						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

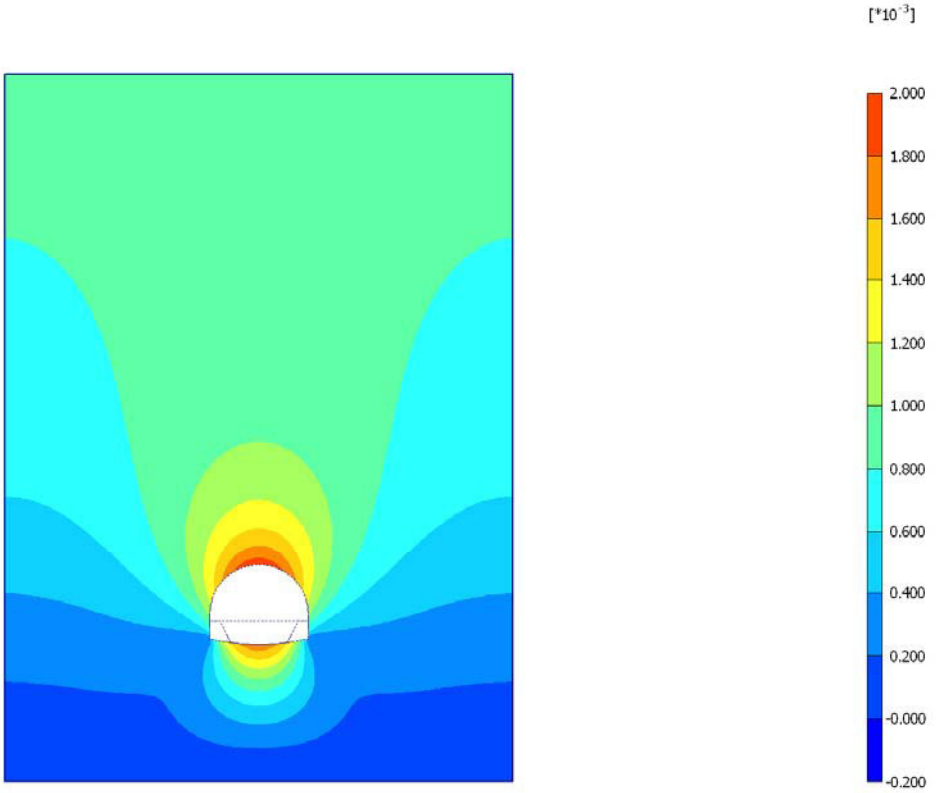


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 25 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

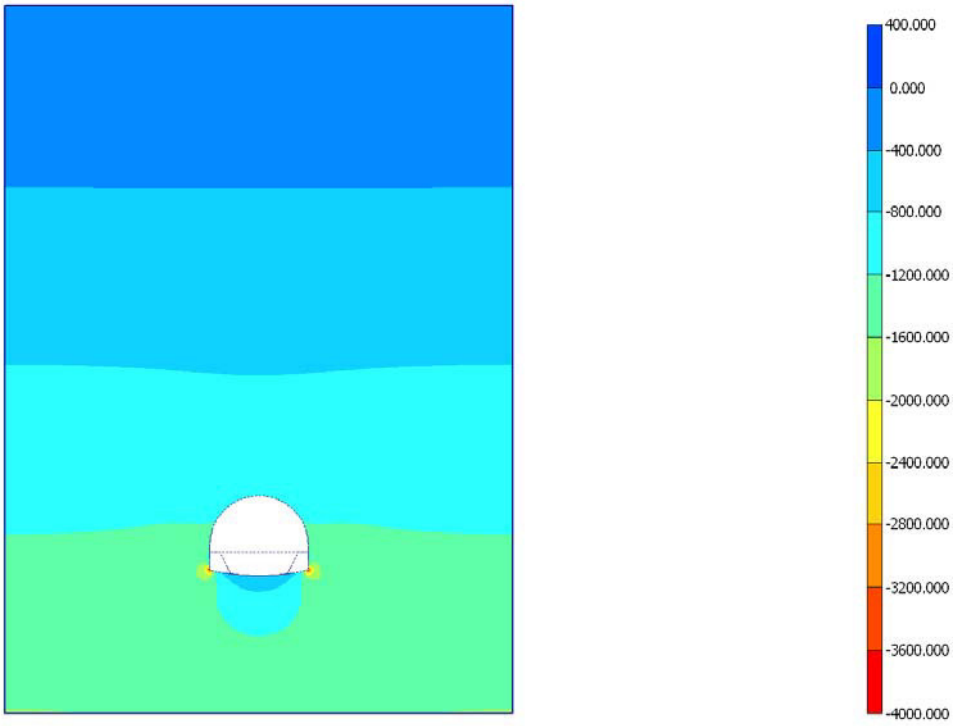


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 25 - (Phase: 6)

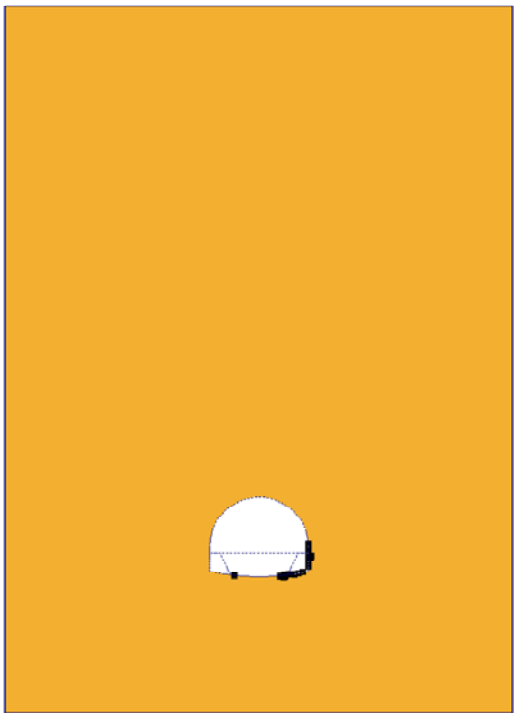
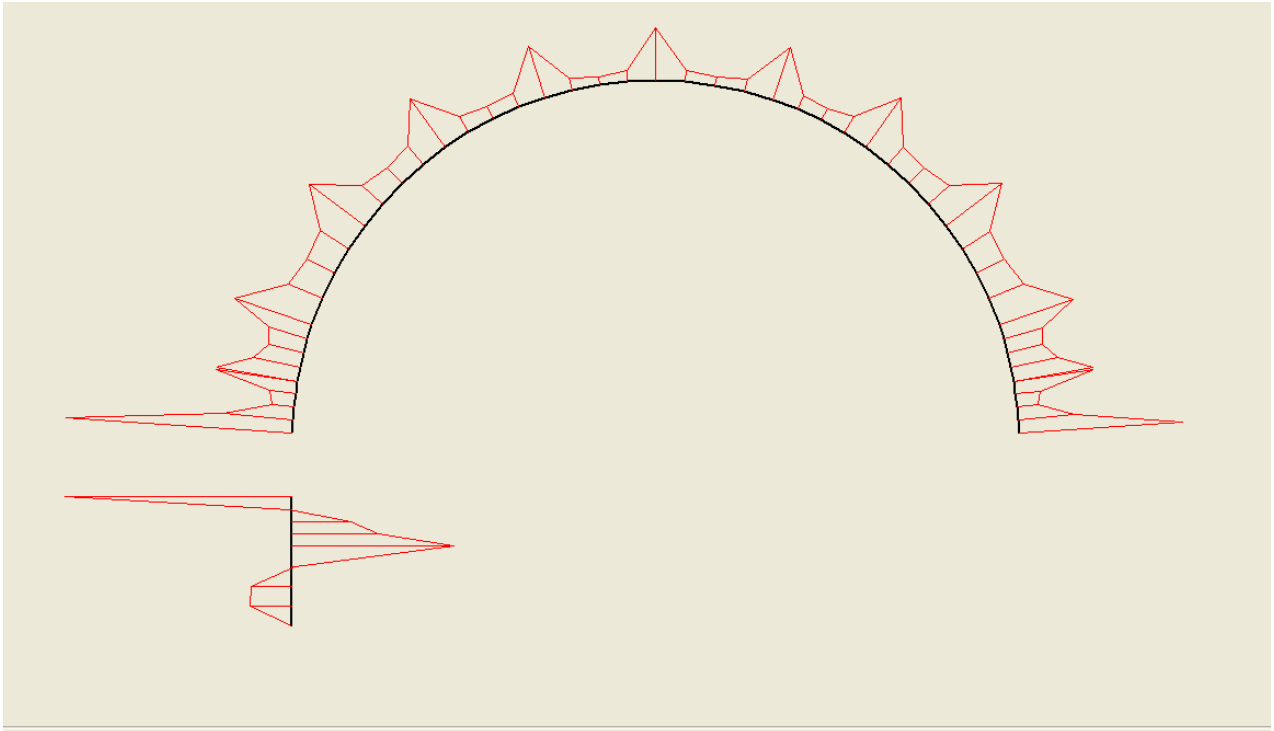
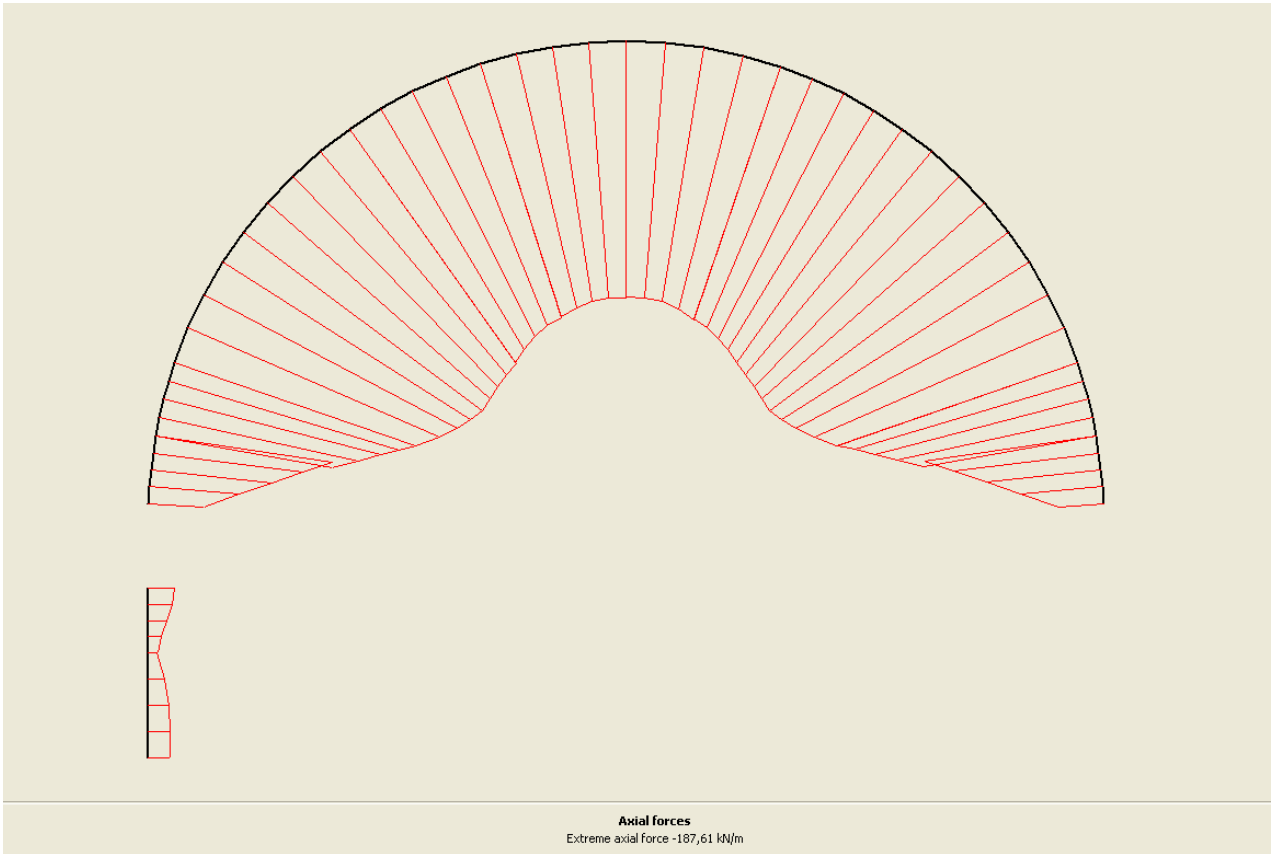


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 25 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams





11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1515	-8,617	0,789	0,585	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1361	-4,799	1,992						
2	2115	-8,800	3,382	8,613	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1879	-4,799	3,492						
3	2599	-8,350	6,112	6,225	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2351	-4,536	4,911						
4	3243	-7,090	8,552	5,507	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2815	-3,837	6,226						
5	3867	-5,150	10,482	5,478	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3359	-2,777	7,257						
6	4451	-2,710	11,712	5,625	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	4003	-1,460	7,914						
7	5255	0,000	12,142	5,697	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4505	0,000	8,142						
8	5531	2,710	11,712	5,618	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5001	1,551	7,884						
9	6111	5,150	10,482	5,481	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5037	2,777	7,257						
10	6121	7,090	8,552	5,513	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	3,837	6,226						
11	5735	8,350	6,112	6,239	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4959	4,536	4,911						
12	5271	8,800	3,382	8,610	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4231	4,799	3,492						
13	5143	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4135	4,799	1,982						

12. Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

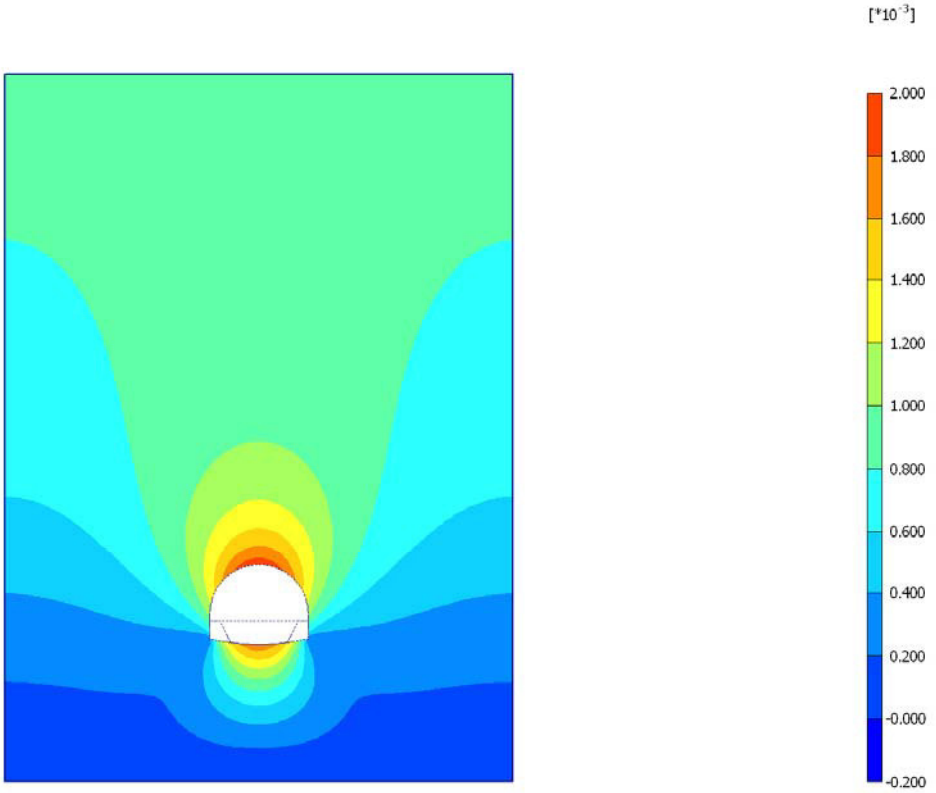


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

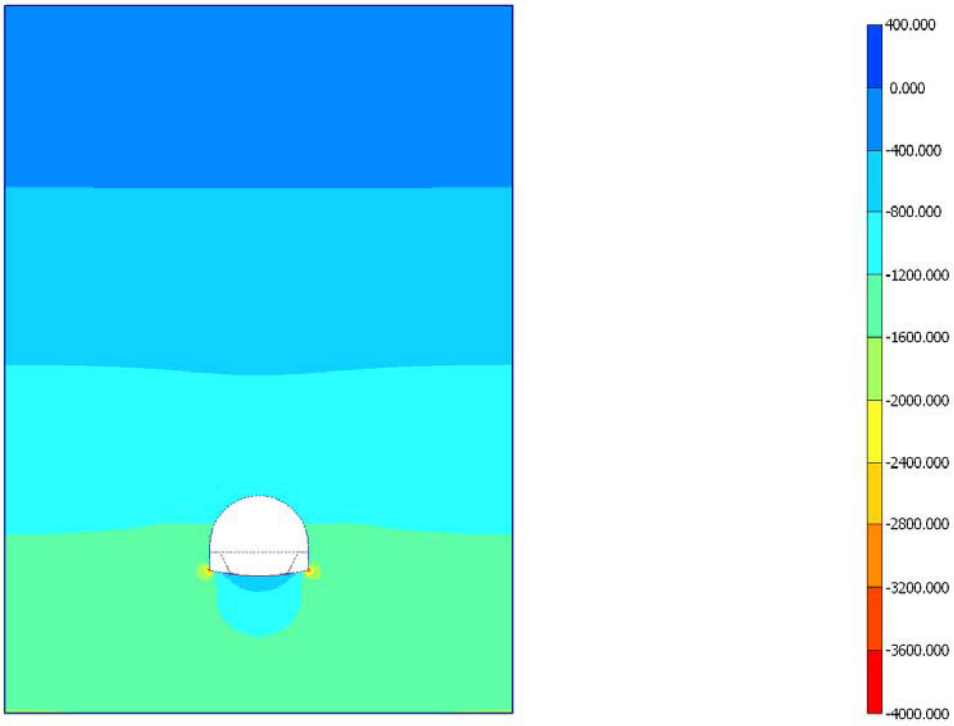


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 7)

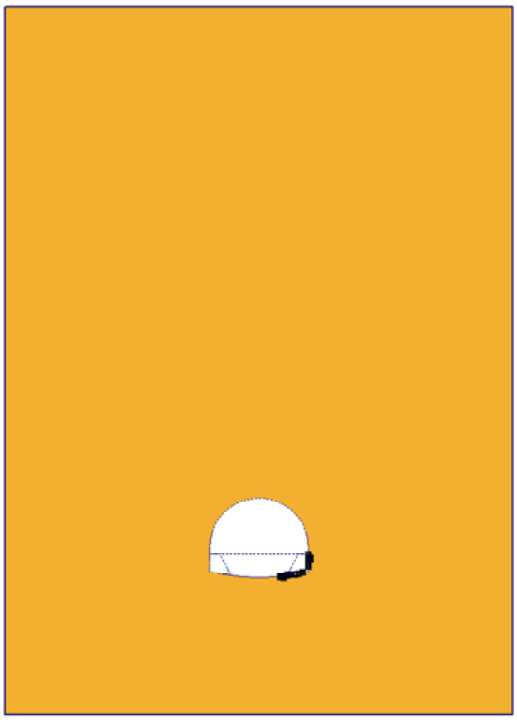
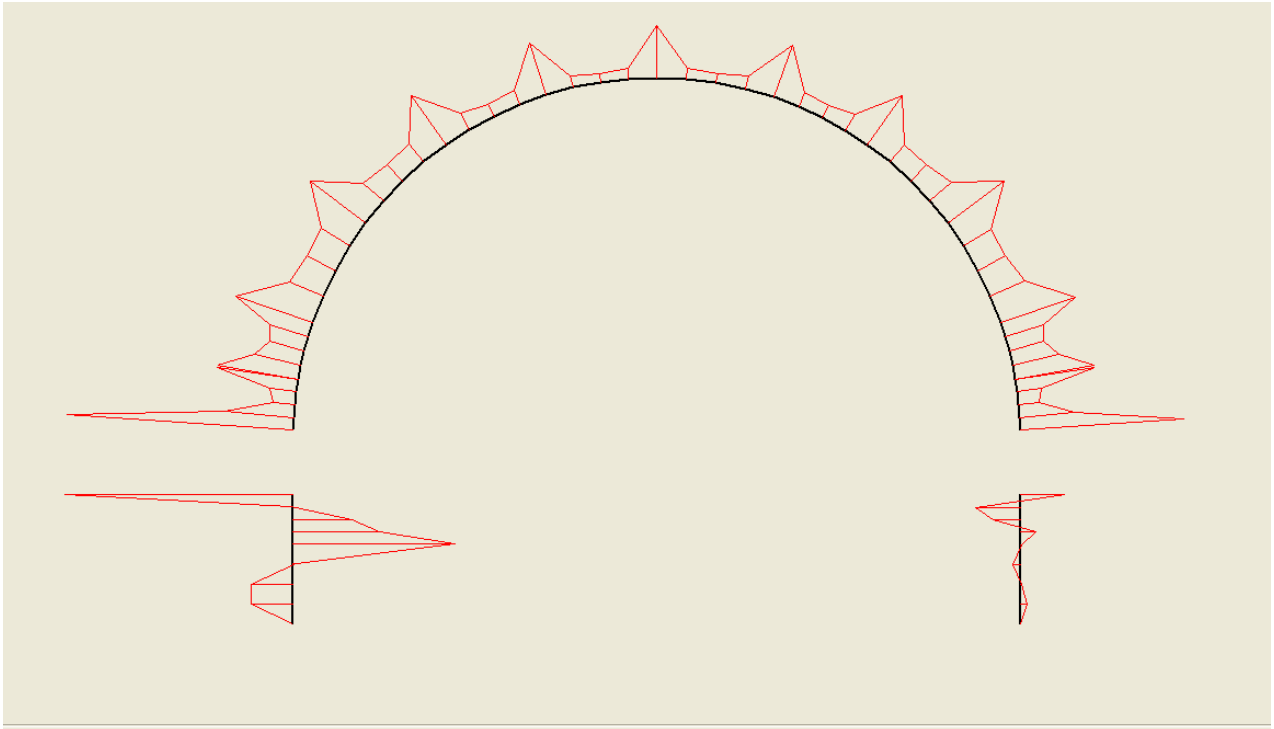
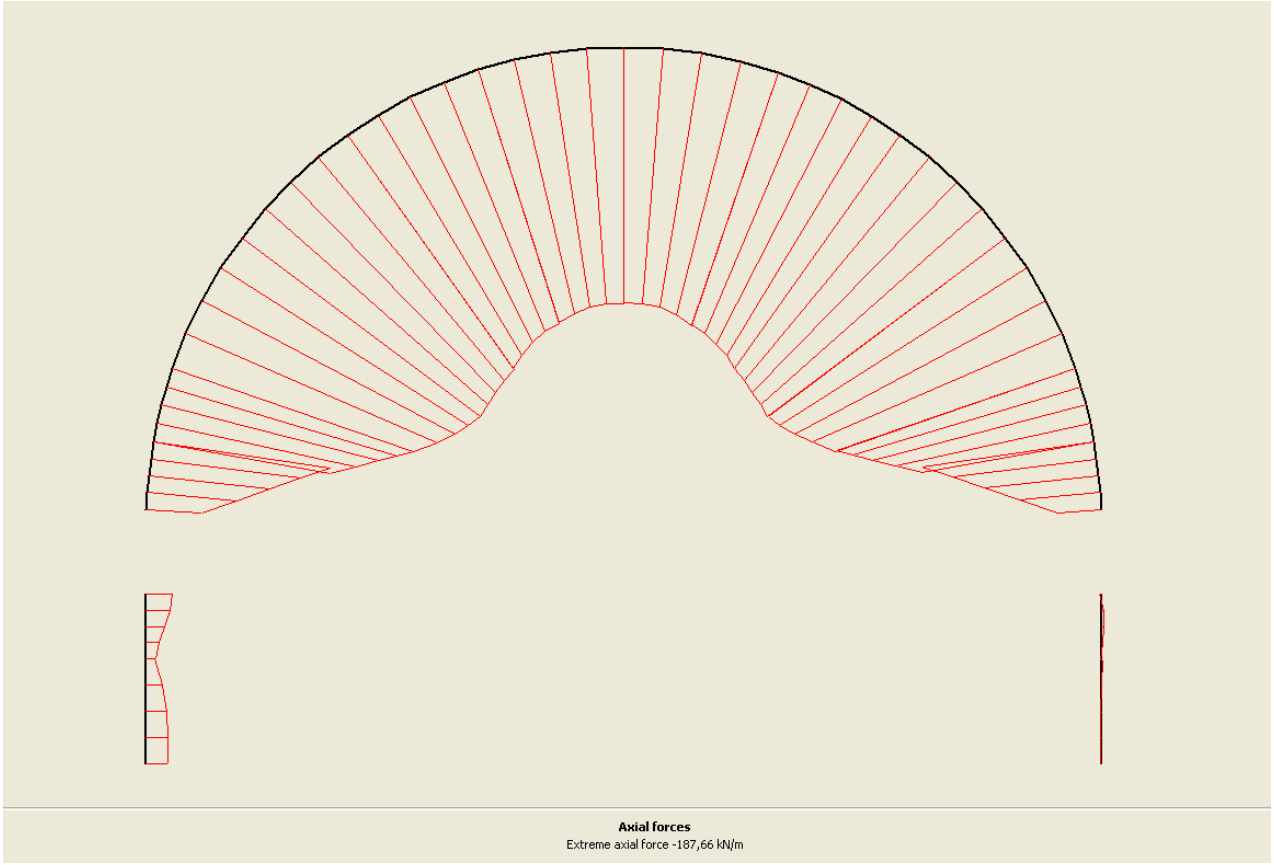


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 28 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams





12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1515	-8,617	0,789	0,585	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	1361	-4,799	1,992						
2	2115	-8,800	3,382	8,613	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	1879	-4,799	3,492						
3	2599	-8,350	6,112	6,225	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2351	-4,536	4,911						
4	3243	-7,090	8,552	5,507	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	2815	-3,837	6,226						
5	3867	-5,150	10,482	5,478	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3359	-2,777	7,257						
6	4451	-2,710	11,712	5,625	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	4003	-1,460	7,914						
7	5255	0,000	12,142	5,697	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4505	0,000	8,142						
8	5531	2,710	11,712	5,618	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5001	1,551	7,884						
9	6111	5,150	10,482	5,482	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5037	2,777	7,257						
10	6121	7,090	8,552	5,515	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5027	3,837	6,226						
11	5735	8,350	6,112	6,242	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4959	4,536	4,911						
12	5271	8,800	3,382	8,612	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4231	4,799	3,492						
13	5143	8,617	0,789	0,045	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4135	4,799	1,982						

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: ST-IV, Areniscas. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	56,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

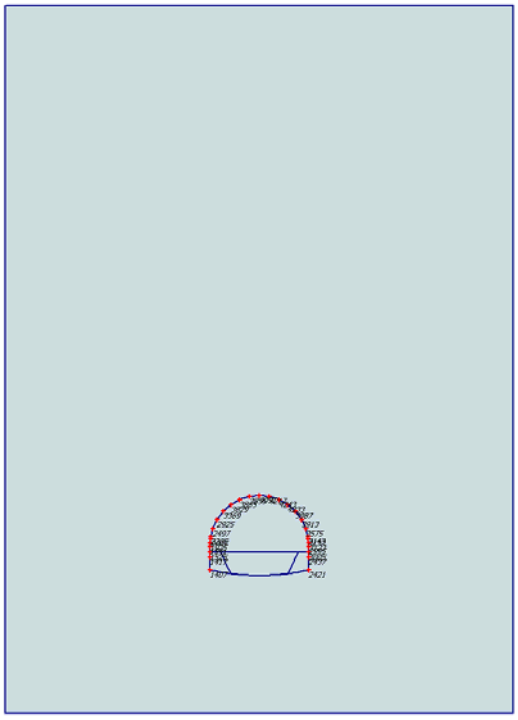


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

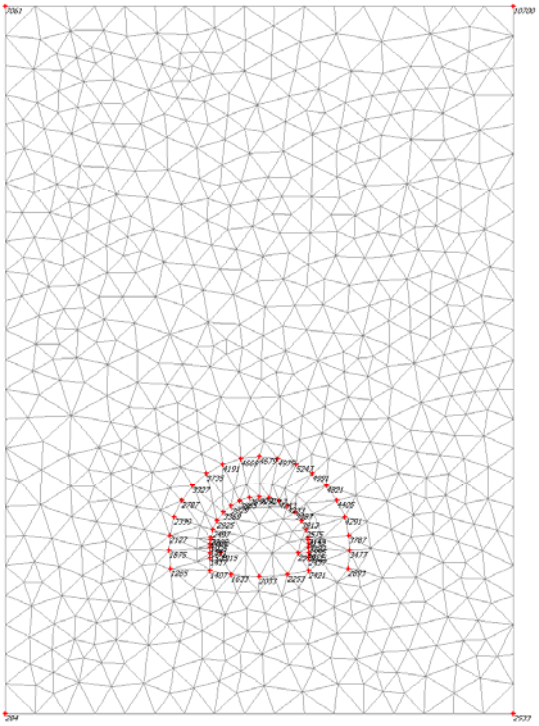


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

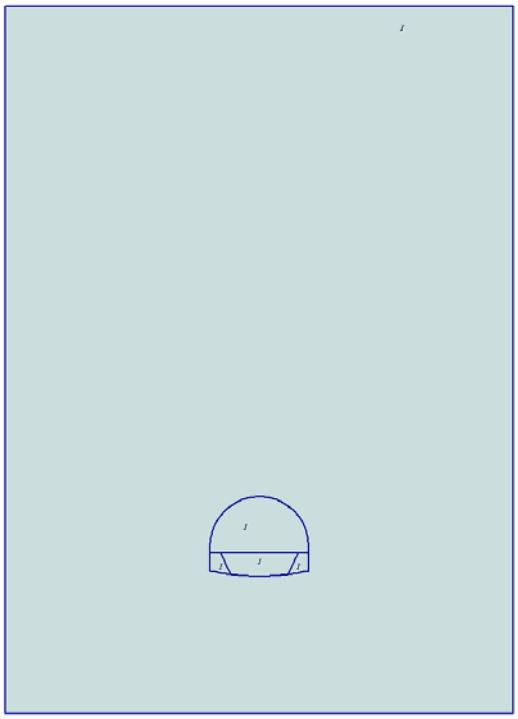


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Areniscas RMR_20**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00
γ_{sat}	[kN/m³]	26,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	1140000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	438461,538
E_{oed}	[kN/m²]	1534615,385
c_{ref}	[kN/m²]	210,00
φ	[°]	46,00
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	ST_IV Gunita 0,18 + Cercha TH_21	3,18E6	7760,00	4,70	0,20	1E15	1E15

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
2	ST_V Gunita 0,30 + Cercha HEB_180	5,72E6	40700,00	7,99	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	10
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	11	31
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	32	36
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	37	39
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	40	43
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	44	47

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

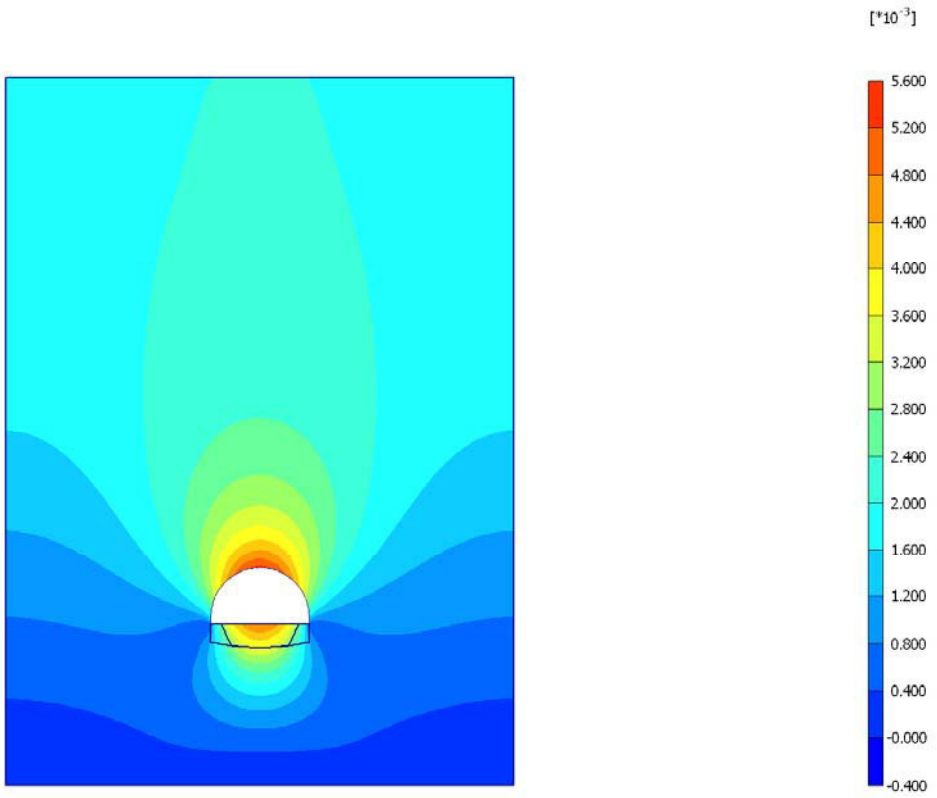


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

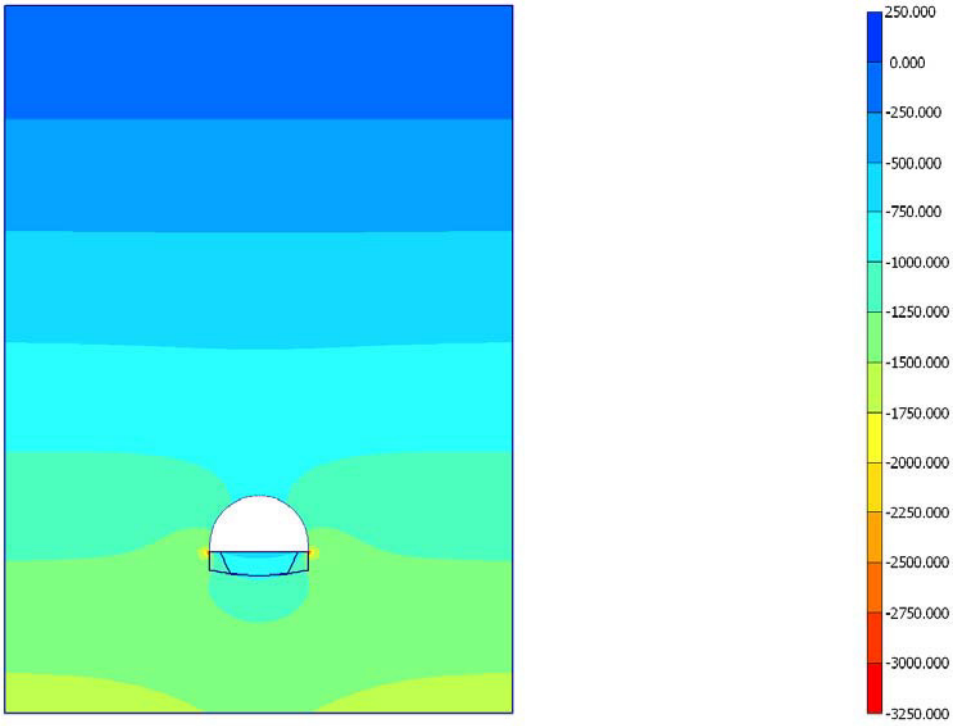


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

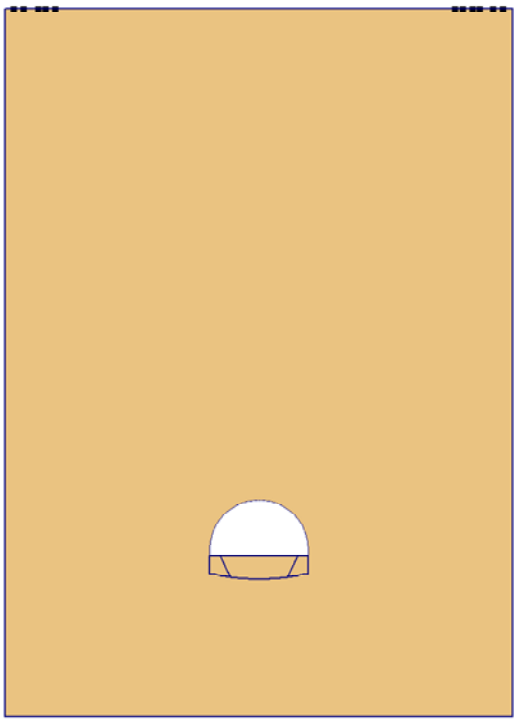


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *6.3. Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4679	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						
10	4975	1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
11	5247	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
12	4991	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
13	4821	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
14	3575	4,536	4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
15	4405	7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
16	3133	4,758	3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
17	3477	8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
18	2893	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
19	4191	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

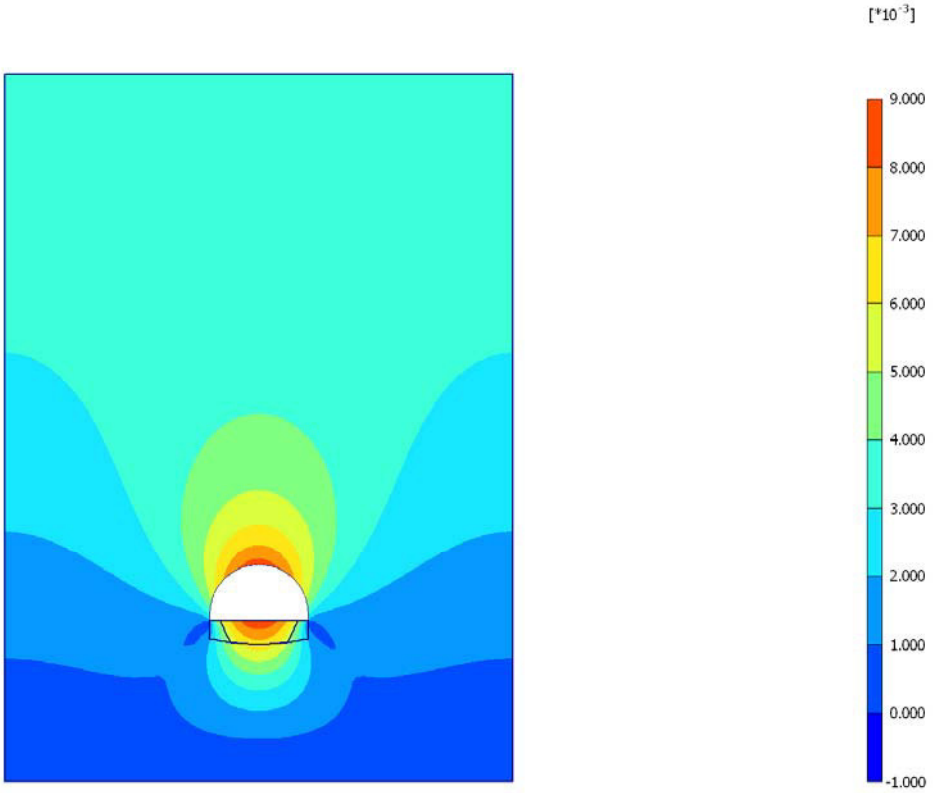


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 10 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

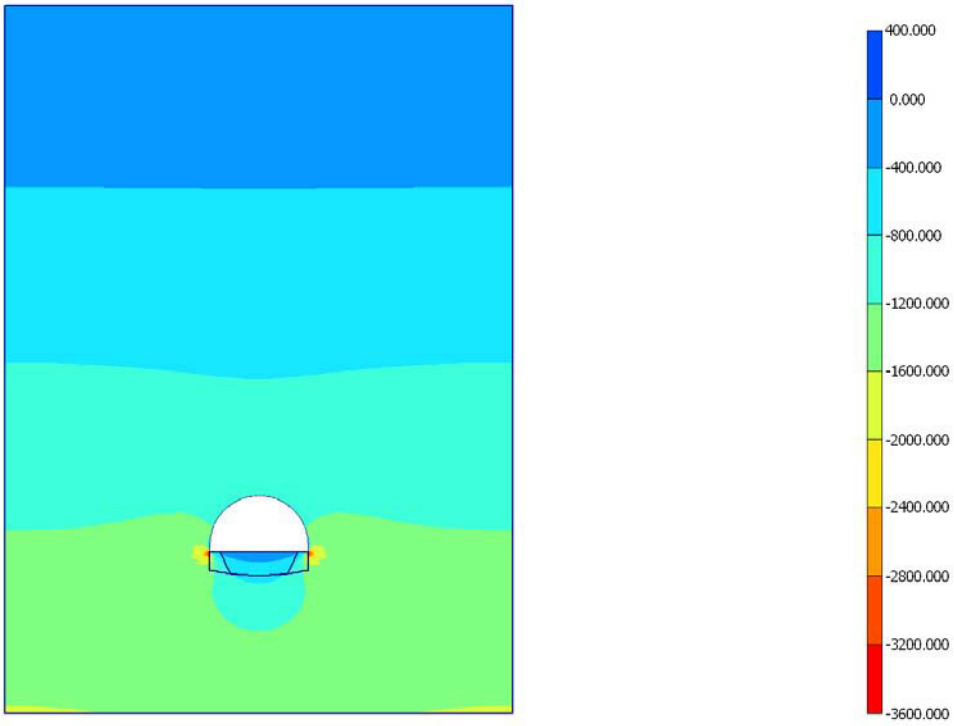


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 10 - (Phase: 2)

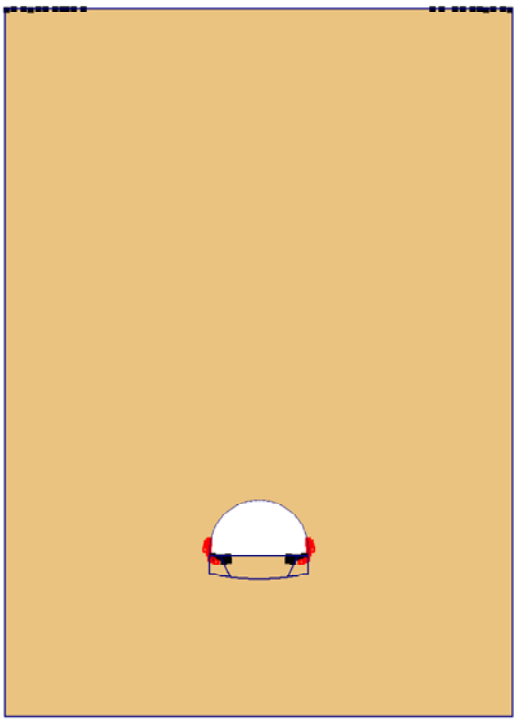


Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 10 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

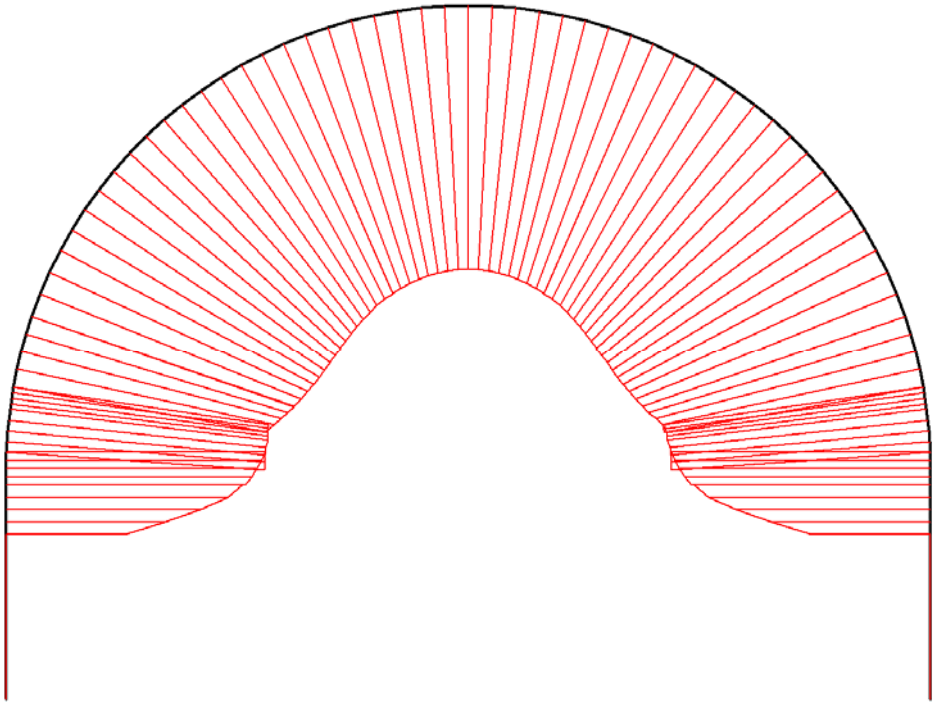


Fig. 10 Axial forces in beam
Extreme value -968,05 kN/m (Phase: 2)

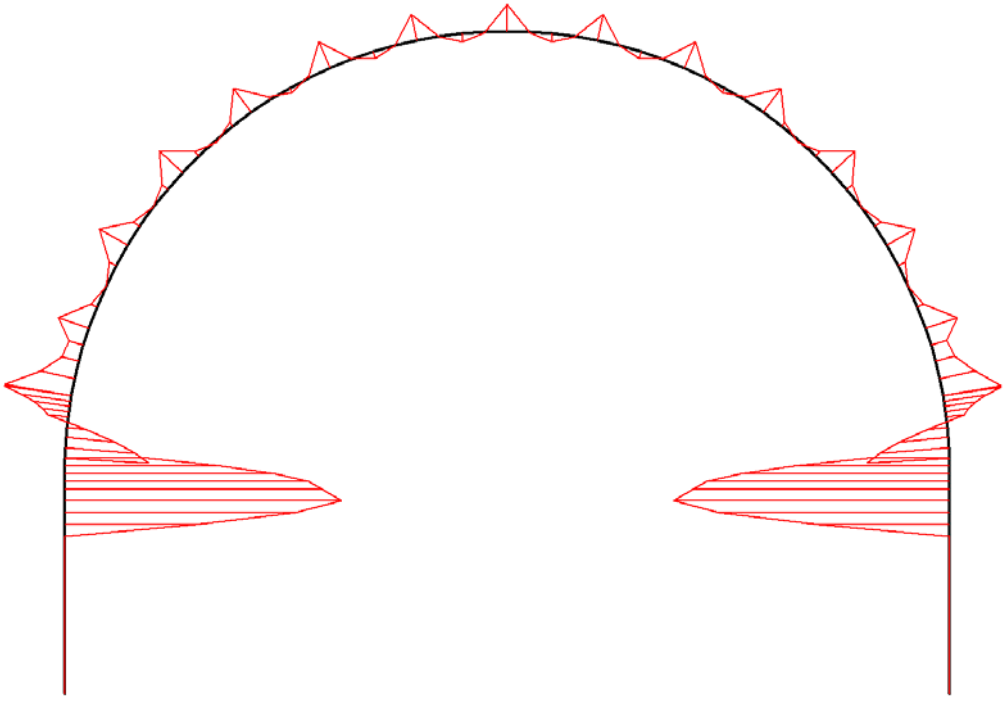


Fig. 11 Bending moments in beam
Extreme value 16,18 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	19,093	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	20,929	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	19,932	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	19,941	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	20,277	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	20,889	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	22,074	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4679	0,000	12,142	22,269	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						
10	4975	1,820	11,952	22,062	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
11	5247	3,560	11,392	21,556	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
12	4991	5,150	10,482	20,888	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
13	4821	6,510	9,262	20,288	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
14	3575	4,536	4,911	19,907	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
15	4405	7,600	7,782	19,965	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
16	3133	4,758	3,939	21,033	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
17	3477	8,800	2,882	19,100	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
18	2893	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
19	4191	-3,560	11,392	21,563	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

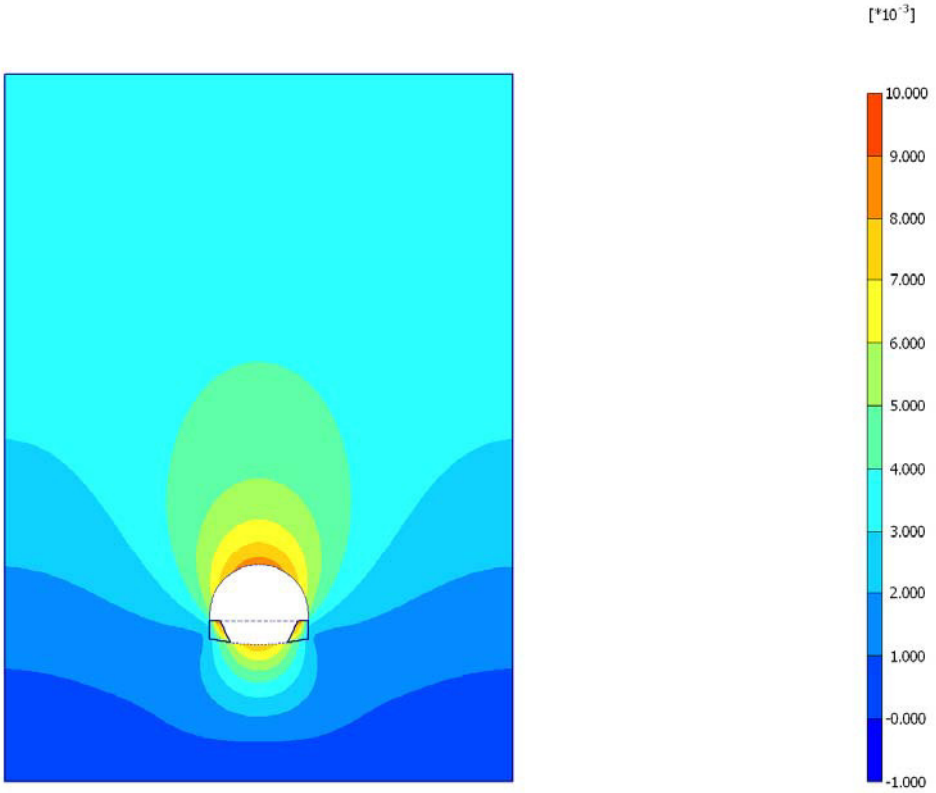


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 31 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

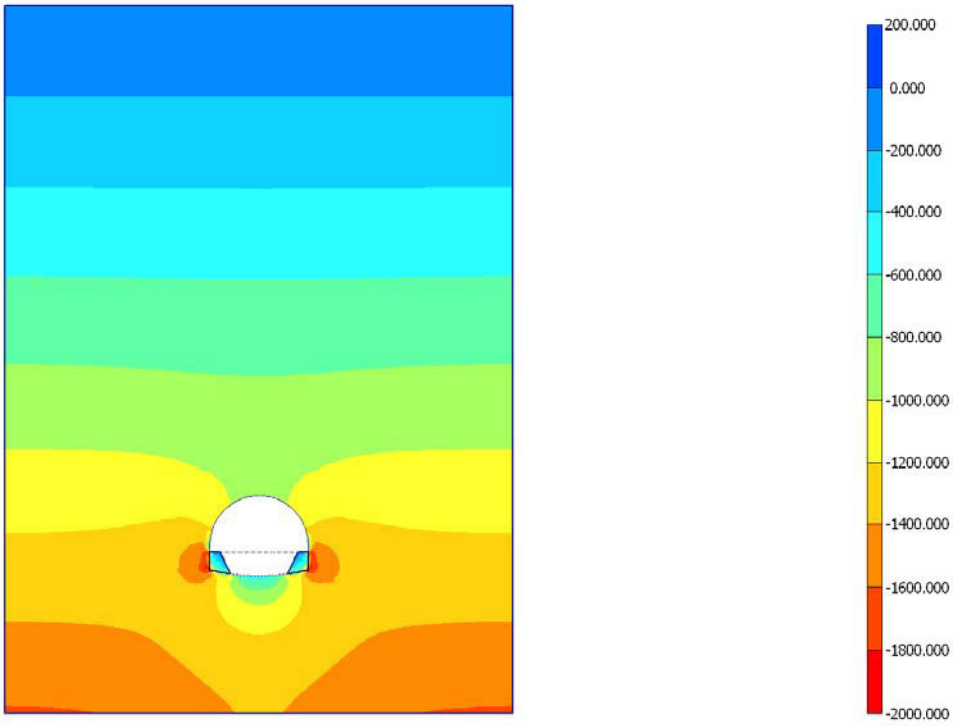


Fig. 13 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 31 - (Phase: 3)

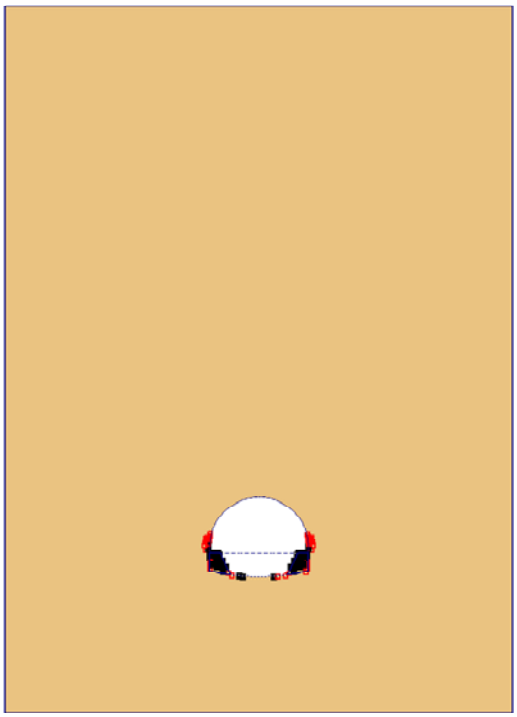


Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 31 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

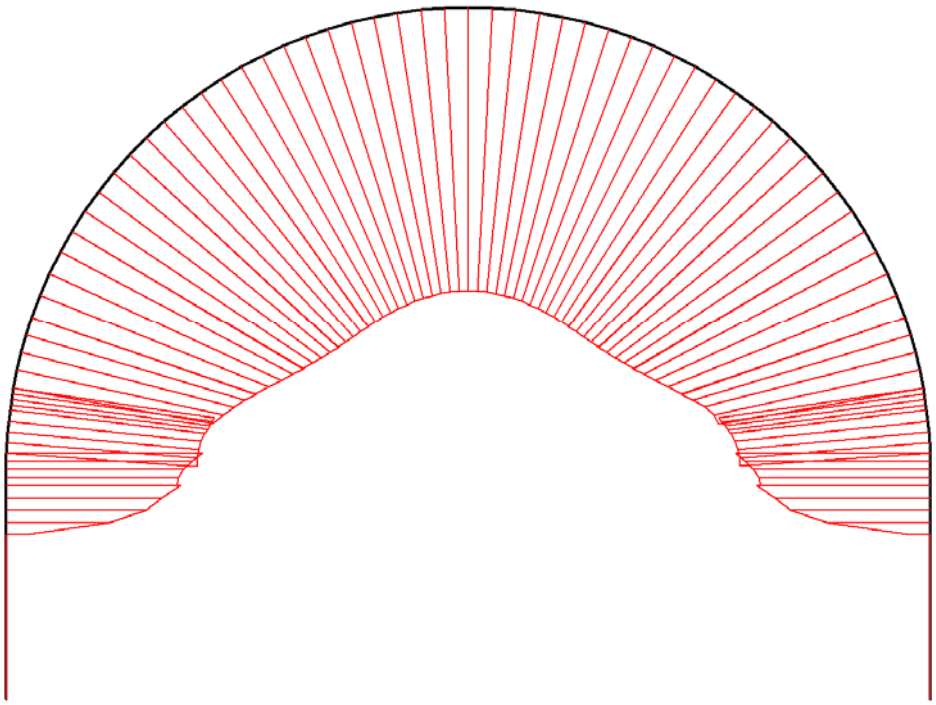


Fig. 15 Axial forces in beam
Extreme value -1,08*10^3 kN/m (Phase: 3)

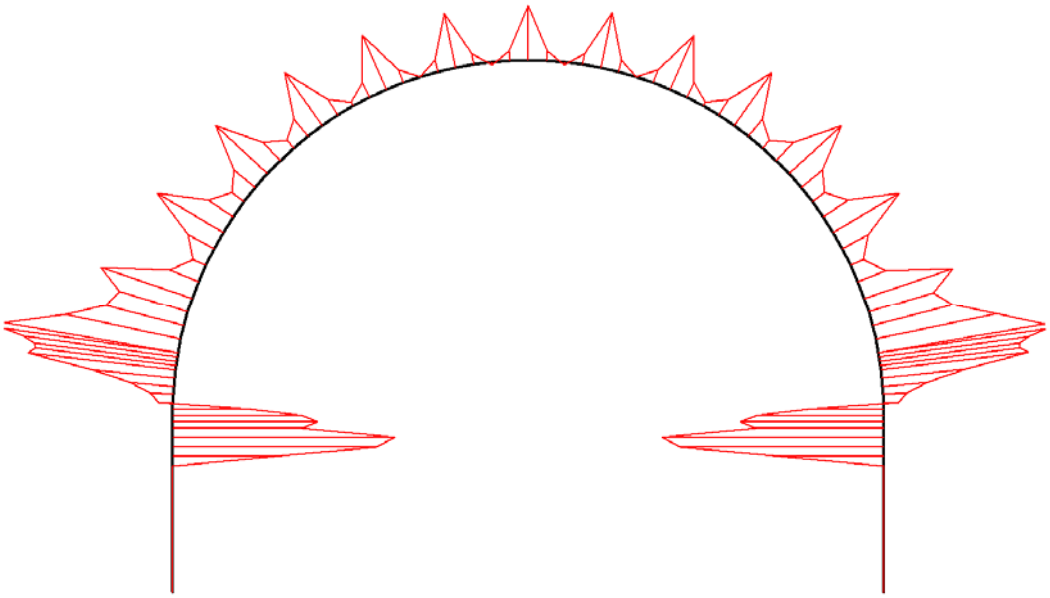


Fig. 16 Bending moments in beam
Extreme value 7,59 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	42,270	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	31,417	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	24,601	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	22,300	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	21,194	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	20,895	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	21,206	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4679	0,000	12,142	21,303	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						
10	4975	1,820	11,952	21,194	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
11	5247	3,560	11,392	20,994	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
12	4991	5,150	10,482	20,891	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
13	4821	6,510	9,262	21,200	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
14	3575	4,536	4,911	24,577	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
15	4405	7,600	7,782	22,322	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
16	3133	4,758	3,939	31,392	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
17	3477	8,800	2,882	42,242	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
18	2893	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
19	4191	-3,560	11,392	21,004	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

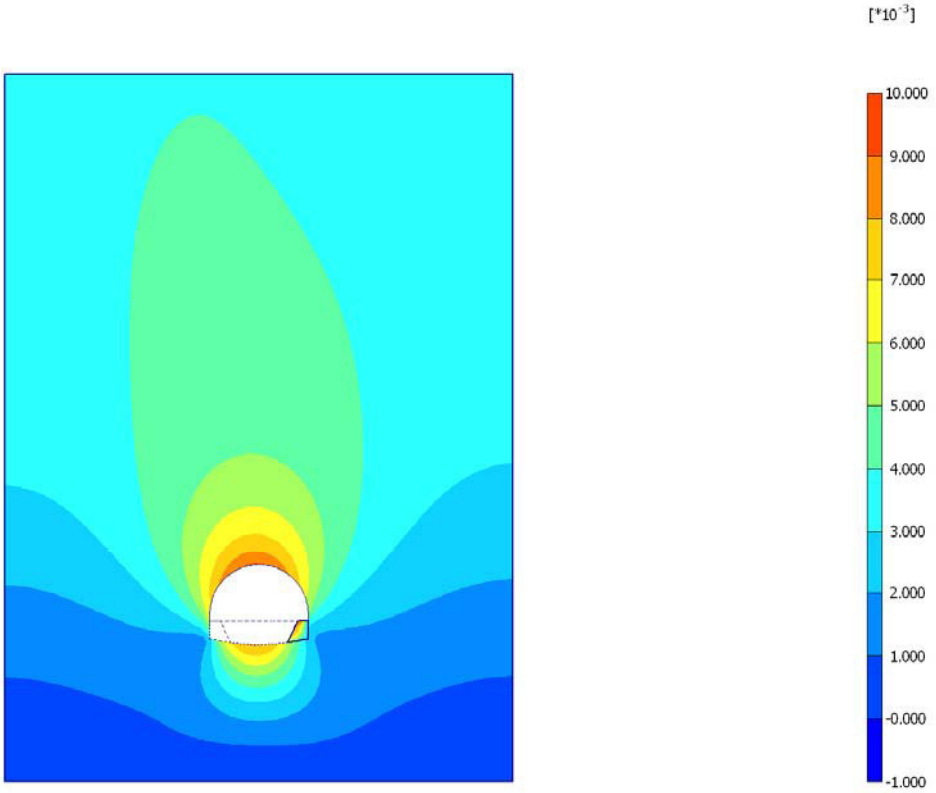


Fig. 17 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

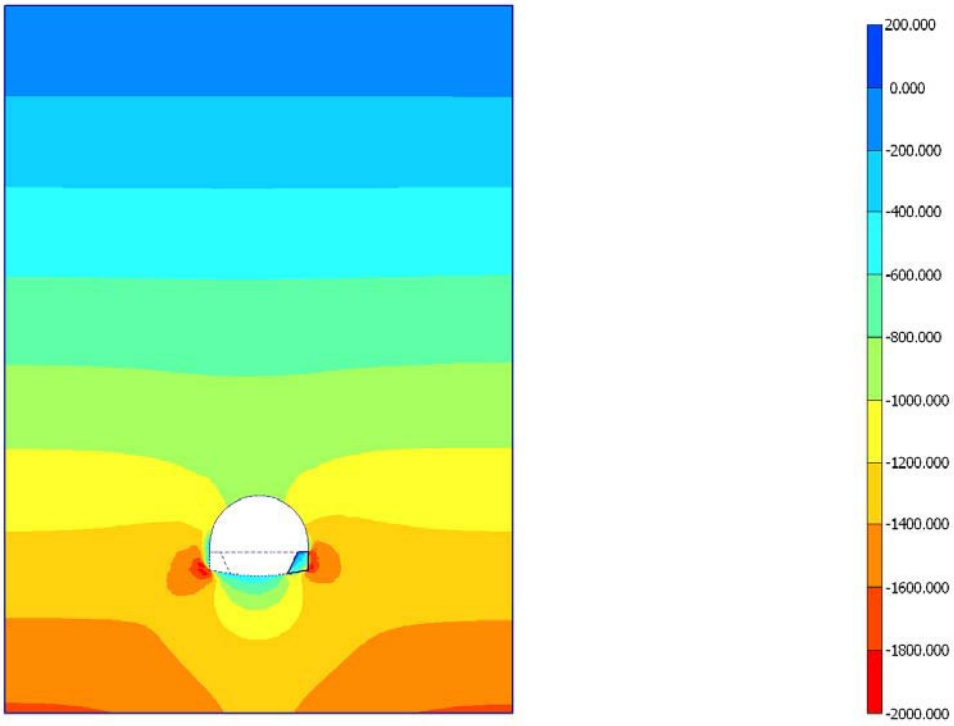


Fig. 18 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 4)

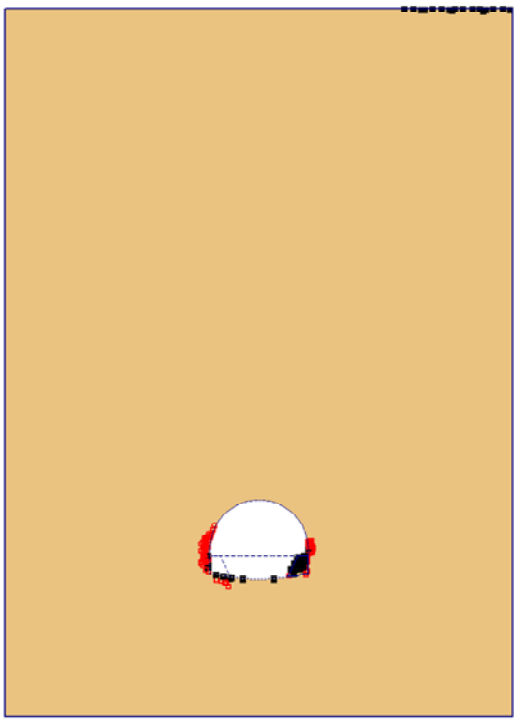


Fig. 19 Plot of plastic points
- Step no: 36 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

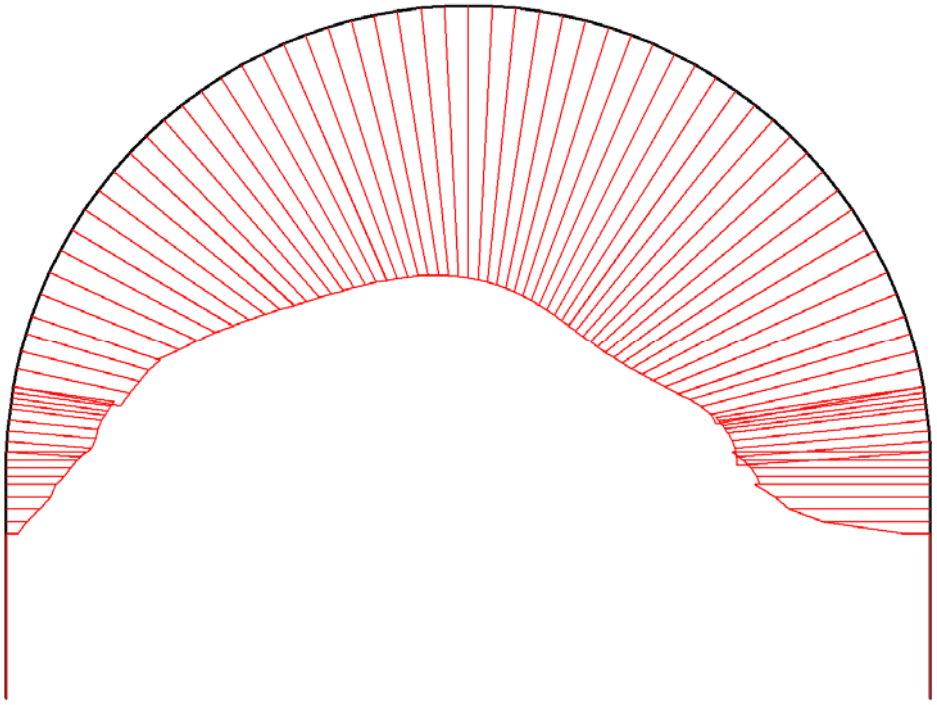


Fig. 20 Axial forces in beam
Extreme value -1,14*10^3 kN/m (Phase: 4)

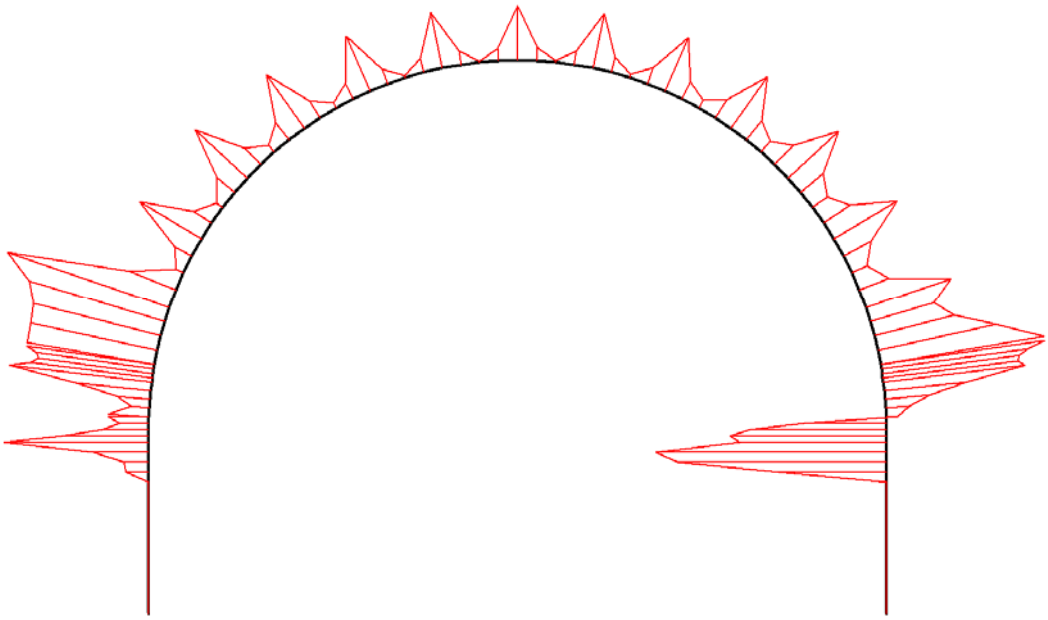


Fig. 21 Bending moments in beam
Extreme value 8,65 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	62,436	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	44,814	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	31,131	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	27,256	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	24,810	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	23,383	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	22,202	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4679	0,000	12,142	21,845	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						
10	4975	1,820	11,952	21,415	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
11	5247	3,560	11,392	20,997	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
12	4991	5,150	10,482	20,752	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
13	4821	6,510	9,262	20,986	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
14	3575	4,536	4,911	24,386	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
15	4405	7,600	7,782	22,095	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
16	3133	4,758	3,939	31,381	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
17	3477	8,800	2,882	42,514	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
18	2893	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
19	4191	-3,560	11,392	22,631	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						

10. Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

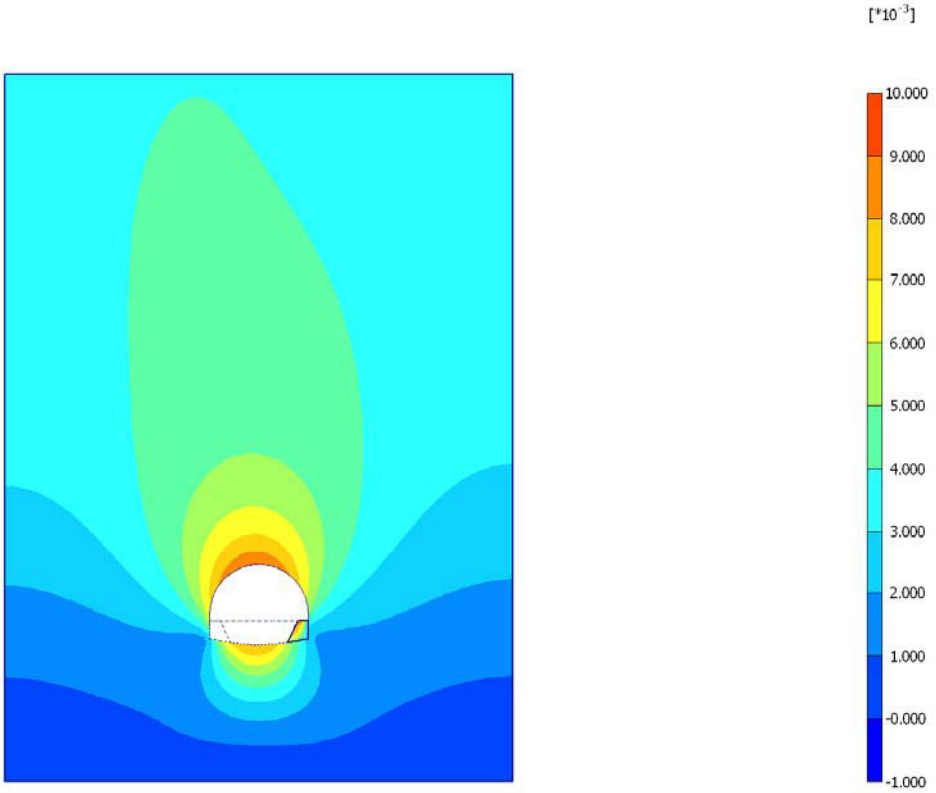


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 39 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

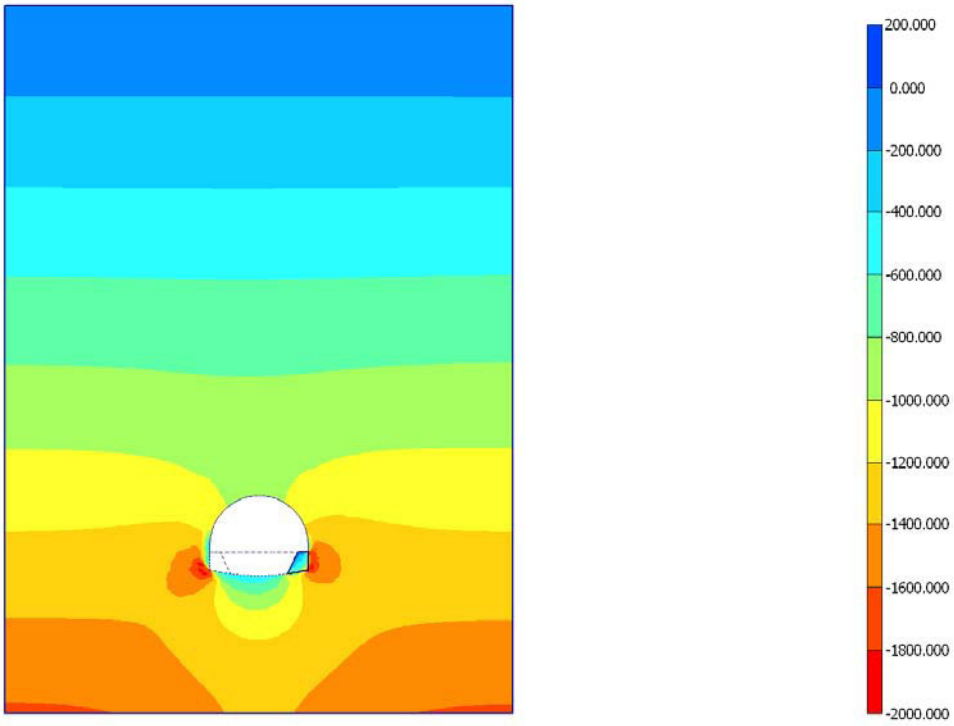


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 39 - (Phase: 5)

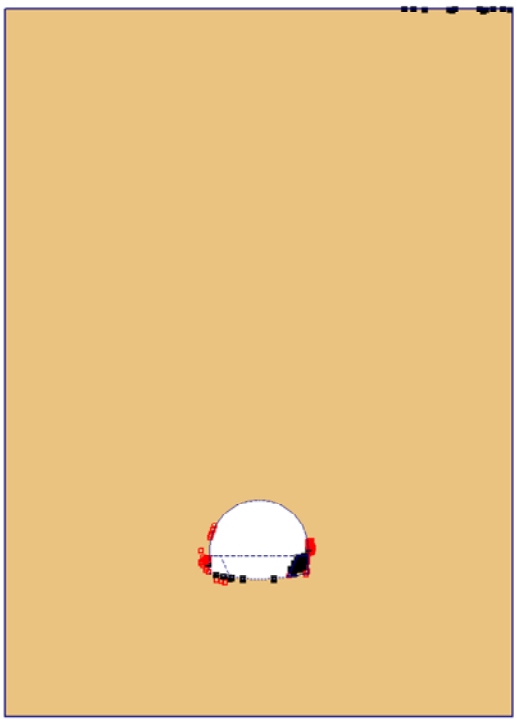


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 39 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

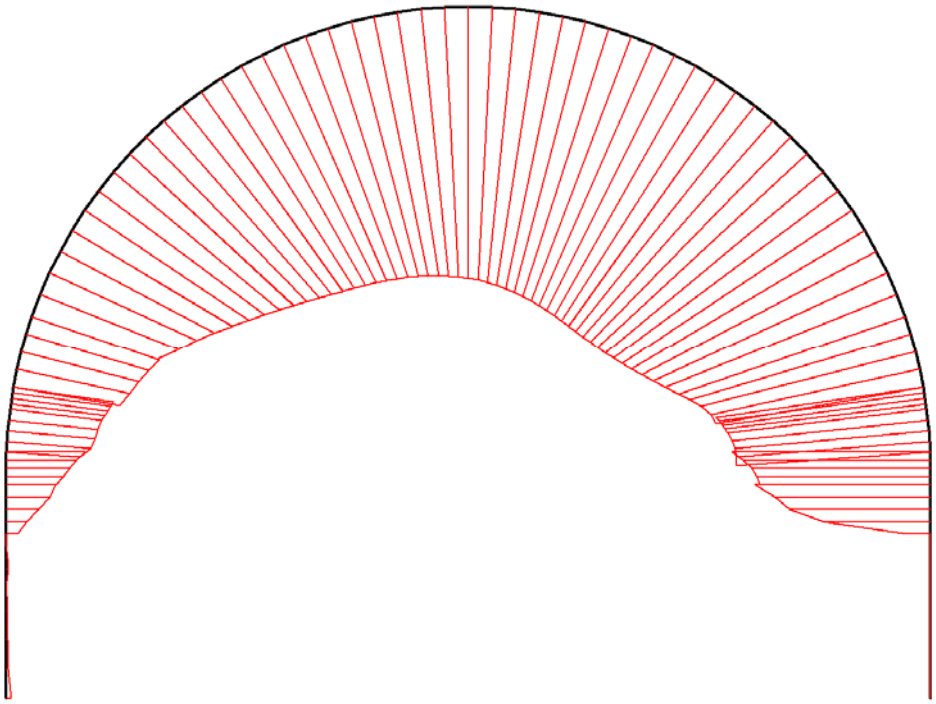


Fig. 25 Axial forces in beam
Extreme value -1,14*10^3 kN/m (Phase: 5)

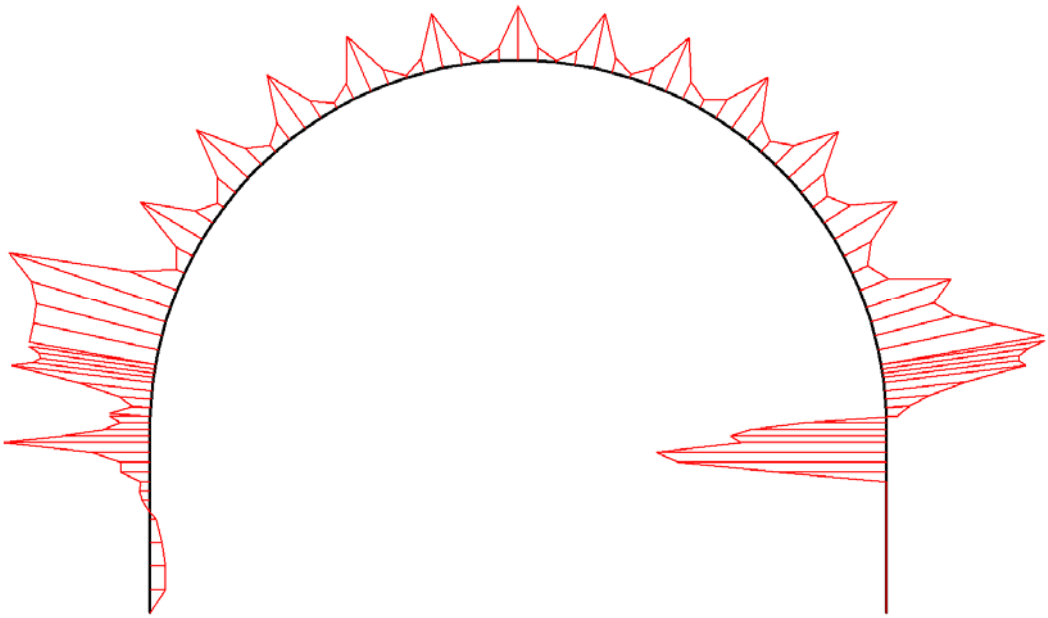


Fig. 26 Bending moments in beam
Extreme value 8,66 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	0,298	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	62,428	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	44,830	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	31,160	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	27,277	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	24,827	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	23,396	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	22,208	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4679	0,000	12,142	21,849	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						
10	4975	1,820	11,952	21,418	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
11	5247	3,560	11,392	20,999	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
12	4991	5,150	10,482	20,754	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
13	4821	6,510	9,262	20,989	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
14	3575	4,536	4,911	24,392	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
15	4405	7,600	7,782	22,099	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
16	3133	4,758	3,939	31,396	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
17	3477	8,800	2,882	42,551	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
18	2893	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
19	4191	-3,560	11,392	22,640	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

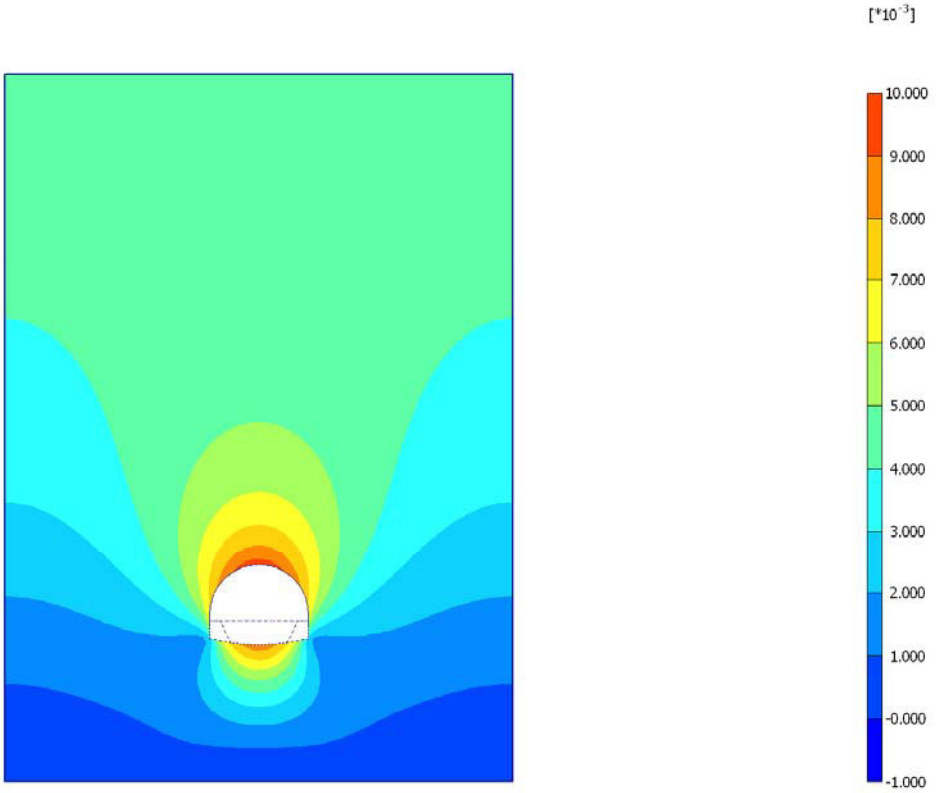


Fig. 27 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 43 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

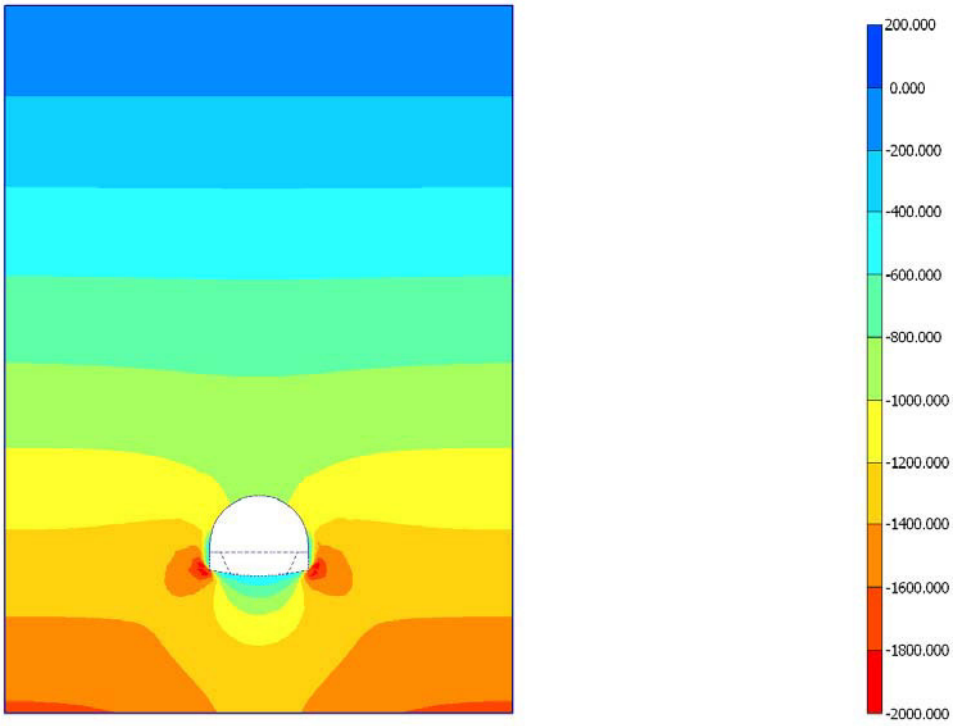


Fig. 28 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 43 - (Phase: 6)

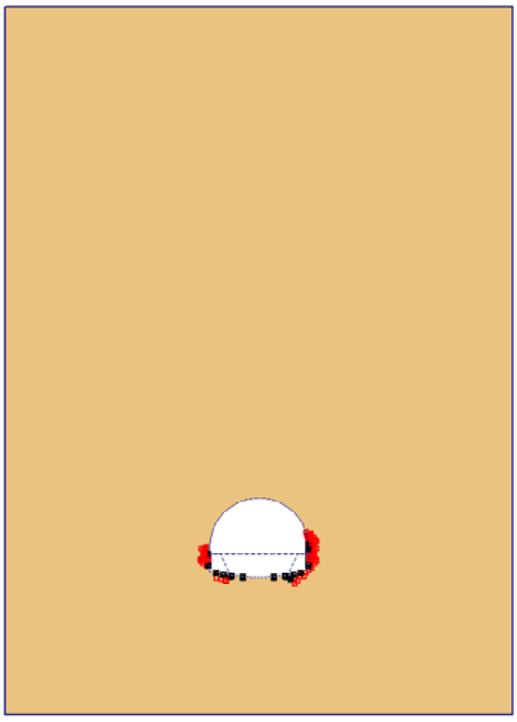


Fig. 29 Plot of plastic points
- Step no: 43 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

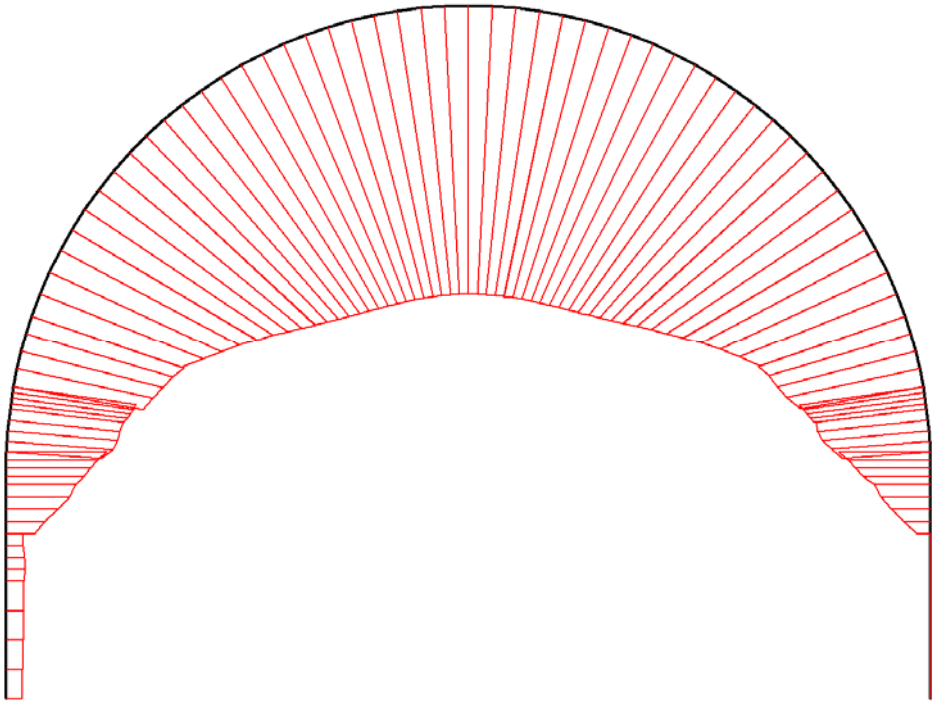


Fig. 30 Axial forces in beam
Extreme value -1,10*10^3 kN/m (Phase: 6)

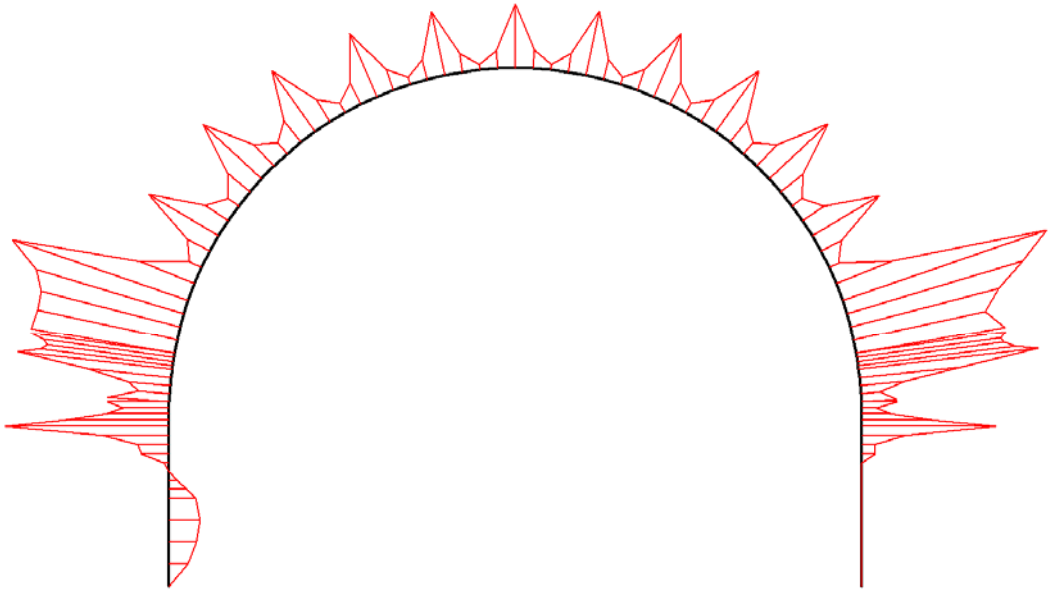


Fig. 31 Bending moments in beam
Extreme value -7,62 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	1,066	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	62,573	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	44,625	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	30,844	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	26,949	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	24,542	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	23,209	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	22,414	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4679	0,000	12,142	22,390	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						
10	4975	1,820	11,952	22,432	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
11	5247	3,560	11,392	22,667	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
12	4991	5,150	10,482	23,317	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
13	4821	6,510	9,262	24,726	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
14	3575	4,536	4,911	30,828	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
15	4405	7,600	7,782	27,208	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
16	3133	4,758	3,939	45,537	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
17	3477	8,800	2,882	64,374	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
18	2893	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
19	4191	-3,560	11,392	22,611	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						

12. Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

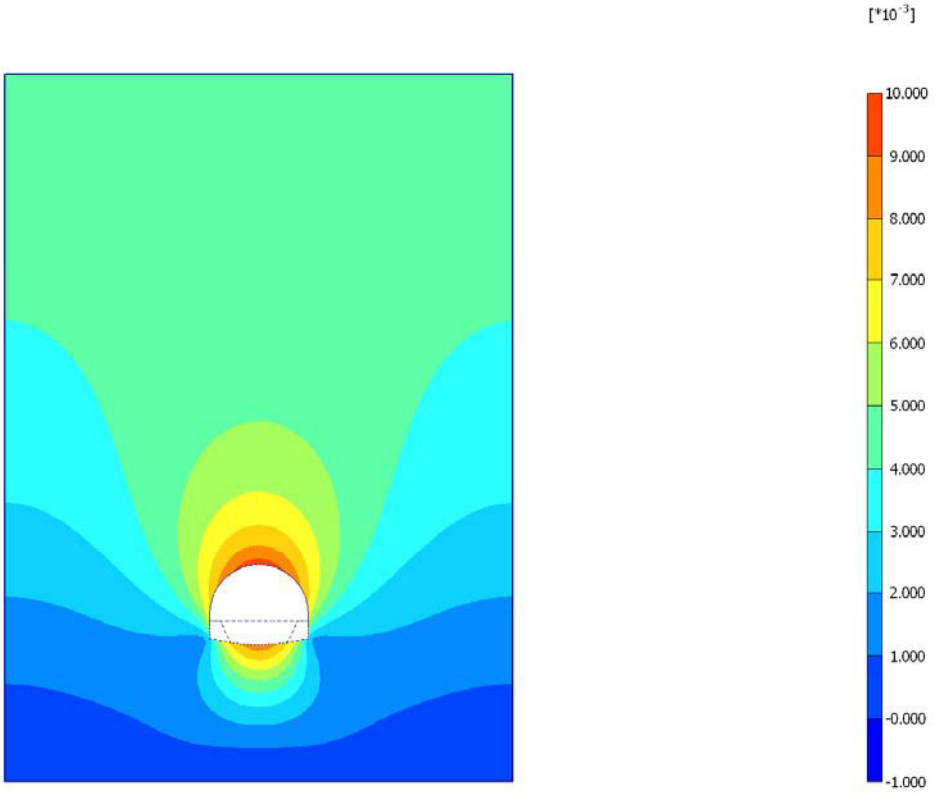


Fig. 32 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 47 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

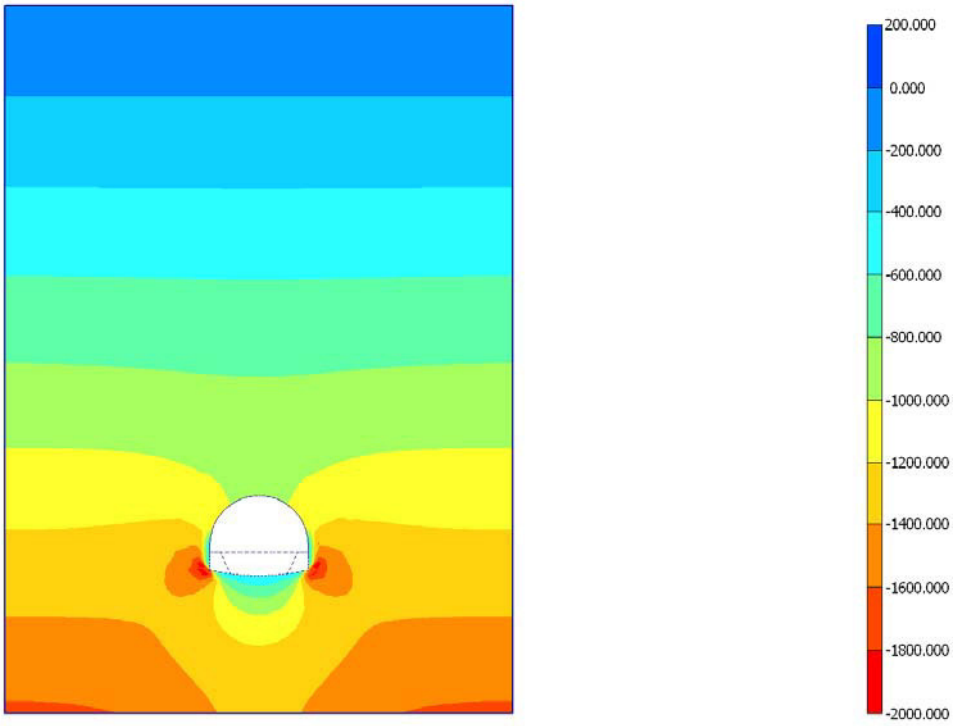


Fig. 33 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 47 - (Phase: 7)

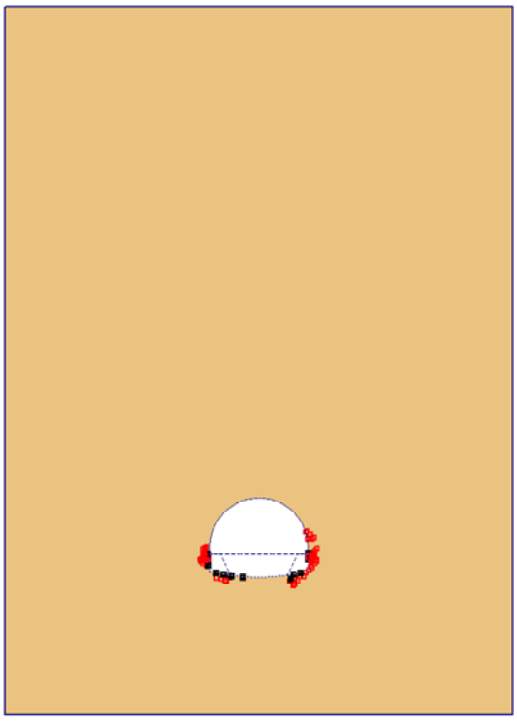


Fig. 34 Plot of plastic points
- Step no: 47 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

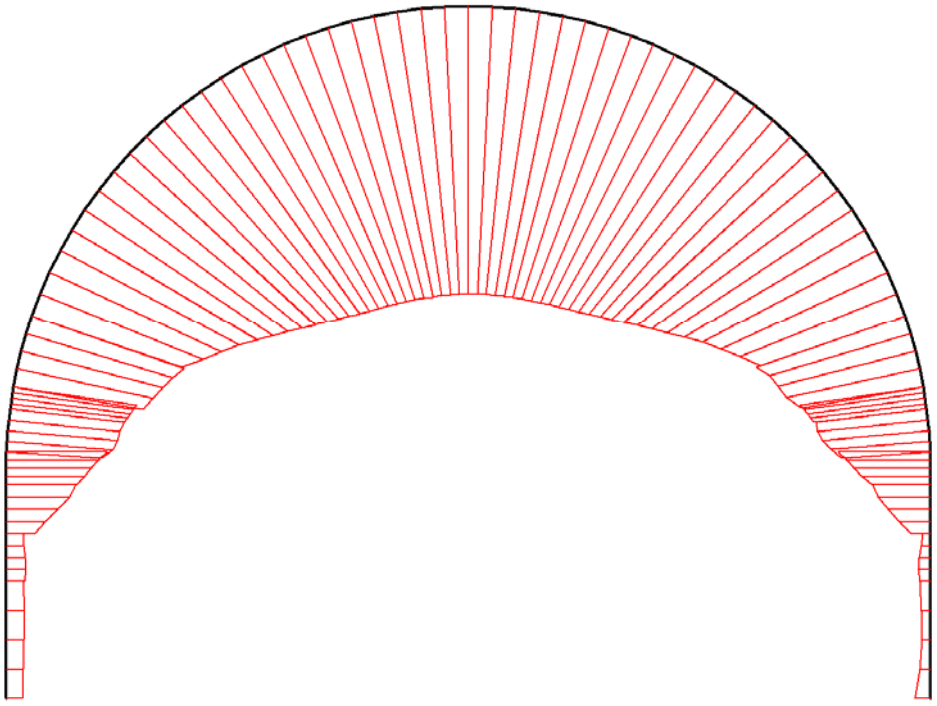


Fig. 35 Axial forces in beam
Extreme value -1,10*10^3 kN/m (Phase: 7)

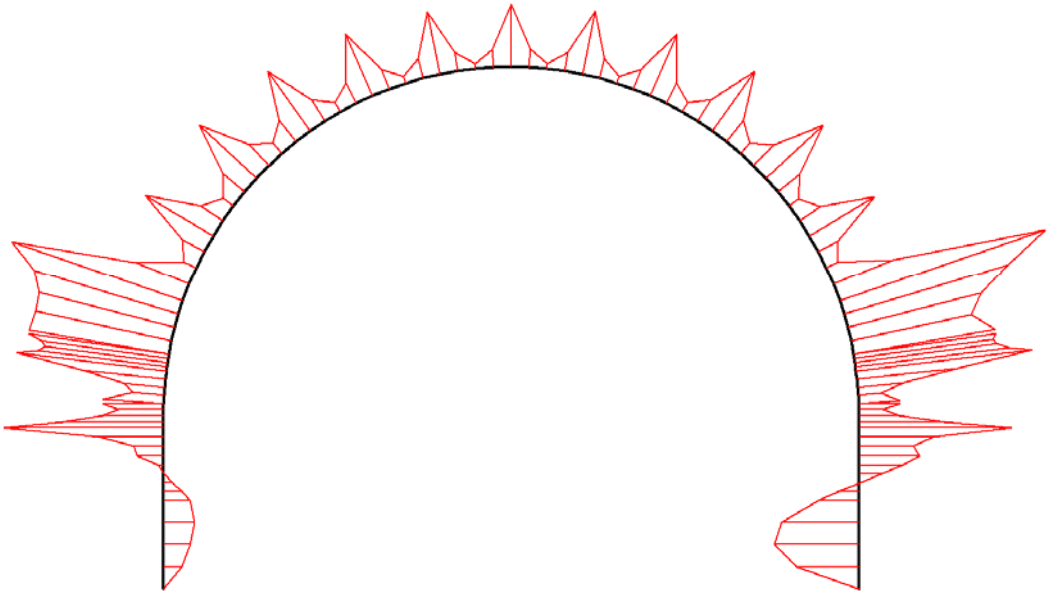


Fig. 36 Bending moments in beam
Extreme value -7,86 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	1,118	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	62,589	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	44,623	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	30,842	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	26,945	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	24,538	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	23,207	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	22,418	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4679	0,000	12,142	22,400	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						
10	4975	1,820	11,952	22,449	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
11	5247	3,560	11,392	22,694	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
12	4991	5,150	10,482	23,355	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
13	4821	6,510	9,262	24,773	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
14	3575	4,536	4,911	30,926	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
15	4405	7,600	7,782	27,251	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
16	3133	4,758	3,939	45,606	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
17	3477	8,800	2,882	64,381	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
18	2893	8,654	1,089	2,292	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
19	4191	-3,560	11,392	22,612	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: ST-V, CS-5 Areniscas. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	56,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

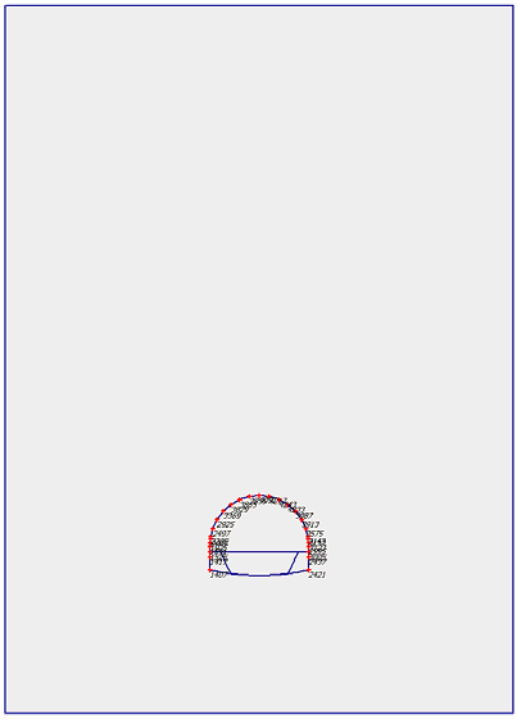


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

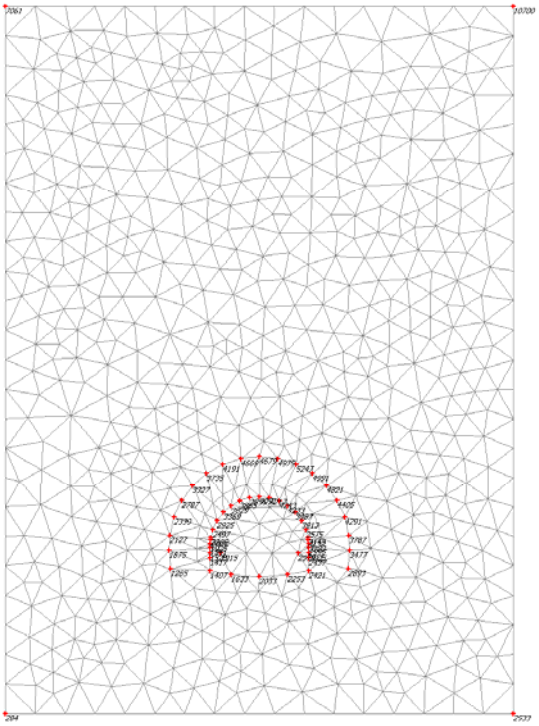


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

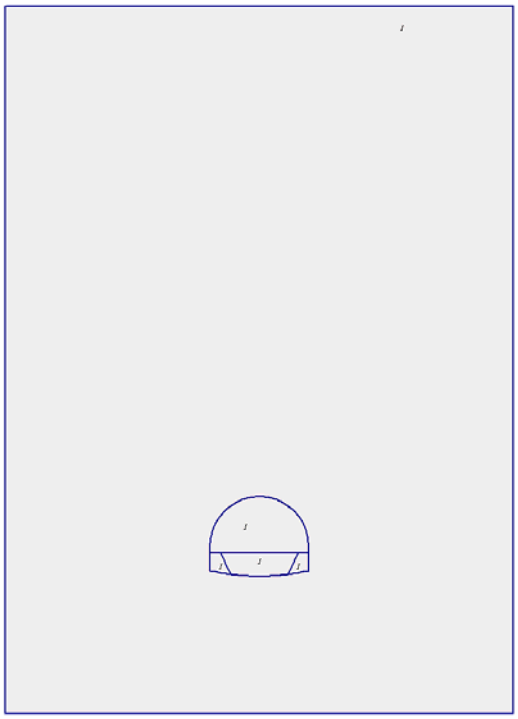


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Areniscas RMR_10**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00
γ_{sat}	[kN/m³]	26,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	760000,000
ν	[-]	0,200
G_{ref}	[kN/m²]	316666,667
E_{oed}	[kN/m²]	844444,444
c_{ref}	[kN/m²]	130,00
φ	[°]	39,70
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	ST_IV Gunita 0,18 + Cercha TH_21	3,18E6	7760,00	4,70	0,20	1E15	1E15

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
2	ST_V Gunita 0,30 + Cercha HEB_180	5,72E6	40700,00	7,99	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	11
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	12	40
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	41	50
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	51	52
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	53	60
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	61	62

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

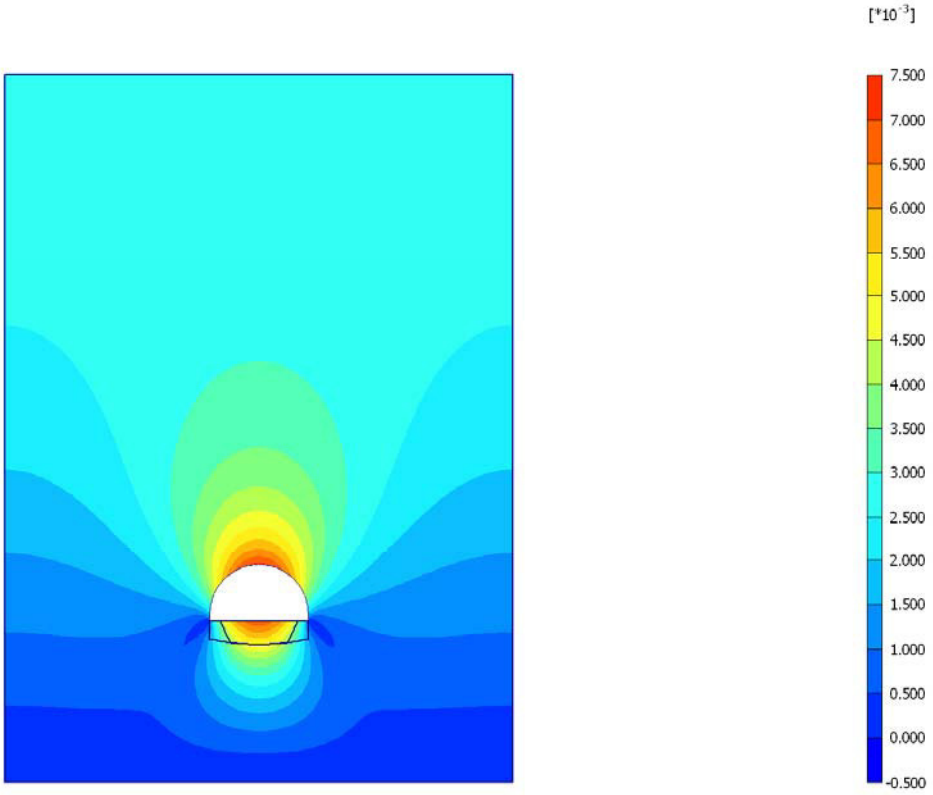


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

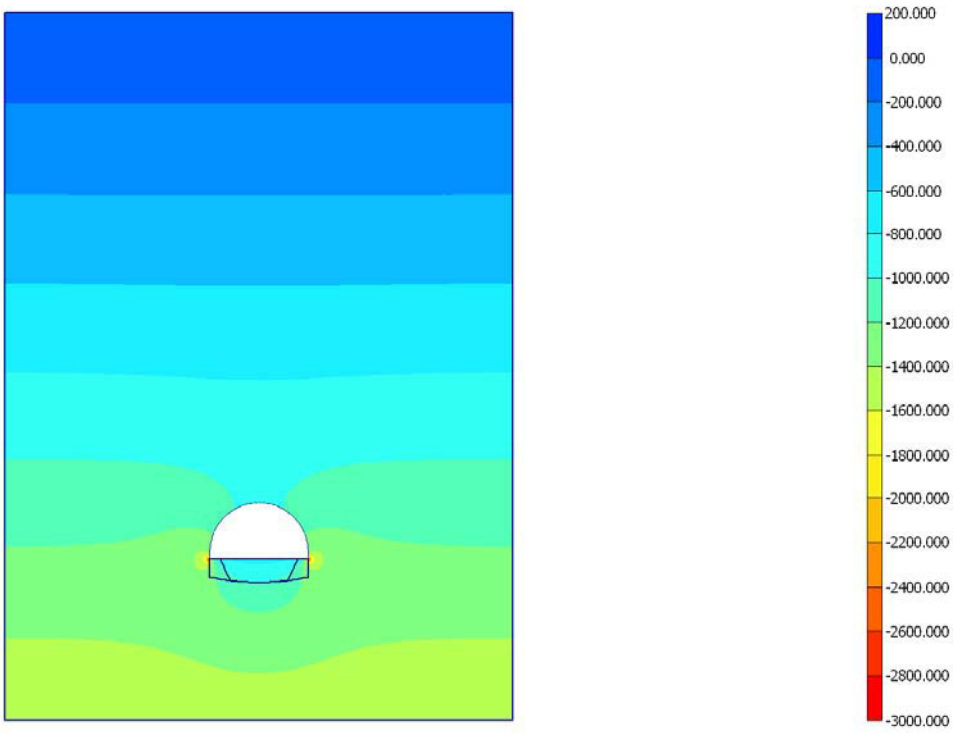


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

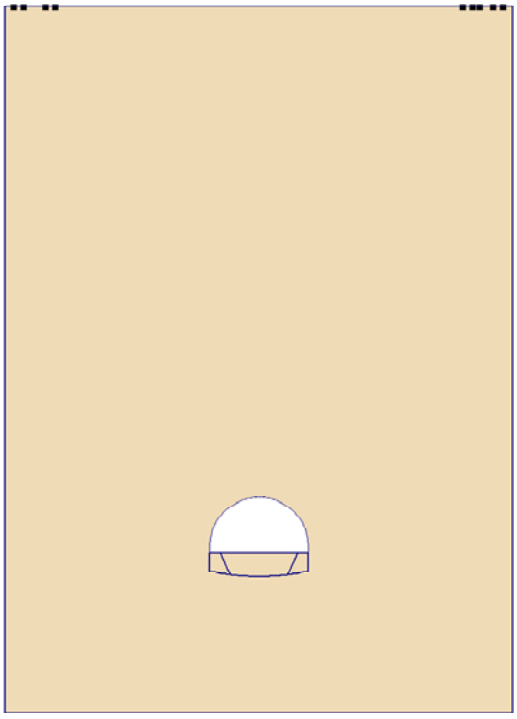


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4975	1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
10	5247	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
11	4991	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
12	4821	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
13	3575	4,536	4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
14	4405	7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
15	3133	4,758	3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
16	3477	8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
17	2893	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
18	4191	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						
19	4679	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

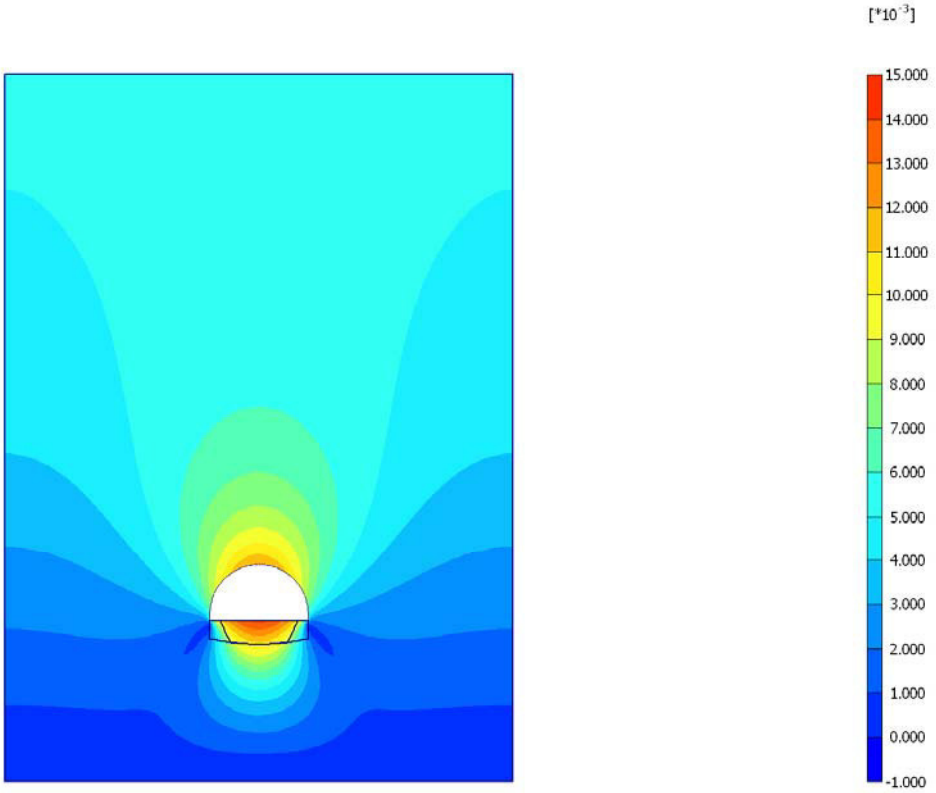


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 11 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

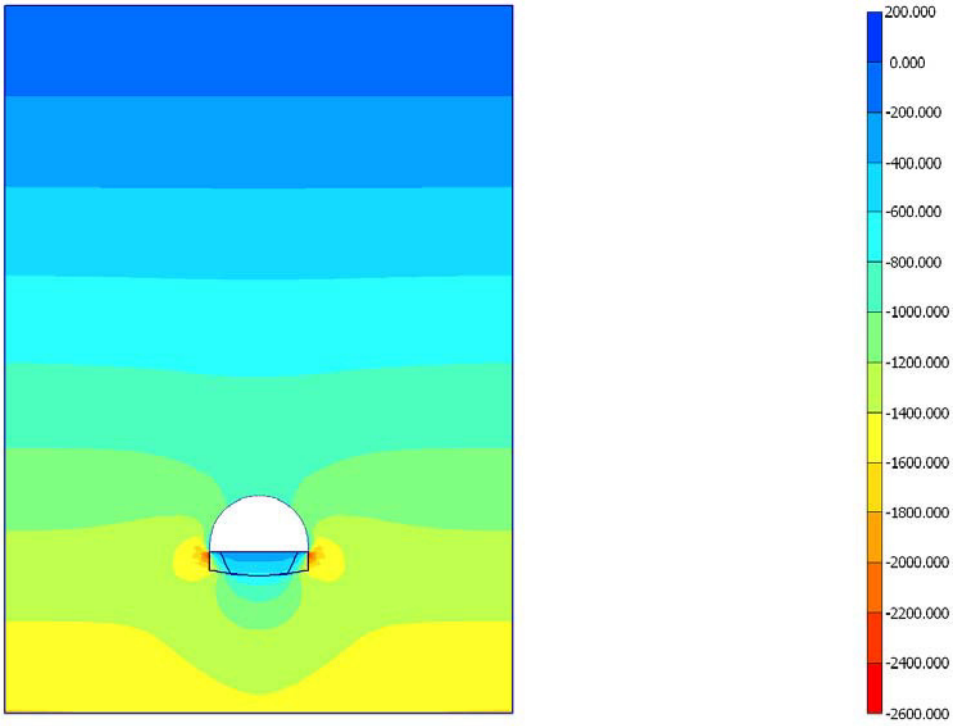


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 11 - (Phase: 2)

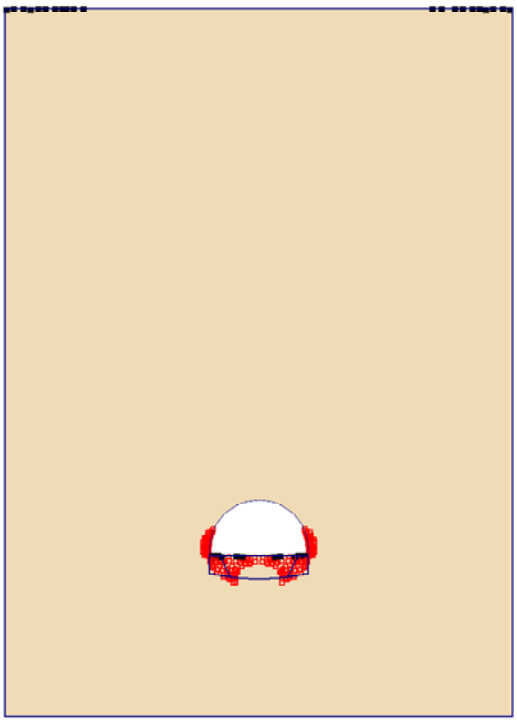


Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 11 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

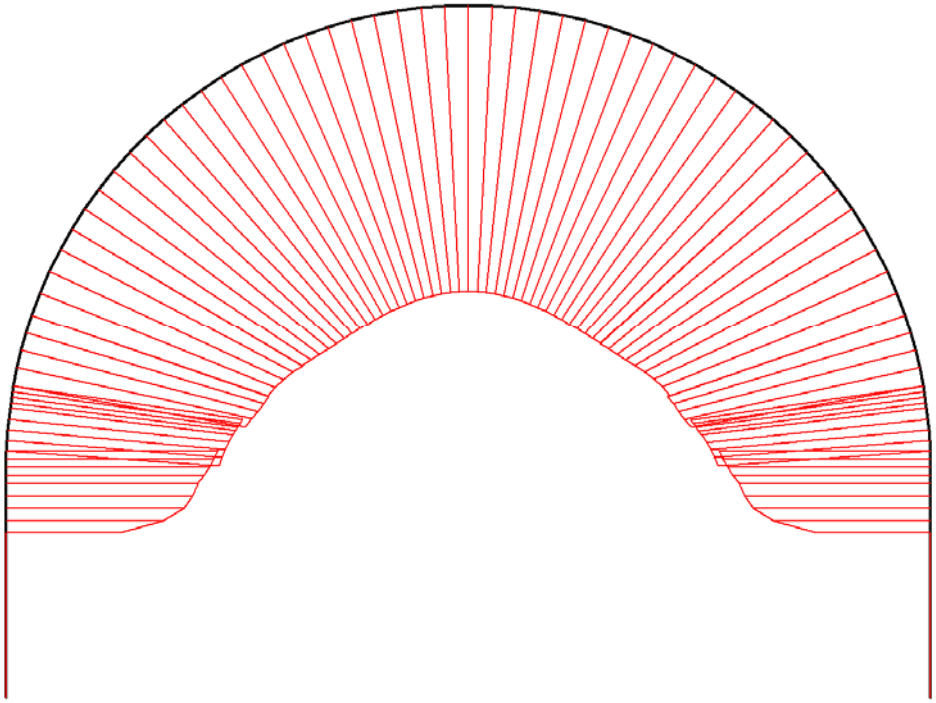


Fig. 10 Axial forces in beam
Extreme value -1,53*10^3 kN/m (Phase: 2)

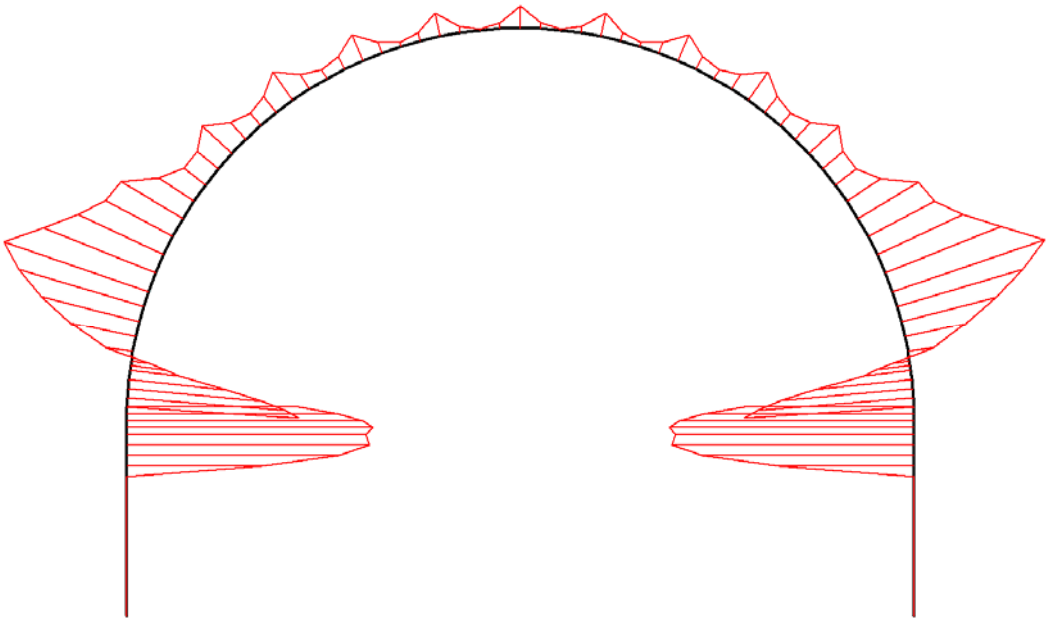


Fig. 11 Bending moments in beam
Extreme value 36,49 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	46,369	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	43,715	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	32,104	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	27,437	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	26,694	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	26,814	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	27,735	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4975	1,820	11,952	27,709	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
10	5247	3,560	11,392	27,258	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
11	4991	5,150	10,482	26,815	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
12	4821	6,510	9,262	26,725	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
13	3575	4,536	4,911	31,895	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
14	4405	7,600	7,782	27,445	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
15	3133	4,758	3,939	43,599	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
16	3477	8,800	2,882	46,284	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
17	2893	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
18	4191	-3,560	11,392	27,267	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						
19	4679	0,000	12,142	27,925	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

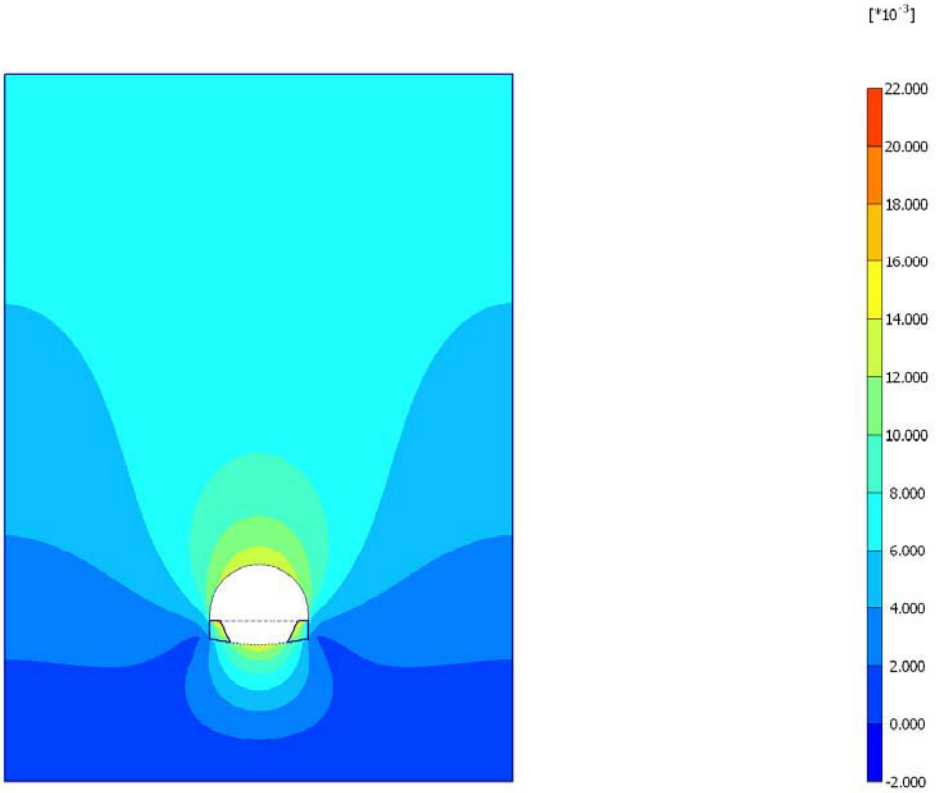


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 40 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

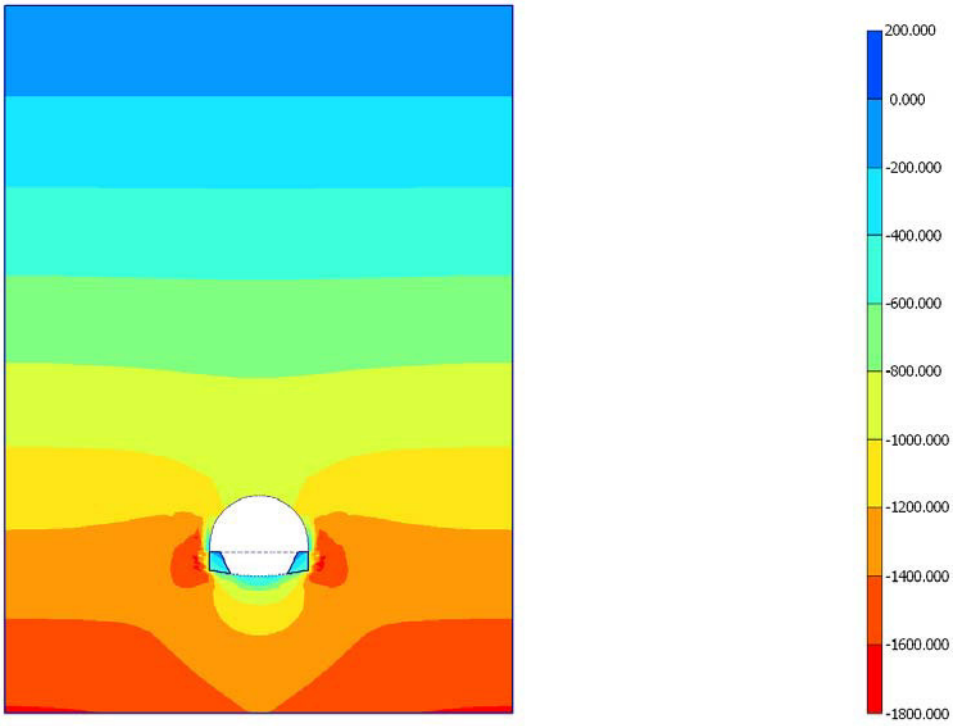


Fig. 13 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 40 - (Phase: 3)

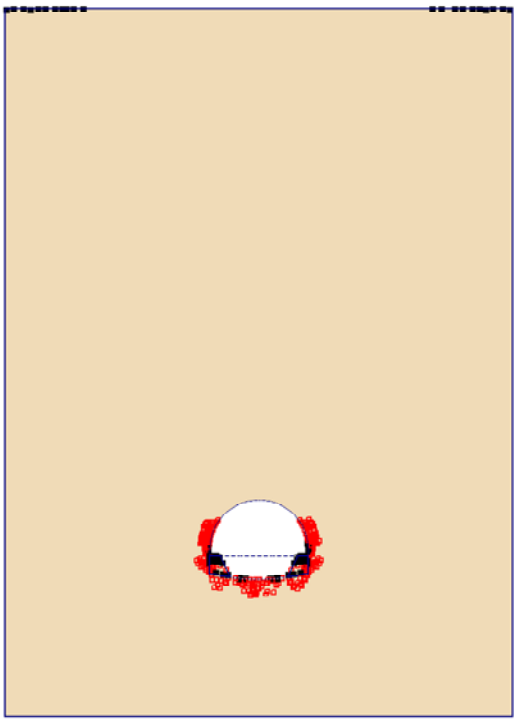


Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 40 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

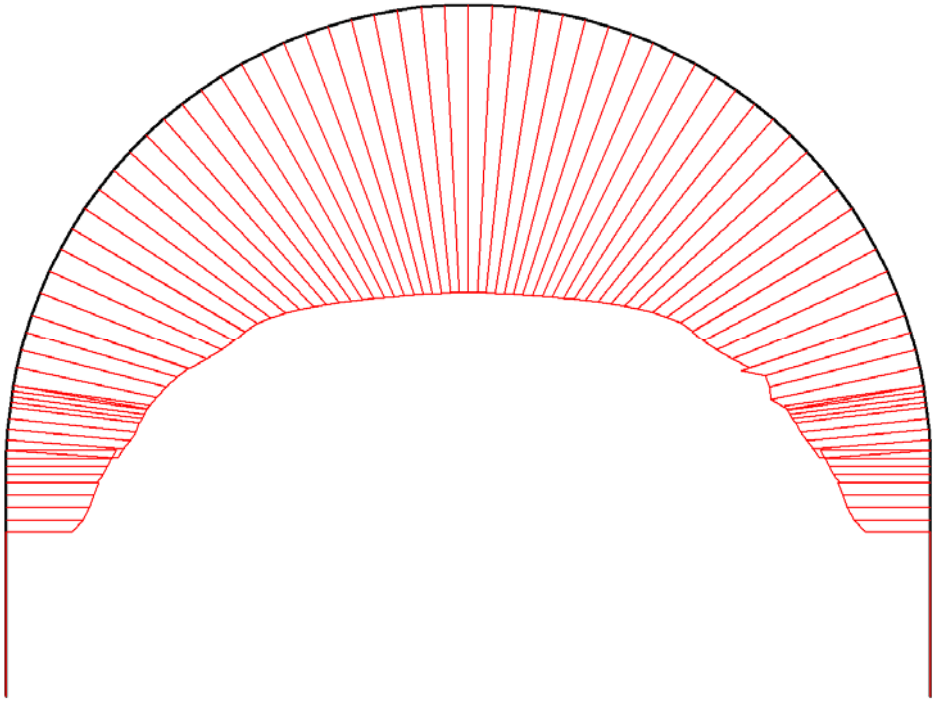


Fig. 15 Axial forces in beam
Extreme value -1,55*10^3 kN/m (Phase: 3)

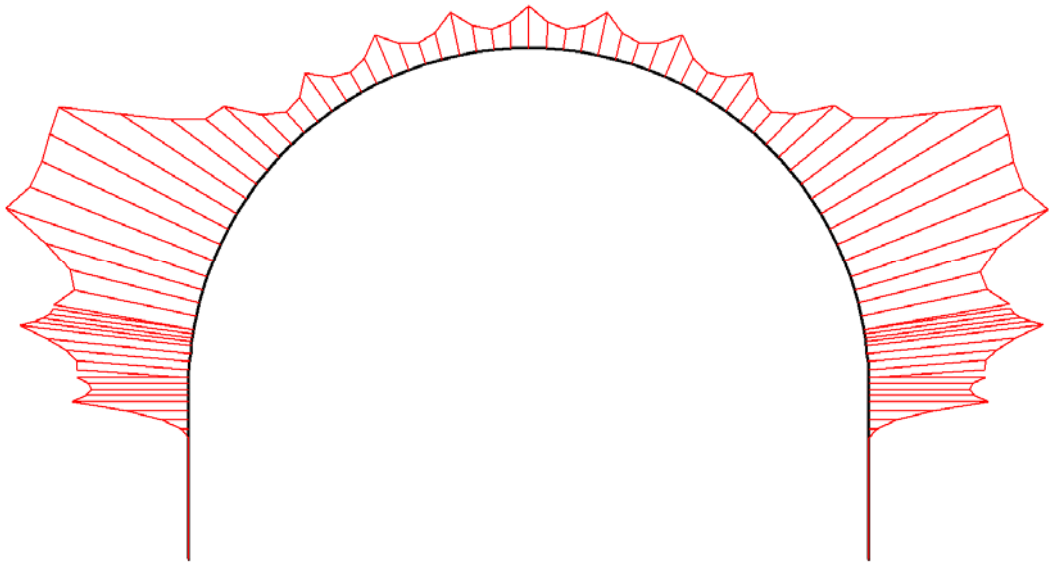


Fig. 16 Bending moments in beam
Extreme value -35,63 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 6 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	115,055	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	89,843	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	61,366	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	41,989	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	35,599	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	33,470	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	31,467	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4975	1,820	11,952	31,467	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
10	5247	3,560	11,392	32,200	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
11	4991	5,150	10,482	33,544	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
12	4821	6,510	9,262	35,714	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
13	3575	4,536	4,911	61,629	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
14	4405	7,600	7,782	42,218	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
15	3133	4,758	3,939	89,957	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
16	3477	8,800	2,882	115,100	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
17	2893	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
18	4191	-3,560	11,392	32,156	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						
19	4679	0,000	12,142	31,270	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						

9. 9. Results for phase 4

9.1 *9.10. Deformations*

9.1.1 9.10.13. Plot of total displacements

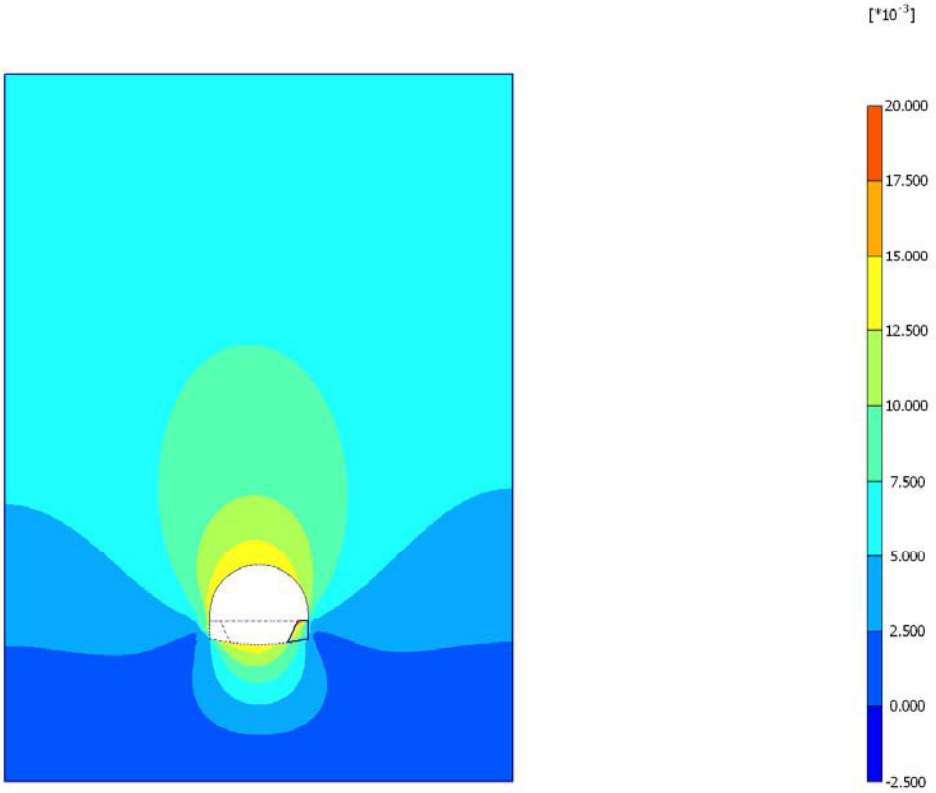


Fig. 17 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 50 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

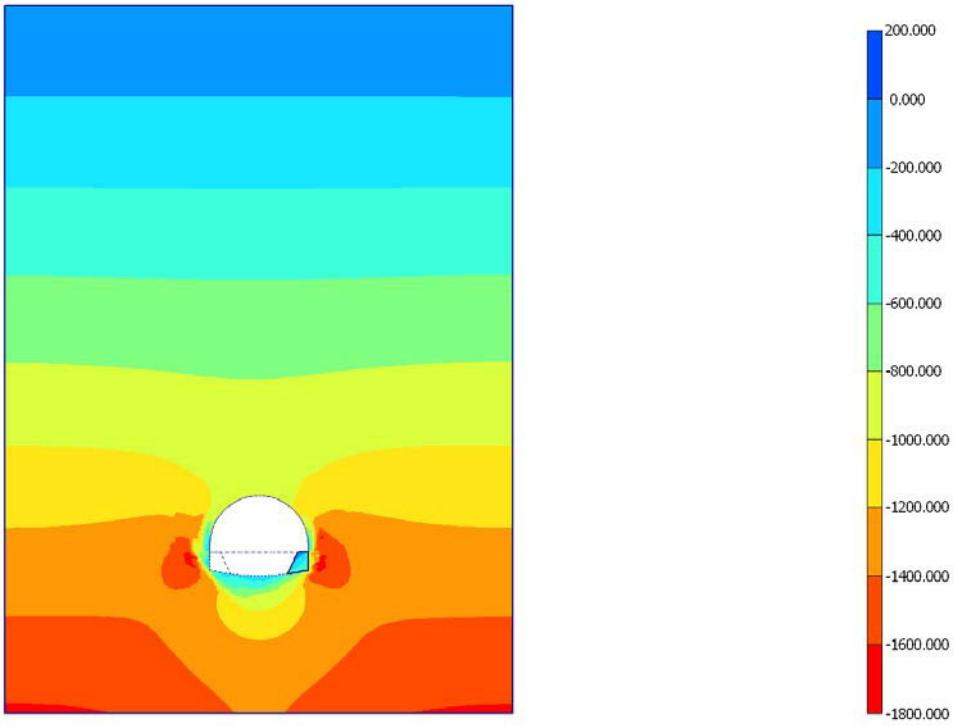


Fig. 18 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 50 - (Phase: 4)

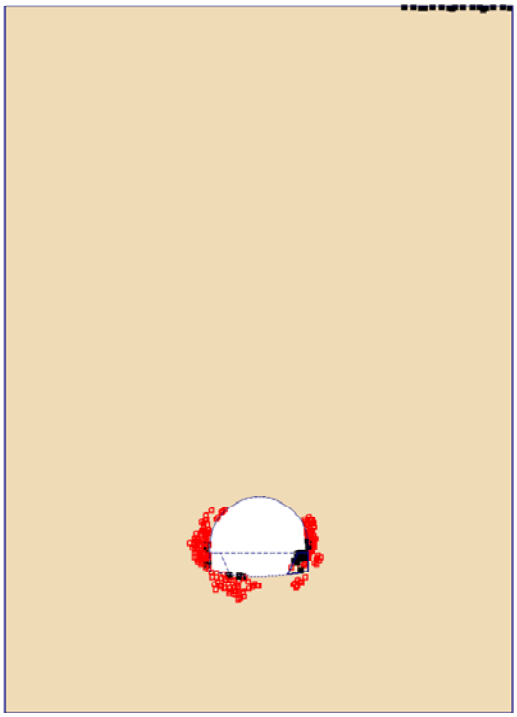


Fig. 19 Plot of plastic points
- Step no: 50 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

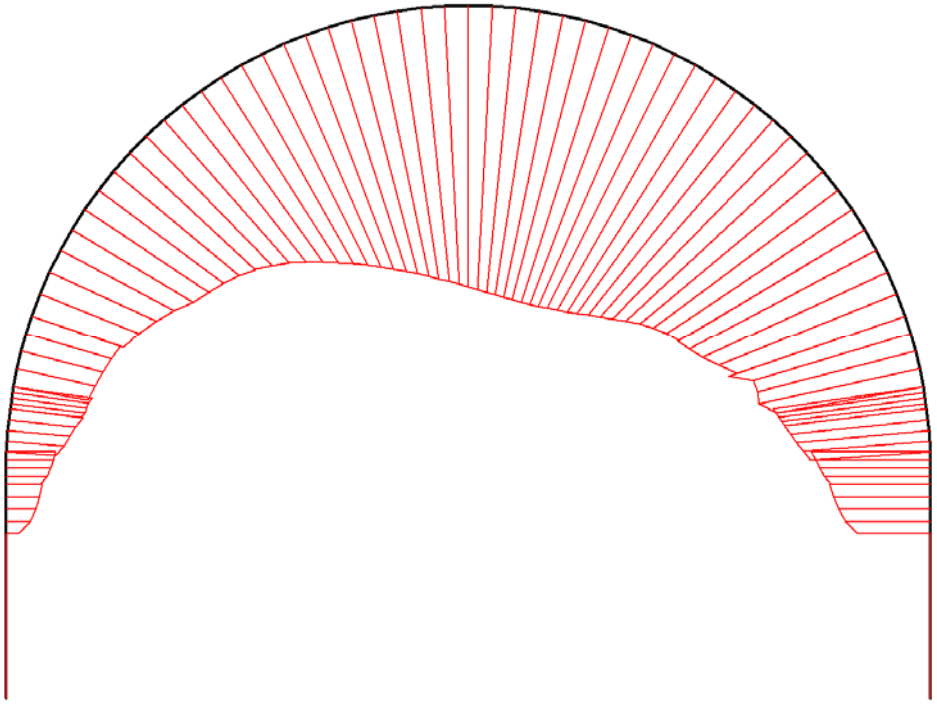


Fig. 20 Axial forces in beam
Extreme value -1,54*10^3 kN/m (Phase: 4)

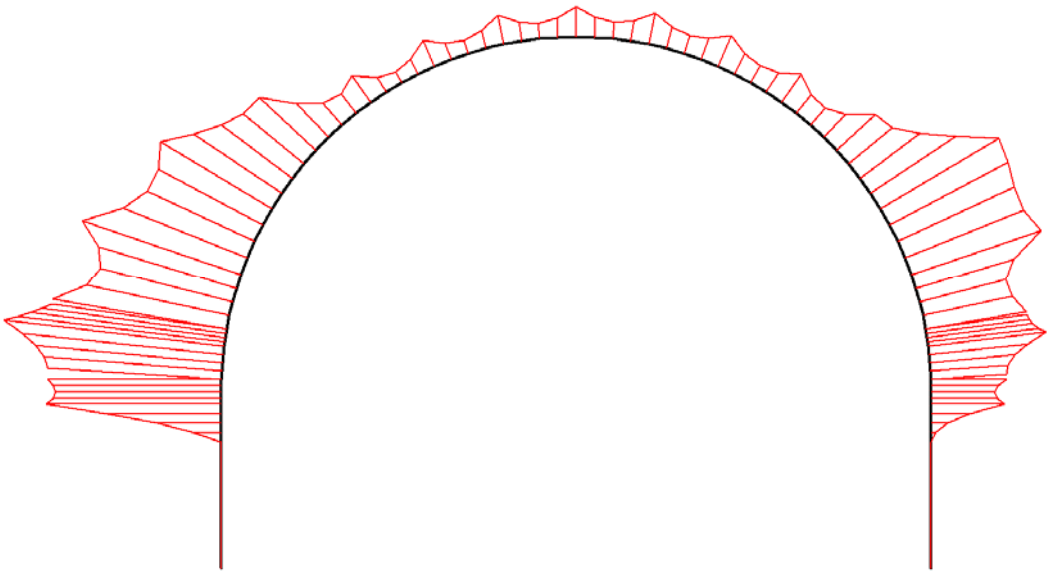


Fig. 21 Bending moments in beam
Extreme value -60,09 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	167,301	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	122,699	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	82,136	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	56,545	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	44,139	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	39,765	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	35,174	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4975	1,820	11,952	33,014	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
10	5247	3,560	11,392	33,027	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
11	4991	5,150	10,482	33,881	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
12	4821	6,510	9,262	35,756	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
13	3575	4,536	4,911	61,859	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
14	4405	7,600	7,782	42,181	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
15	3133	4,758	3,939	90,750	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
16	3477	8,800	2,882	116,434	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
17	2893	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
18	4191	-3,560	11,392	37,170	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						
19	4679	0,000	12,142	33,786	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						

10. Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

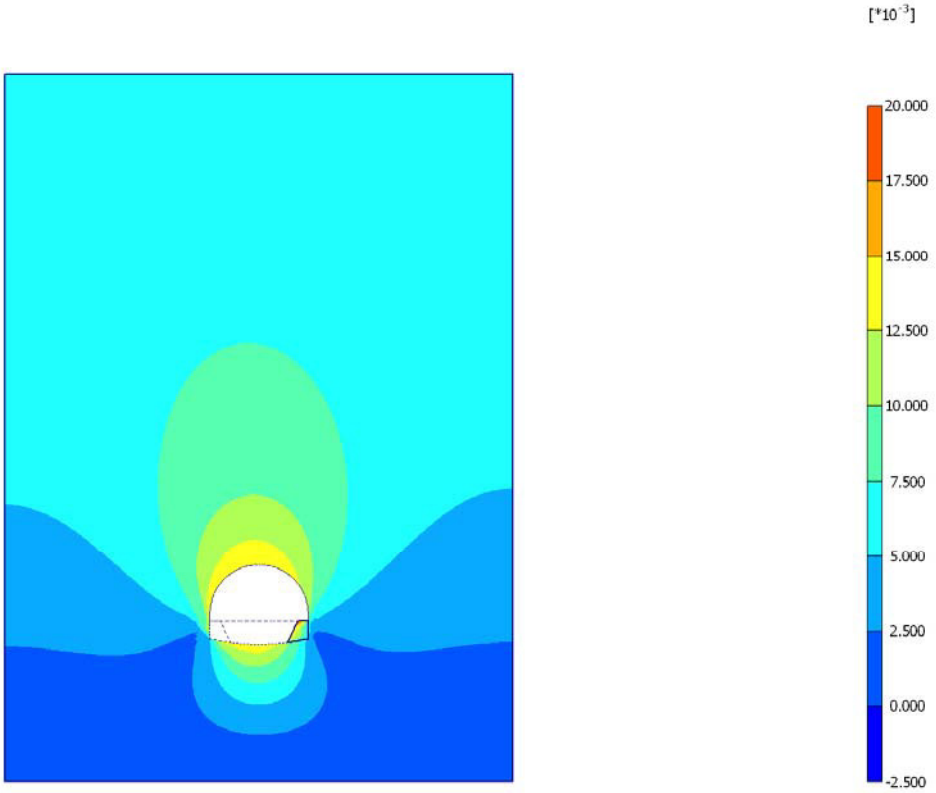


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 52 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

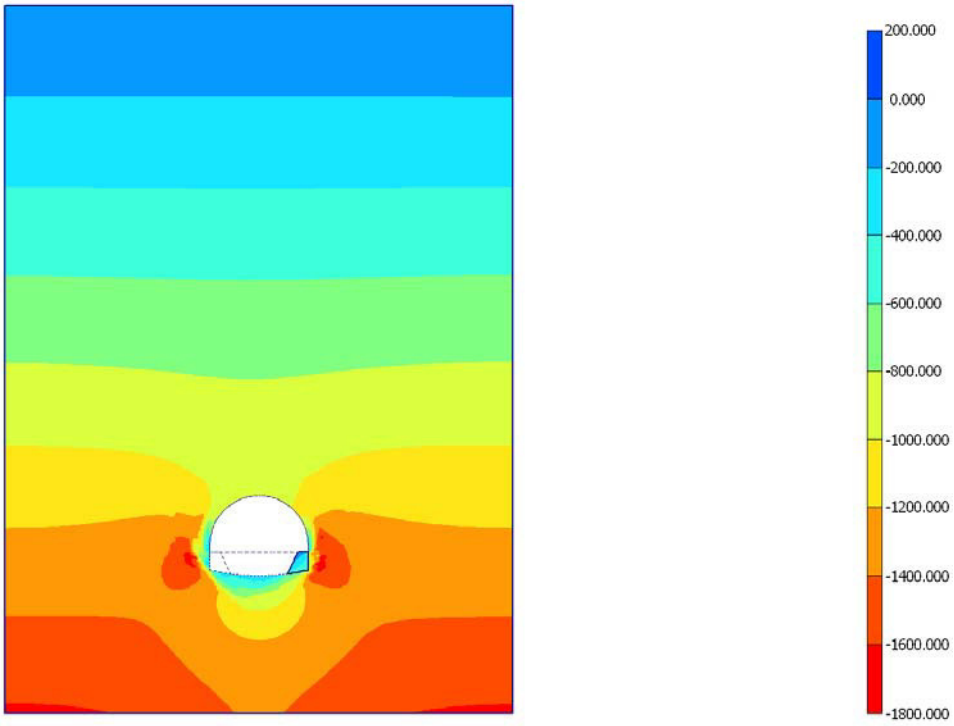


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 52 - (Phase: 5)

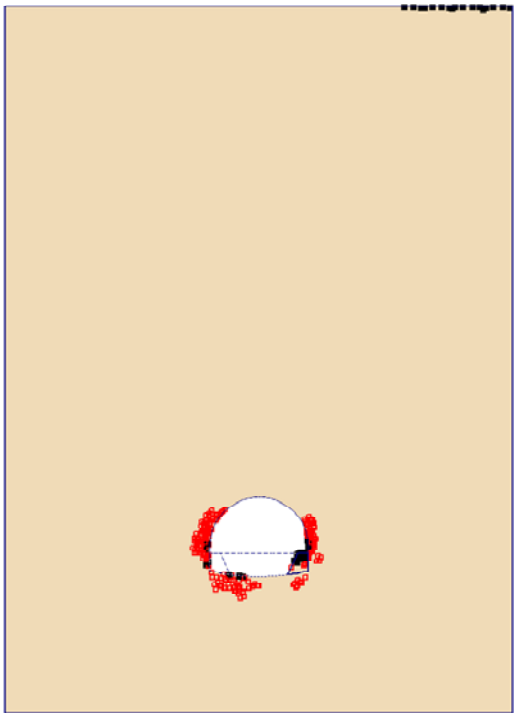


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 52 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

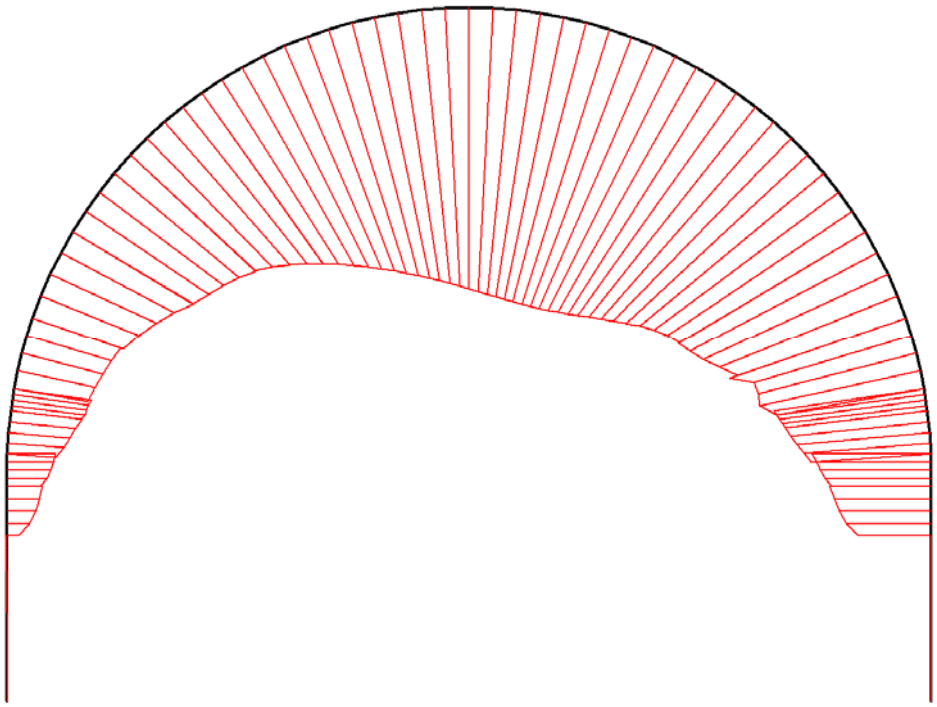


Fig. 25 Axial forces in beam
Extreme value -1,54*10^3 kN/m (Phase: 5)

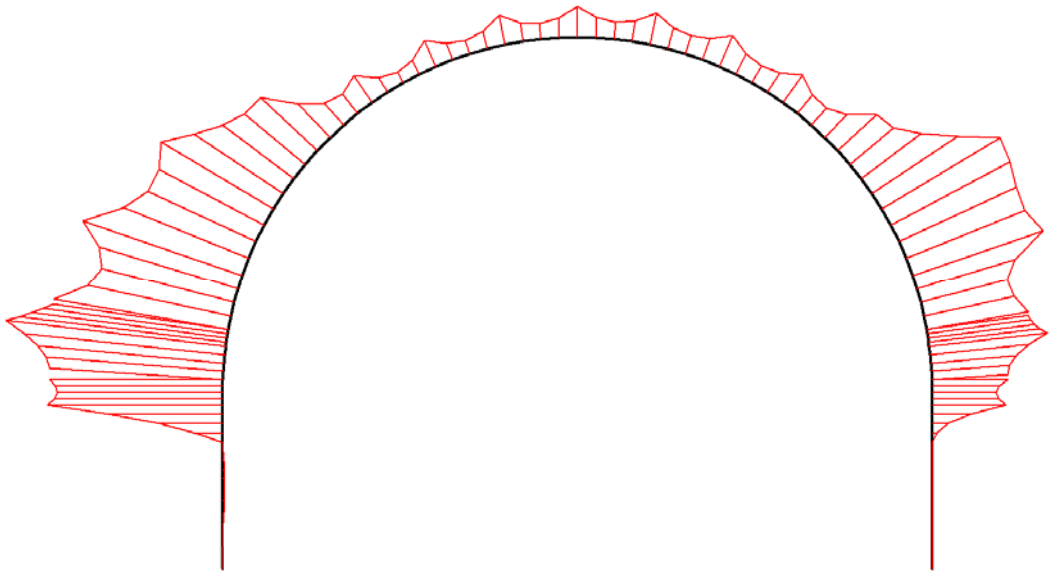


Fig. 26 Bending moments in beam
Extreme value -59,87 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	0,117	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	167,526	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	122,966	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	82,319	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	56,650	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	44,214	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	39,824	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	35,210	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4975	1,820	11,952	33,031	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
10	5247	3,560	11,392	33,039	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
11	4991	5,150	10,482	33,888	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
12	4821	6,510	9,262	35,761	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
13	3575	4,536	4,911	61,872	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
14	4405	7,600	7,782	42,187	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
15	3133	4,758	3,939	90,767	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
16	3477	8,800	2,882	116,448	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
17	2893	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
18	4191	-3,560	11,392	37,217	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						
19	4679	0,000	12,142	33,811	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

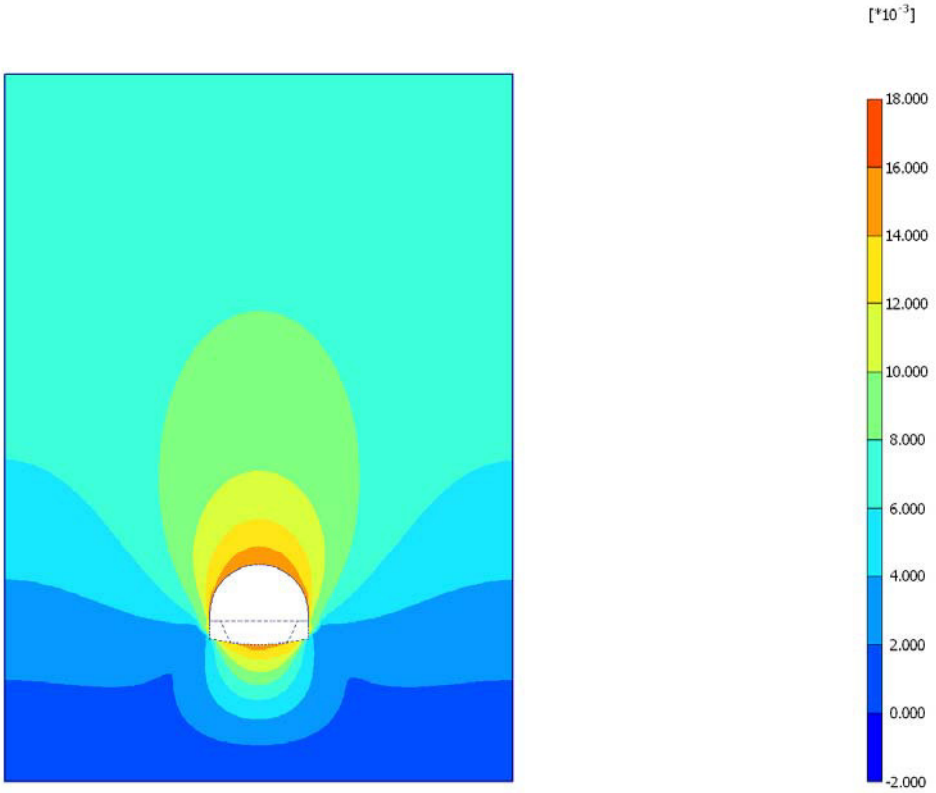


Fig. 27 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 60 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

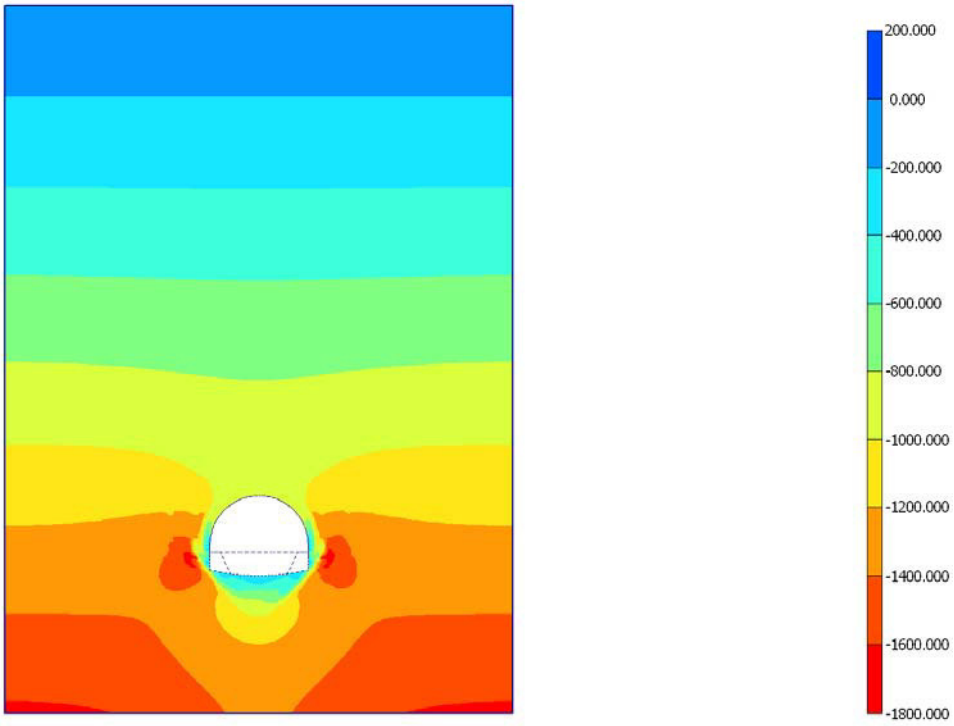


Fig. 28 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 60 - (Phase: 6)

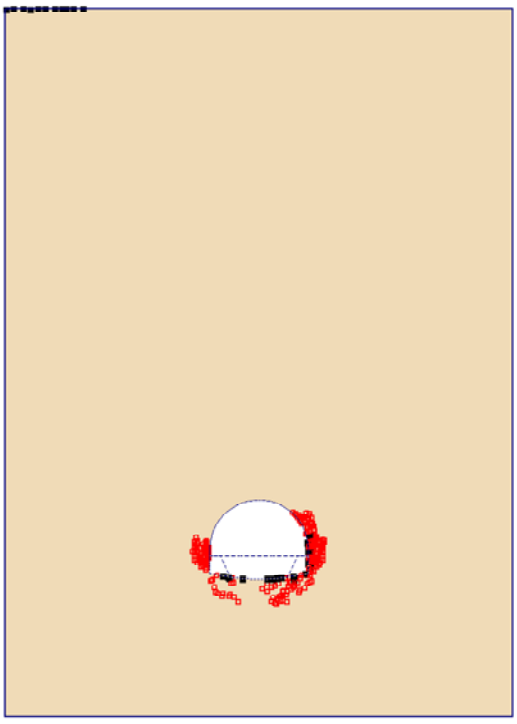


Fig. 29 Plot of plastic points
- Step no: 60 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

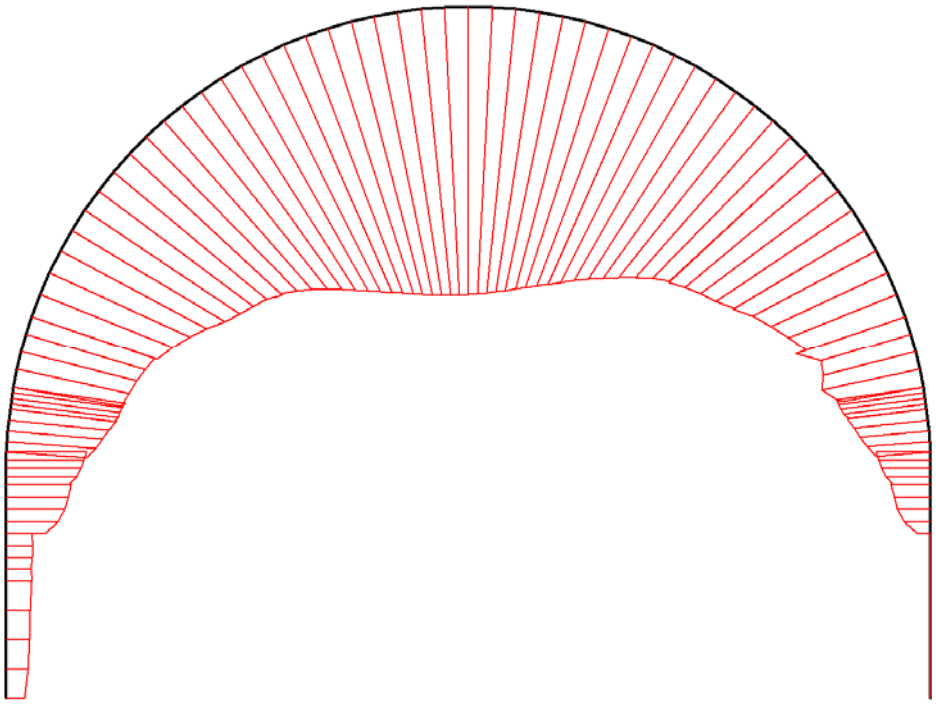


Fig. 30 Axial forces in beam
Extreme value -1,46*10^3 kN/m (Phase: 6)

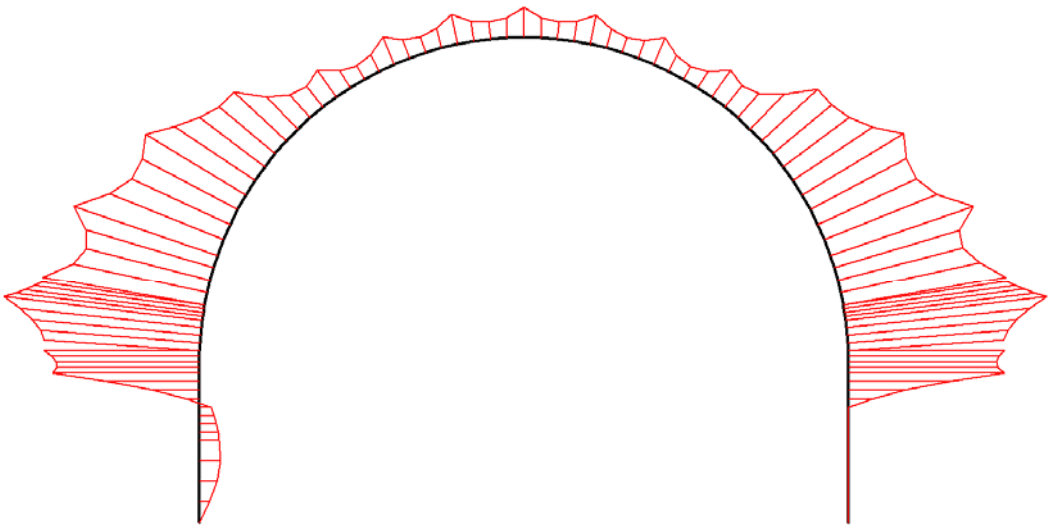


Fig. 31 Bending moments in beam
Extreme value -64,38 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	1,175	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	168,160	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	122,274	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	80,876	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	55,251	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	43,135	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	39,261	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	36,327	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4975	1,820	11,952	36,754	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
10	5247	3,560	11,392	38,275	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
11	4991	5,150	10,482	40,590	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
12	4821	6,510	9,262	45,138	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
13	3575	4,536	4,911	84,630	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
14	4405	7,600	7,782	58,359	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
15	3133	4,758	3,939	126,762	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
16	3477	8,800	2,882	172,331	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
17	2893	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
18	4191	-3,560	11,392	37,380	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						
19	4679	0,000	12,142	36,124	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						

12. Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

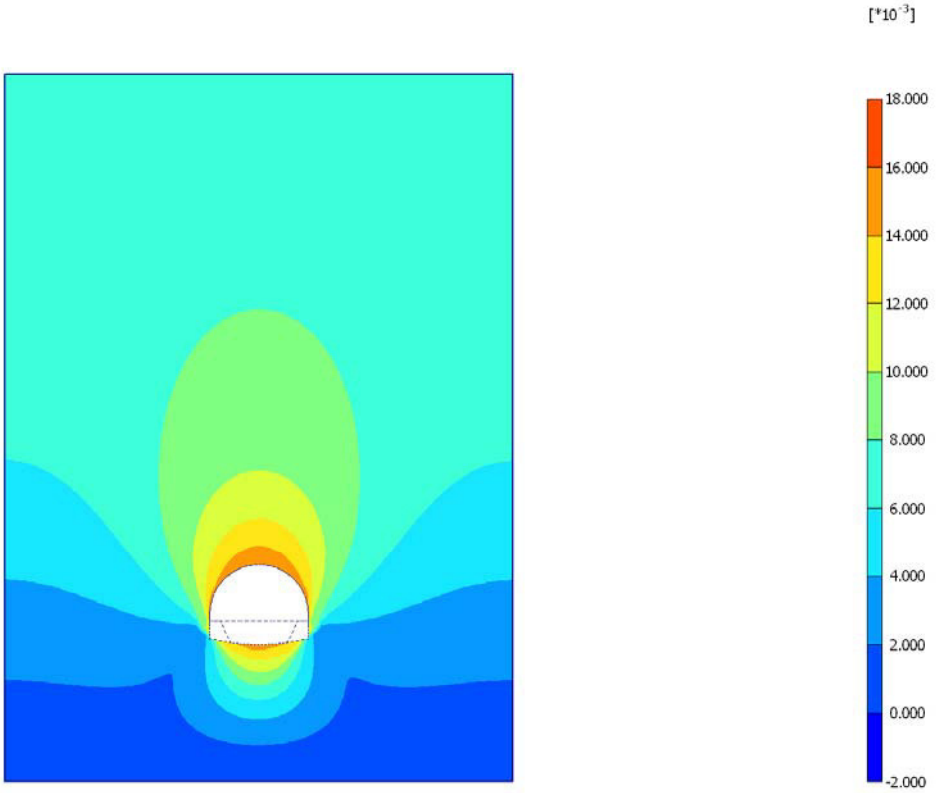


Fig. 32 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 62 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

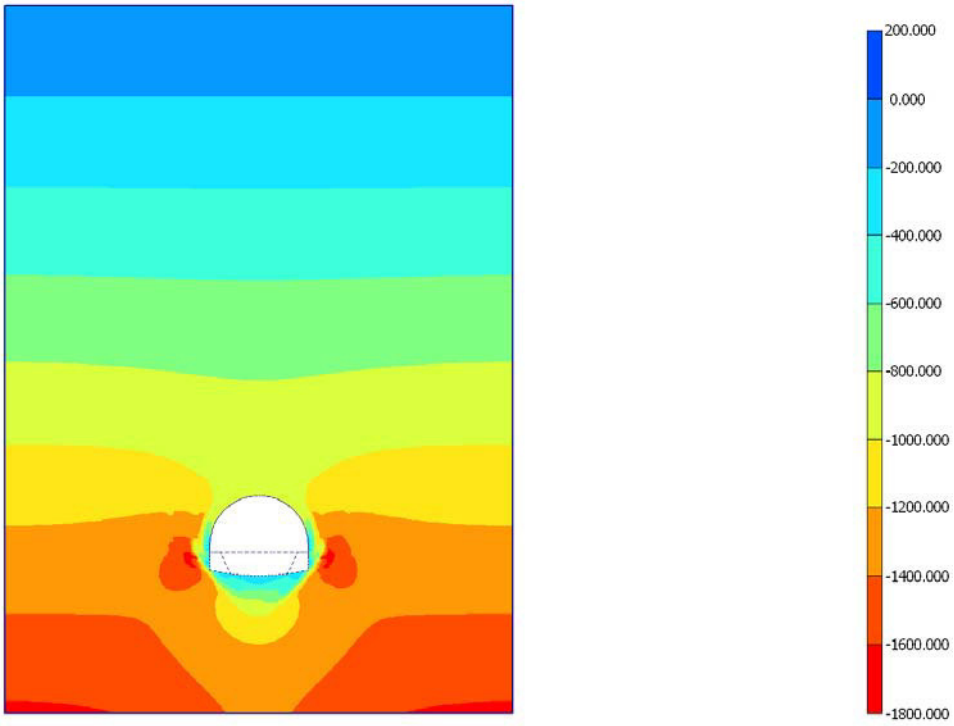


Fig. 33 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 62 - (Phase: 7)

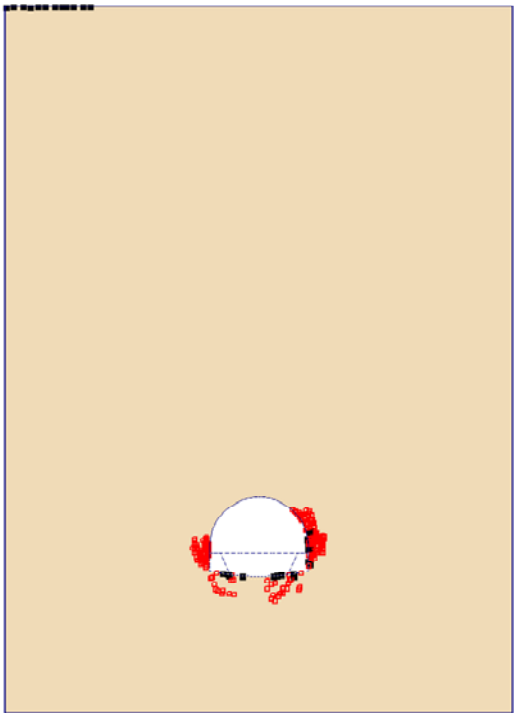


Fig. 34 Plot of plastic points
- Step no: 62 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

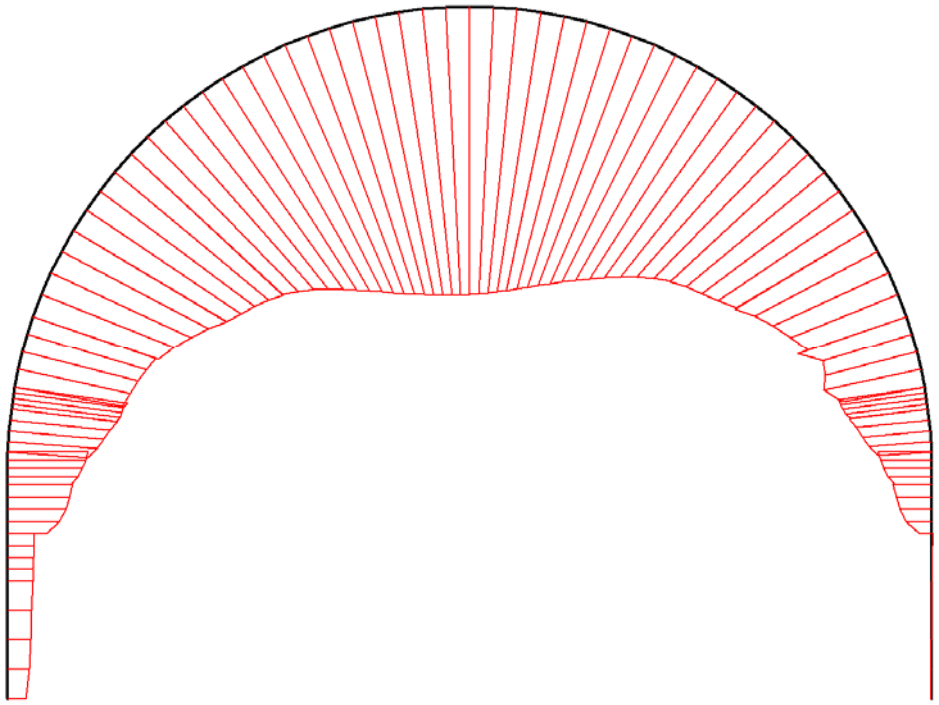


Fig. 35 Axial forces in beam
Extreme value -1,46*10^3 kN/m (Phase: 7)

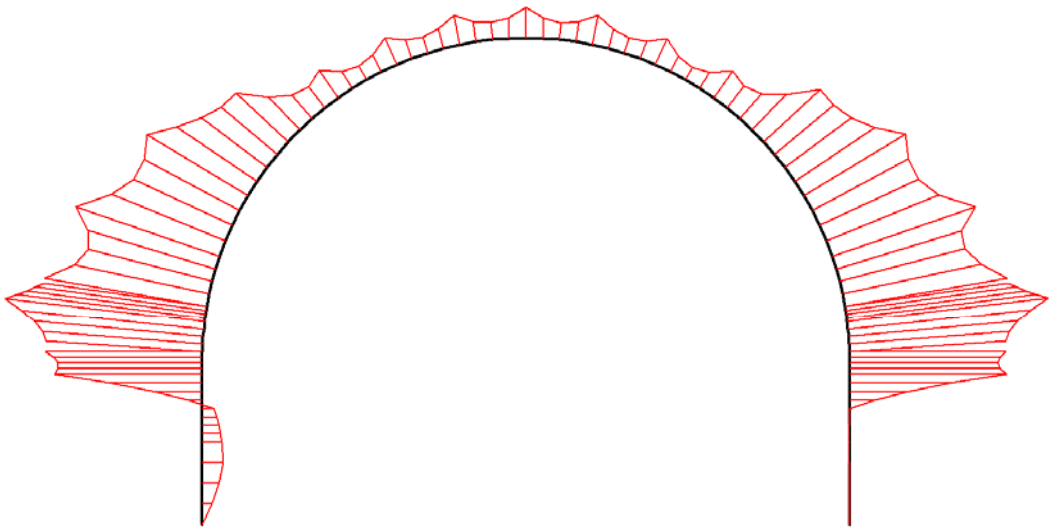


Fig. 36 Bending moments in beam
Extreme value -64,16 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1265	-8,654	1,089	1,174	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1417	-4,799	2,155						
2	1675	-8,800	2,882	168,158	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1541	-4,799	3,155						
3	2127	-8,740	4,322	122,269	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2005	-4,758	3,939						
4	2339	-8,350	6,112	80,869	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2497	-4,536	4,911						
5	2787	-7,600	7,782	55,244	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2925	-4,116	5,811						
6	3327	-6,510	9,262	43,131	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3369	-3,519	6,606						
7	3735	-5,150	10,482	39,261	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	3829	-2,777	7,257						
8	4669	-1,820	11,952	36,341	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3855	-0,980	8,041						
9	4975	1,820	11,952	36,788	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4217	0,980	8,041						
10	5247	3,560	11,392	38,319	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4243	1,917	7,742						
11	4991	5,150	10,482	40,645	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4233	2,777	7,257						
12	4821	6,510	9,262	45,229	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3987	3,519	6,606						
13	3575	4,536	4,911	84,817	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	4291	8,350	6,112						
14	4405	7,600	7,782	58,506	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3913	4,116	5,811						
15	3133	4,758	3,939	126,982	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	3787	8,740	4,322						
16	3477	8,800	2,882	172,492	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	2995	4,799	3,155						
17	2893	8,654	1,089	0,049	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2437	4,799	2,155						
18	4191	-3,560	11,392	37,386	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3865	-1,917	7,742						
19	4679	0,000	12,142	36,147	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4051	0,000	8,142						

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: ST-II, CS-5 Lutitas y areniscas. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	42,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

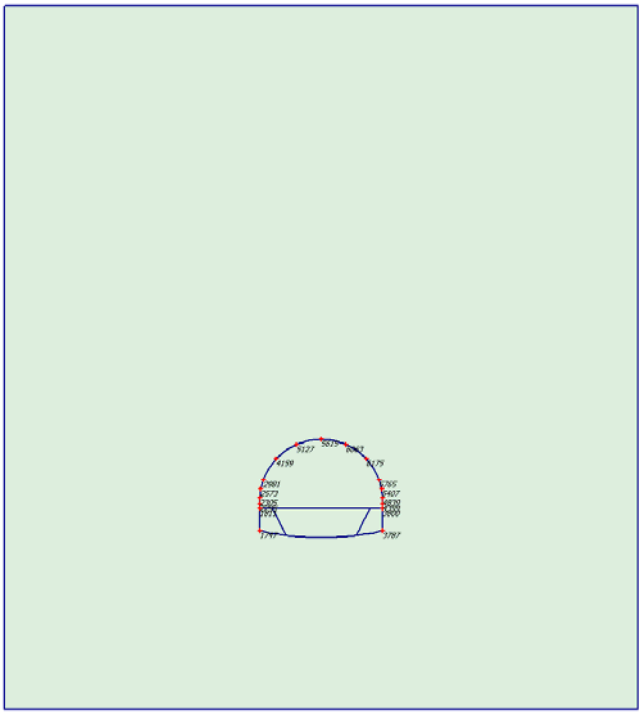


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

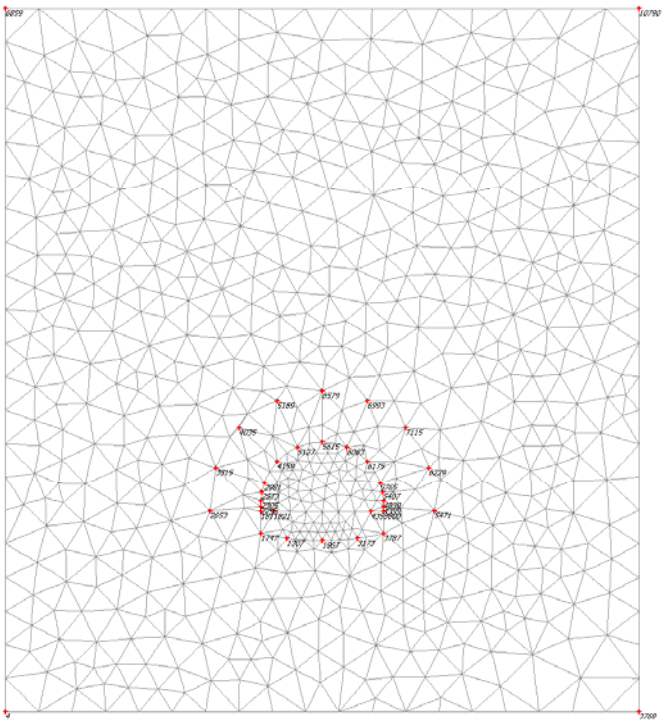


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

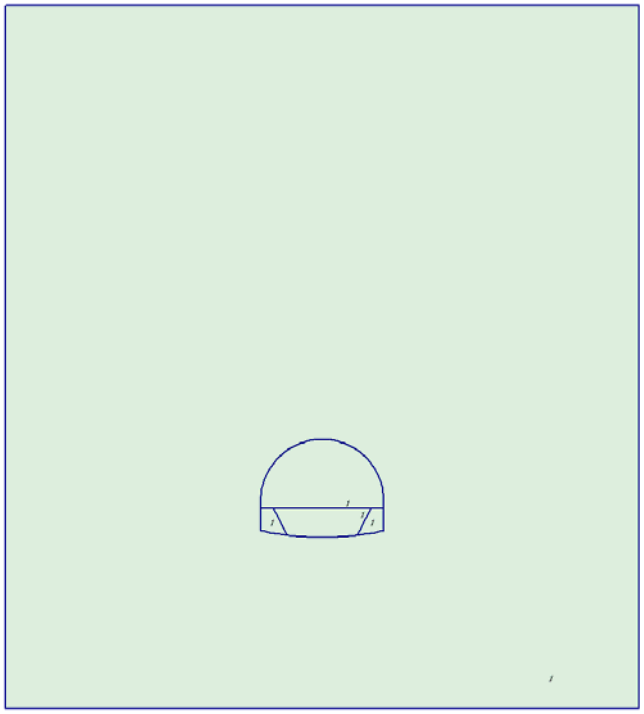


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas y areniscas RMR_55**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,50
γ_{sat}	[kN/m³]	26,50
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	5700000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	2192307,692
E_{oed}	[kN/m²]	7673076,923
c_{ref}	[kN/m²]	270,00
φ	[°]	46,50
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	**Identification**	**EA** [kN/m]	**EI** [kNm²/m]	**w** [kN/m/m]	**ν** [-]	**Mp** [kNm/m]	**Np** [kN/m]
1	Gunita 0,10	1,45E6	1210,00	2,50	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Swellex Mn18?	103000,00	184,000	184,000	2,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	4
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	5	23
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	24	27
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	28	29
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	30	34
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	35	36

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

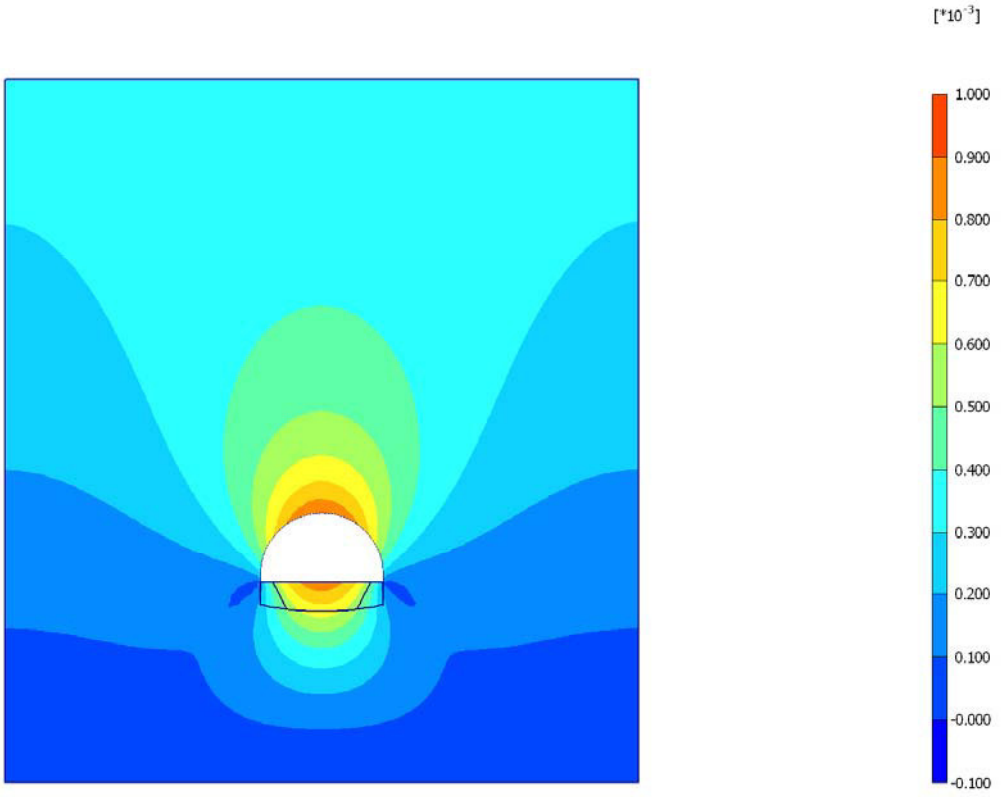


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

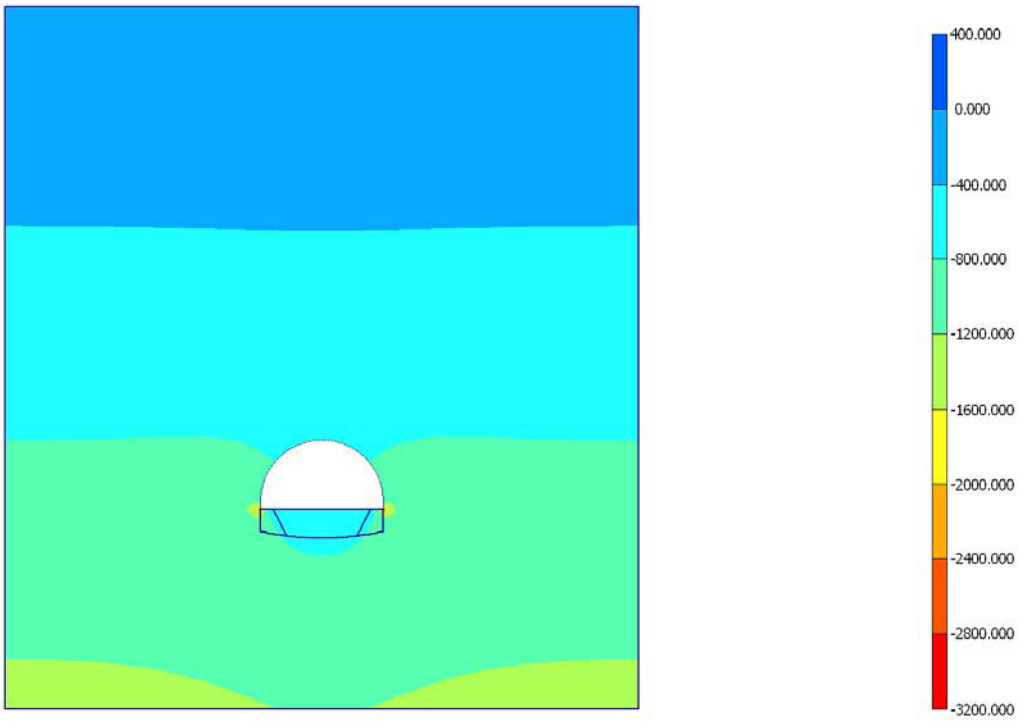


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

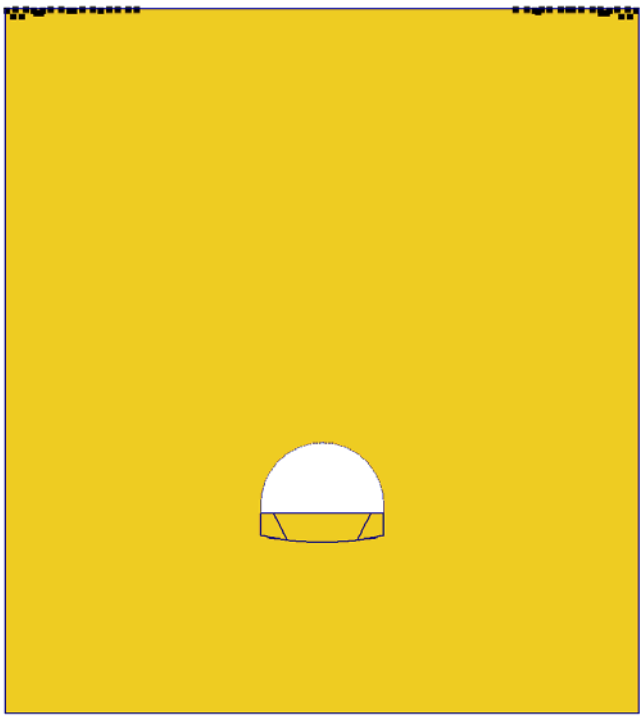


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
1	2653	-8,800	2,682	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2295	-4,799	3,046						
2	3515	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2981	-4,536	4,911						
3	4035	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4159	-3,519	6,606						
4	5169	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5127	-1,917	7,742						
5	6579	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5615	0,000	8,142						
6	6993	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6063	1,917	7,742						
7	7115	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6175	3,519	6,606						
8	6229	8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5765	4,536	4,911						
9	5471	8,800	2,682	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4399	4,799	3,046						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

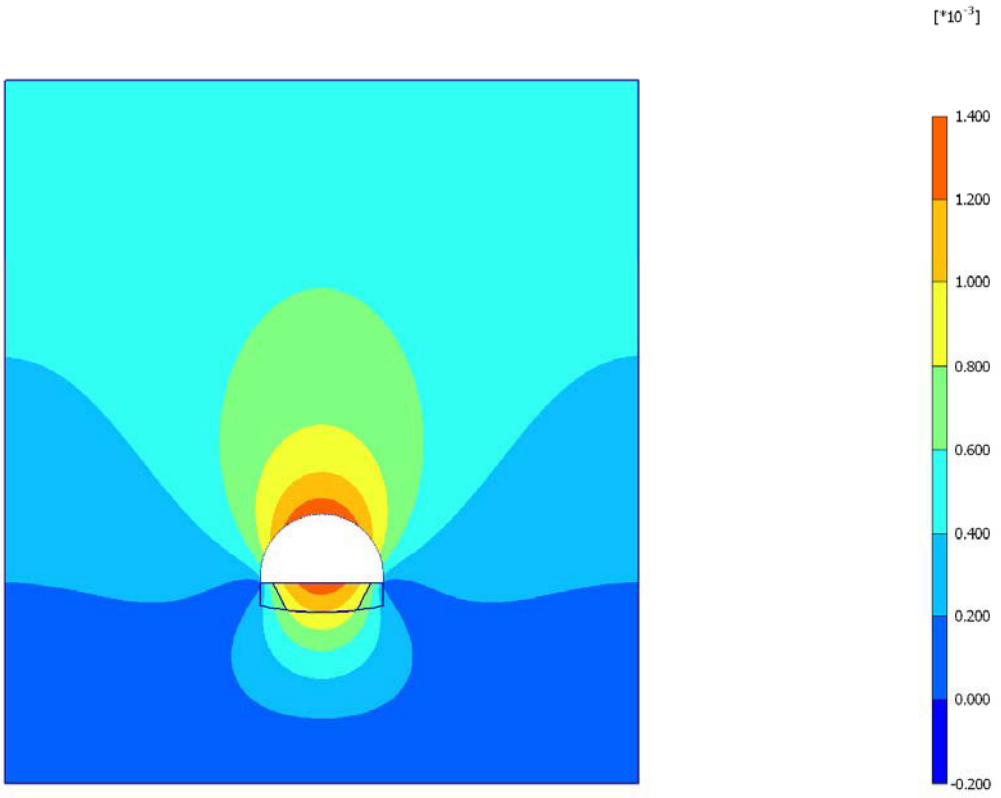


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 4 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

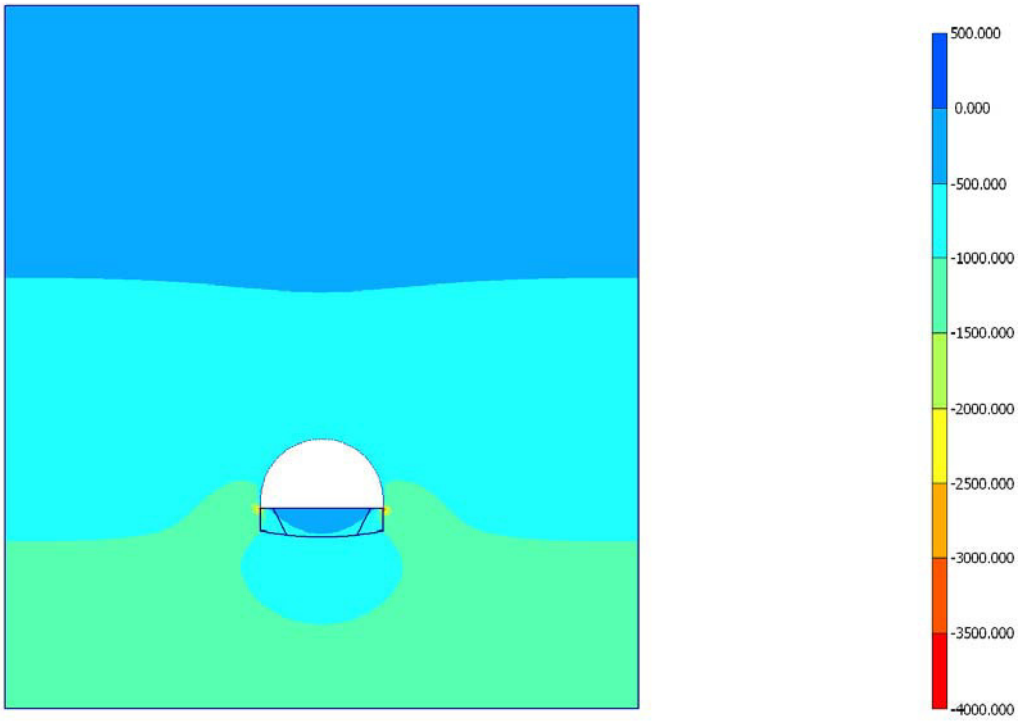


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 4 - (Phase: 2)

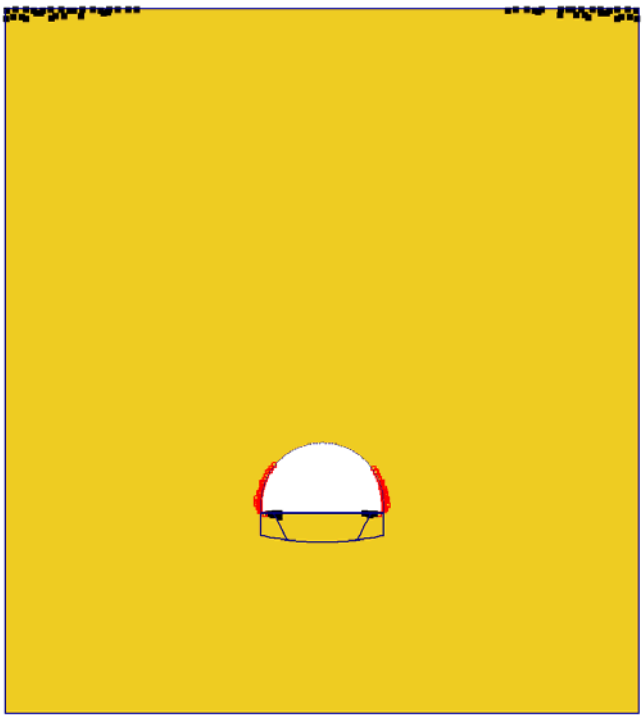


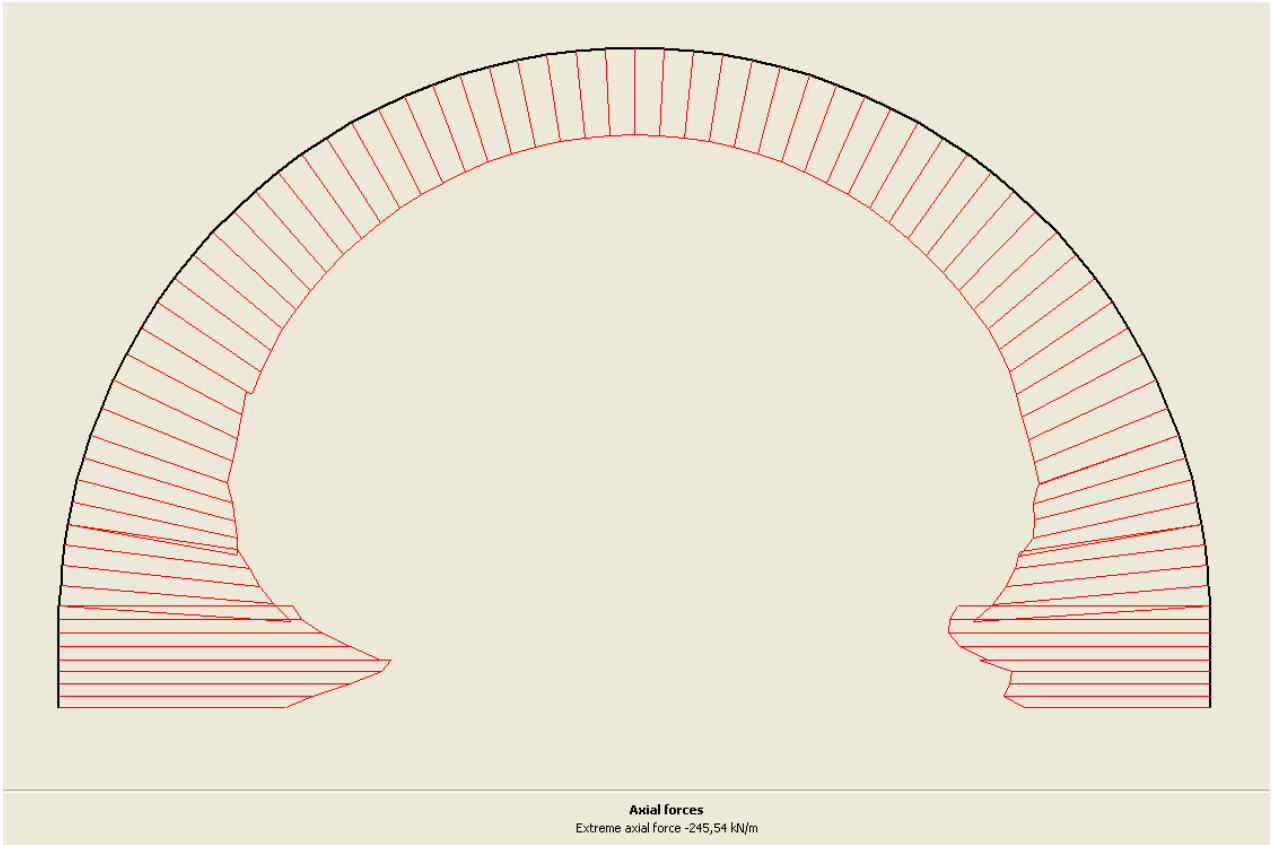
Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 4 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment 1,21 kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -245,54 kN/m

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2653	-8,800	2,682	2,763	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2295	-4,799	3,046						
2	3515	-8,350	6,112	3,279	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2981	-4,536	4,911						
3	4035	-6,510	9,262	3,515	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4159	-3,519	6,606						
4	5169	-3,560	11,392	3,696	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5127	-1,917	7,742						
5	6579	0,000	12,142	3,771	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5615	0,000	8,142						
6	6993	3,560	11,392	3,695	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6063	1,917	7,742						
7	7115	6,510	9,262	3,510	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6175	3,519	6,606						
8	6229	8,350	6,112	3,259	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5765	4,536	4,911						
9	5471	8,800	2,682	2,114	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4399	4,799	3,046						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

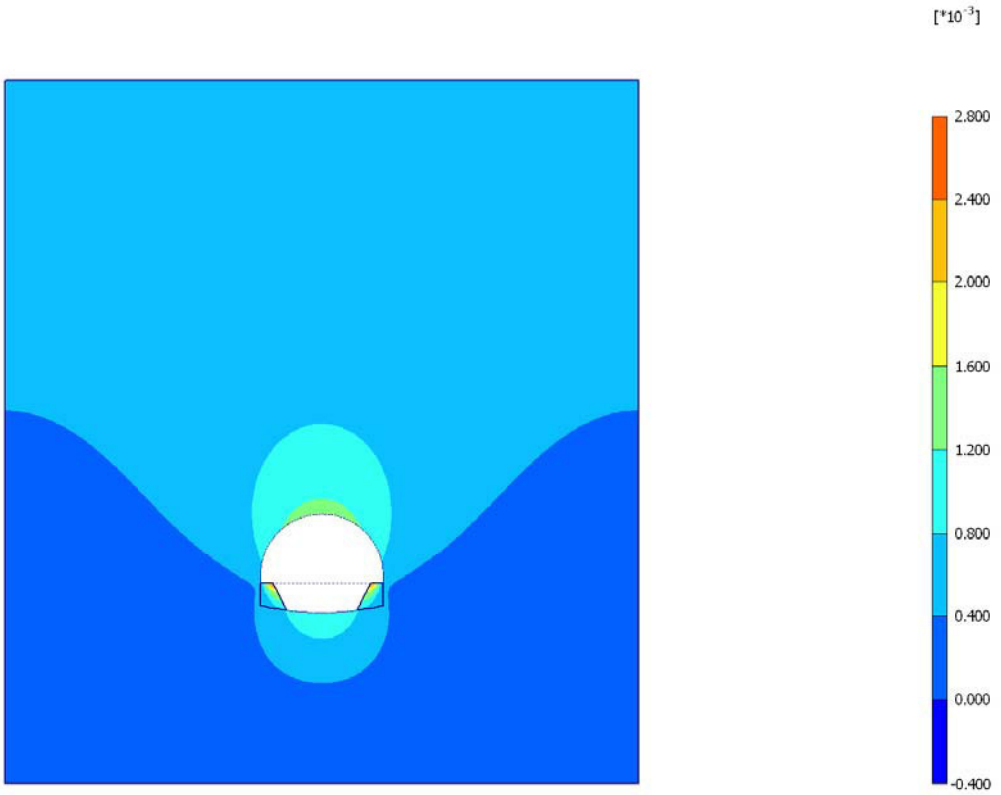


Fig. 10 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 23 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

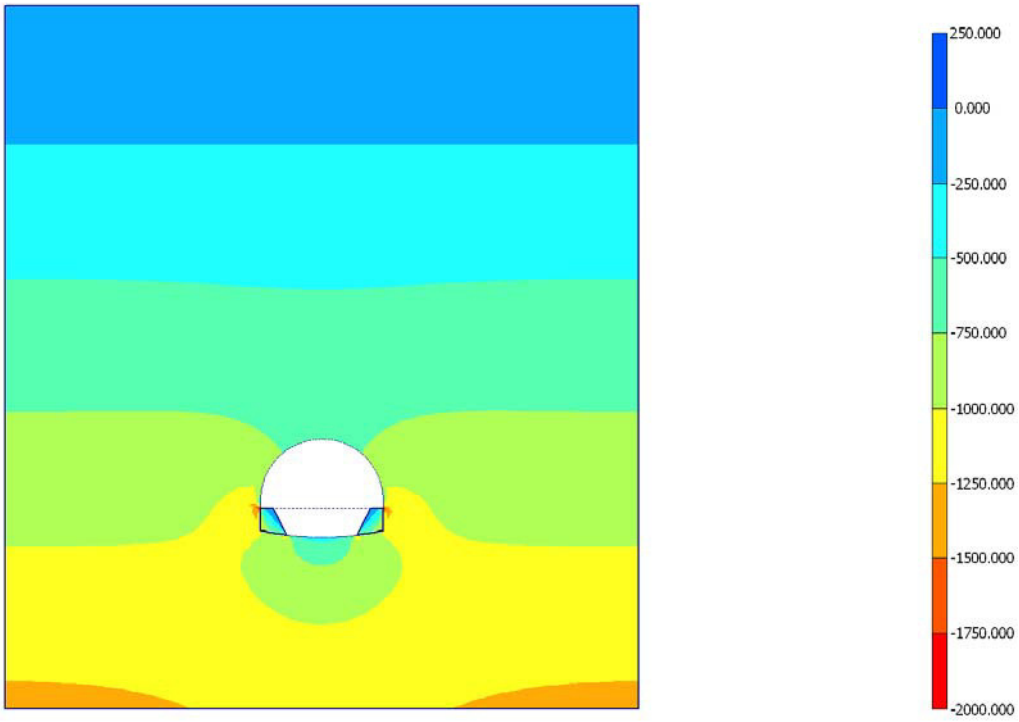


Fig. 11 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 23 - (Phase: 3)

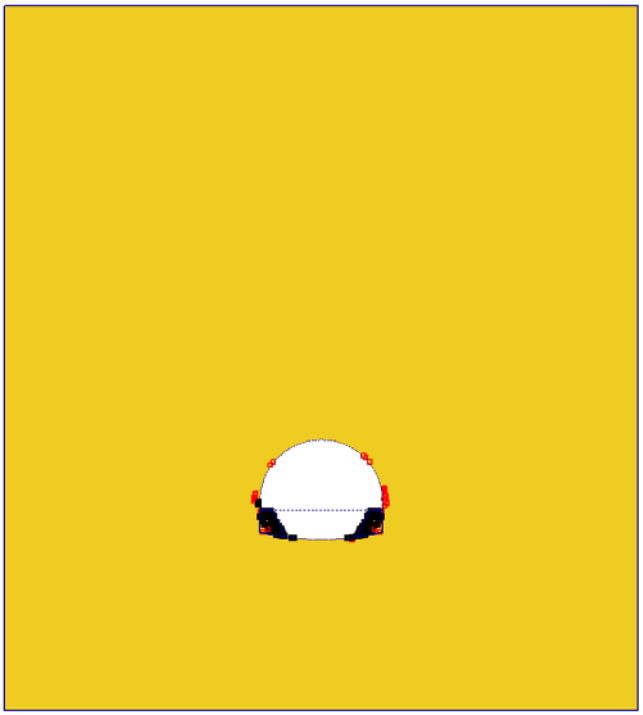


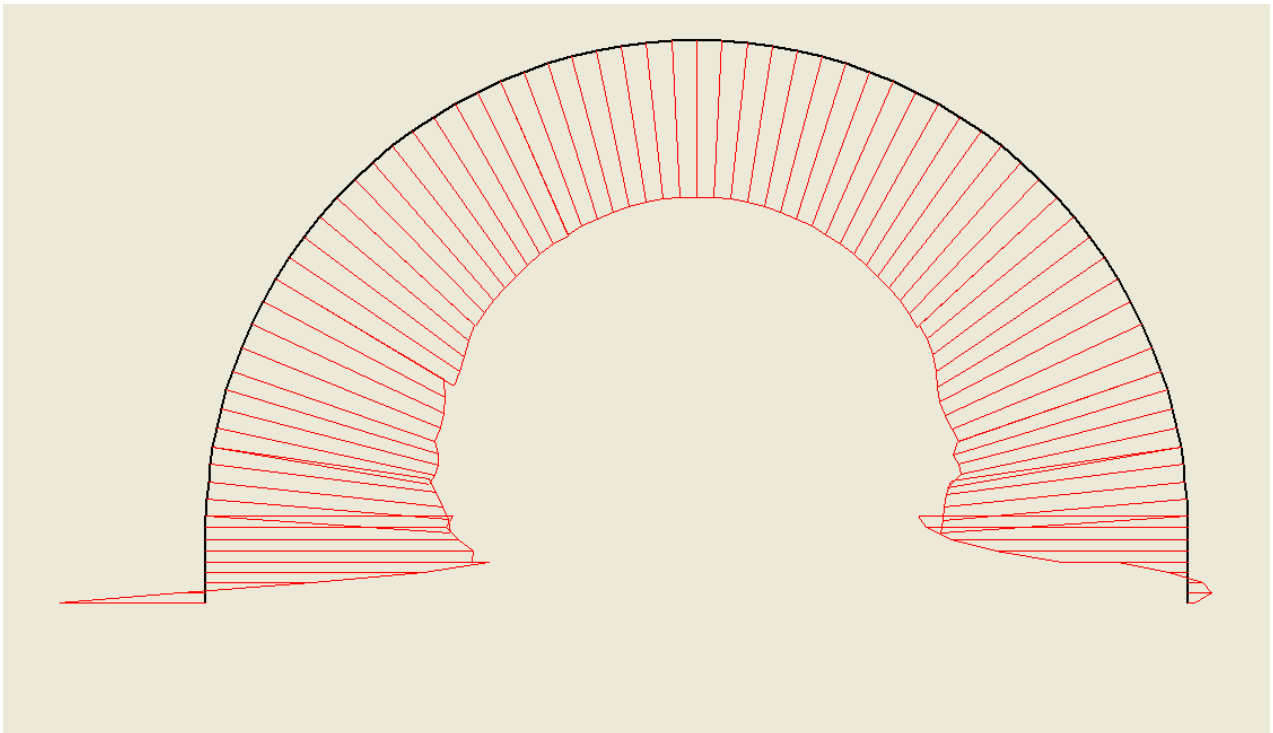
Fig. 12 Plot of plastic points
- Step no: 23 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -1,60 kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -152,08 kN/m

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2653	-8,800	2,682	6,072	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2295	-4,799	3,046						
2	3515	-8,350	6,112	3,955	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2981	-4,536	4,911						
3	4035	-6,510	9,262	3,674	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4159	-3,519	6,606						
4	5169	-3,560	11,392	3,741	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5127	-1,917	7,742						
5	6579	0,000	12,142	3,792	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5615	0,000	8,142						
6	6993	3,560	11,392	3,742	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6063	1,917	7,742						
7	7115	6,510	9,262	3,675	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6175	3,519	6,606						
8	6229	8,350	6,112	3,951	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5765	4,536	4,911						
9	5471	8,800	2,682	5,520	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4399	4,799	3,046						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

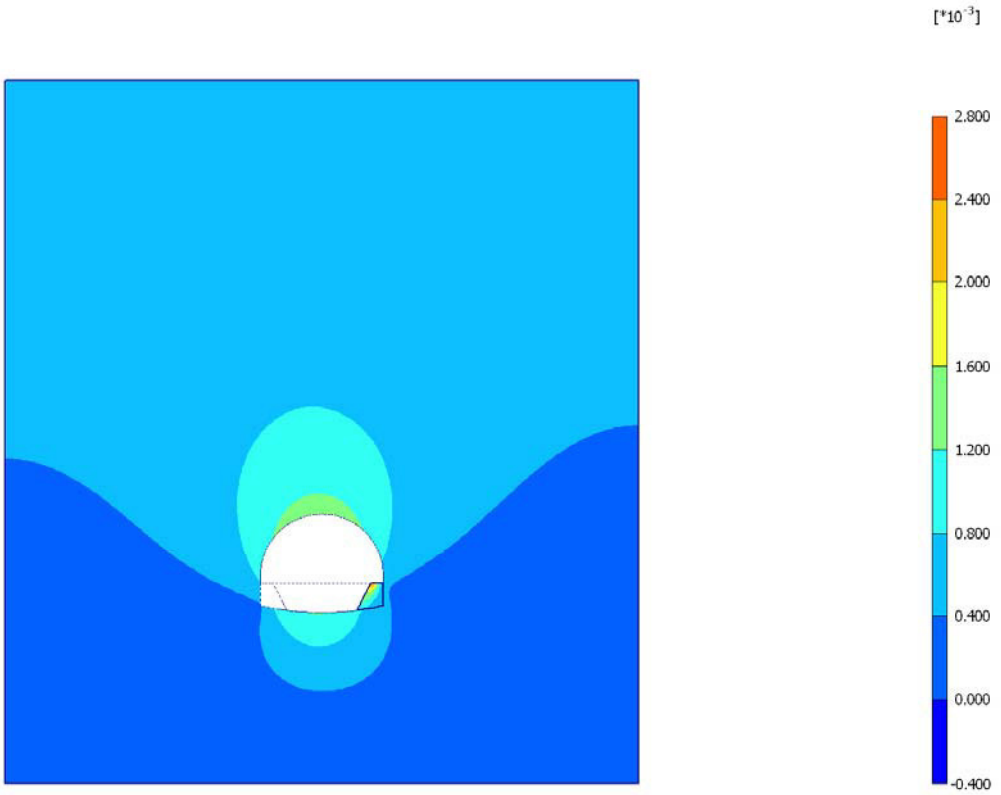


Fig. 13 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 27 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

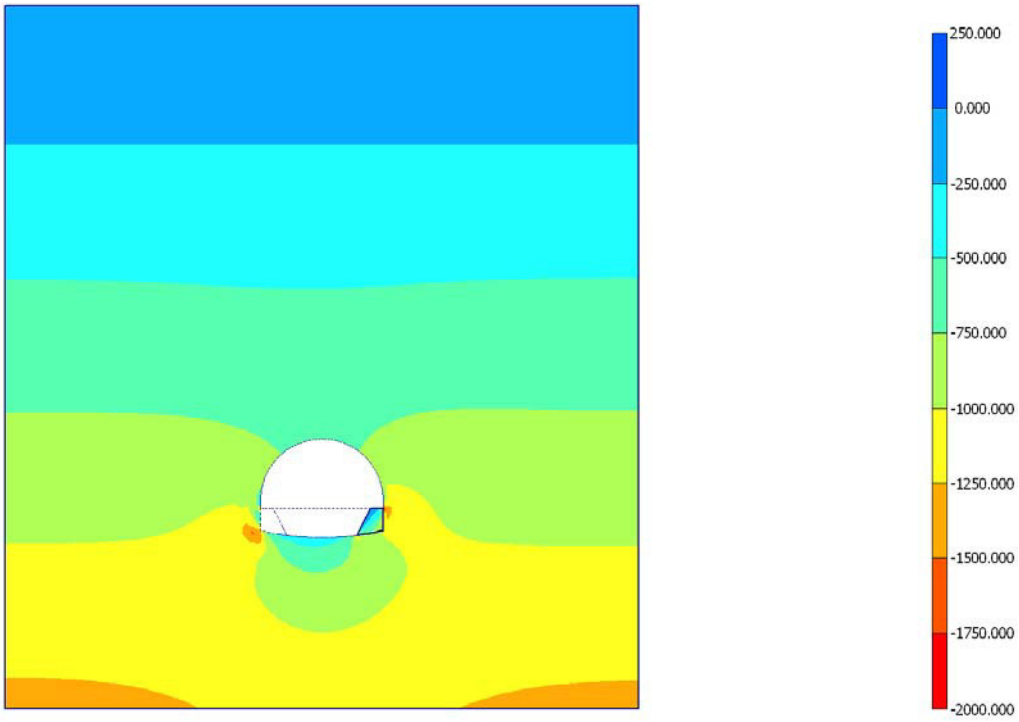


Fig. 14 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 27 - (Phase: 4)

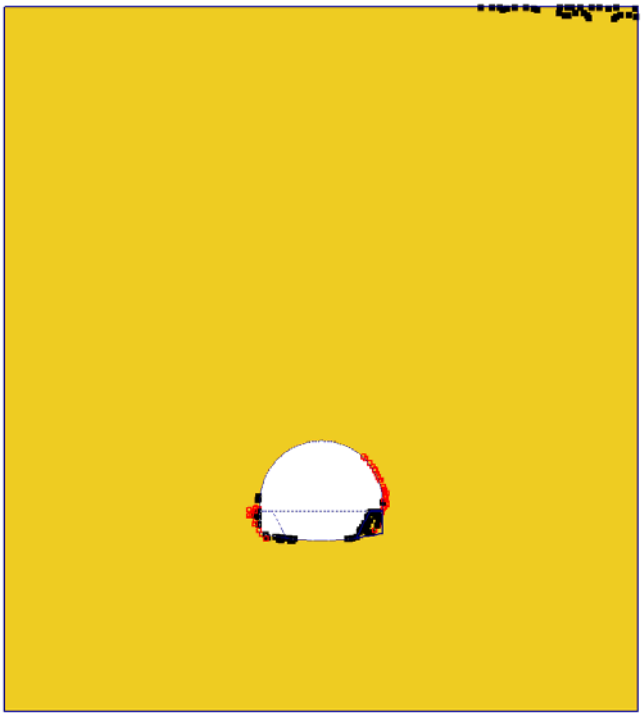
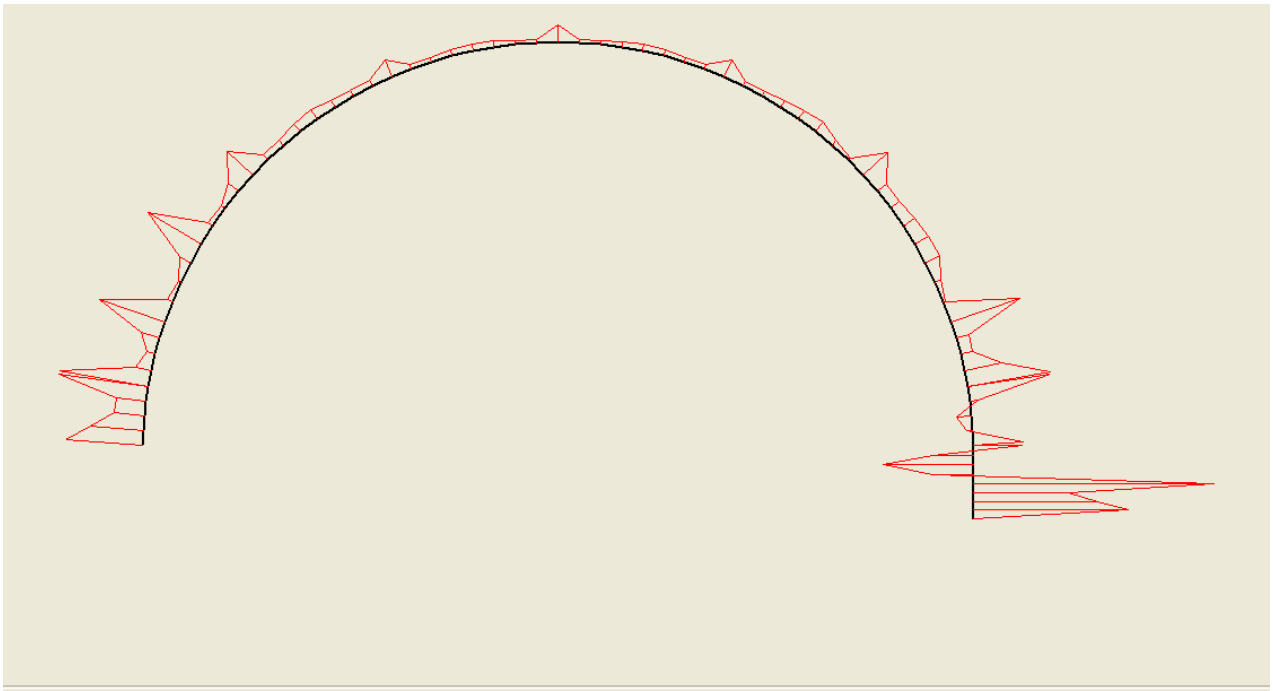


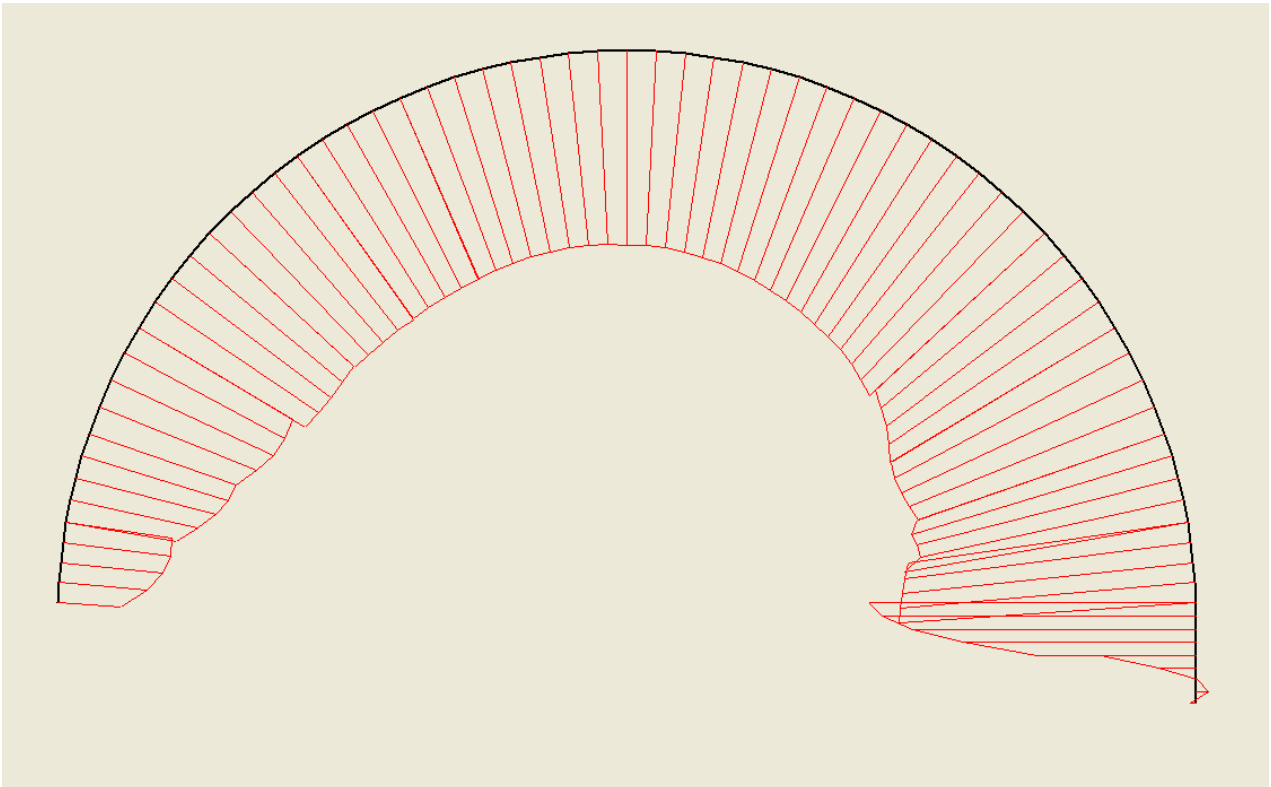
Fig. 15 Plot of plastic points
- Step no: 27 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -697,68*10^{-3} kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -155,69 kN/m

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2653	-8,800	2,682	8,645	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2295	-4,799	3,046						
2	3515	-8,350	6,112	4,727	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2981	-4,536	4,911						
3	4035	-6,510	9,262	3,921	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4159	-3,519	6,606						
4	5169	-3,560	11,392	3,830	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5127	-1,917	7,742						
5	6579	0,000	12,142	3,838	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5615	0,000	8,142						
6	6993	3,560	11,392	3,780	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6063	1,917	7,742						
7	7115	6,510	9,262	3,708	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6175	3,519	6,606						
8	6229	8,350	6,112	3,980	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5765	4,536	4,911						
9	5471	8,800	2,682	5,556	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4399	4,799	3,046						

10. Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

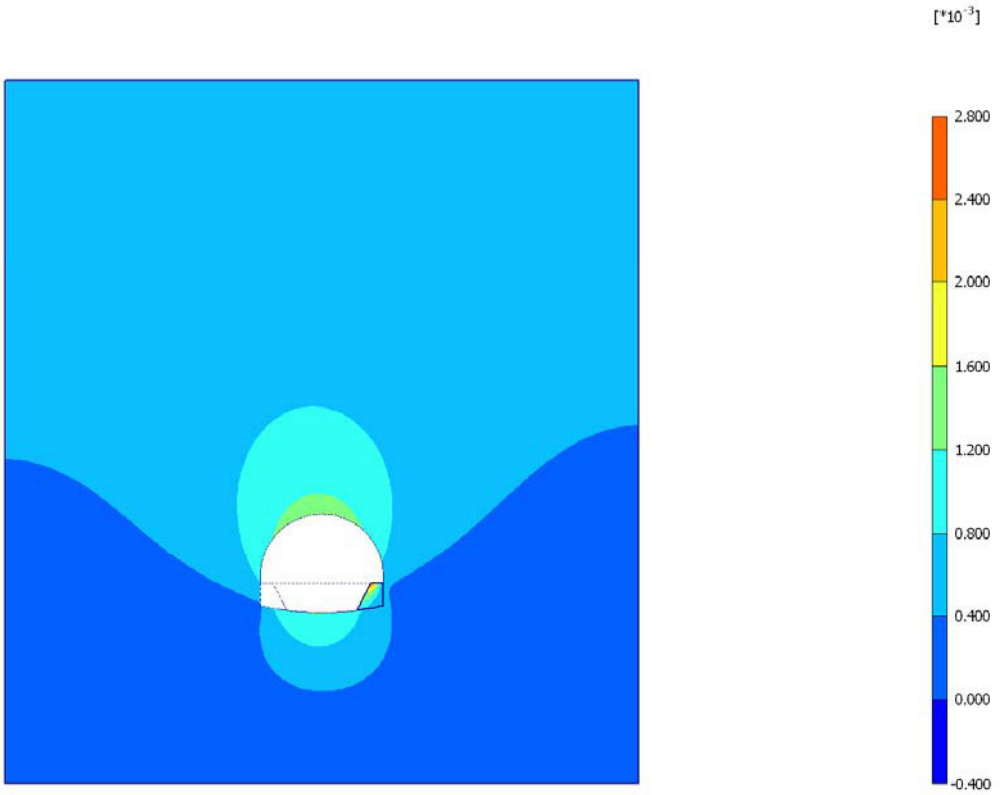


Fig. 16 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 29 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

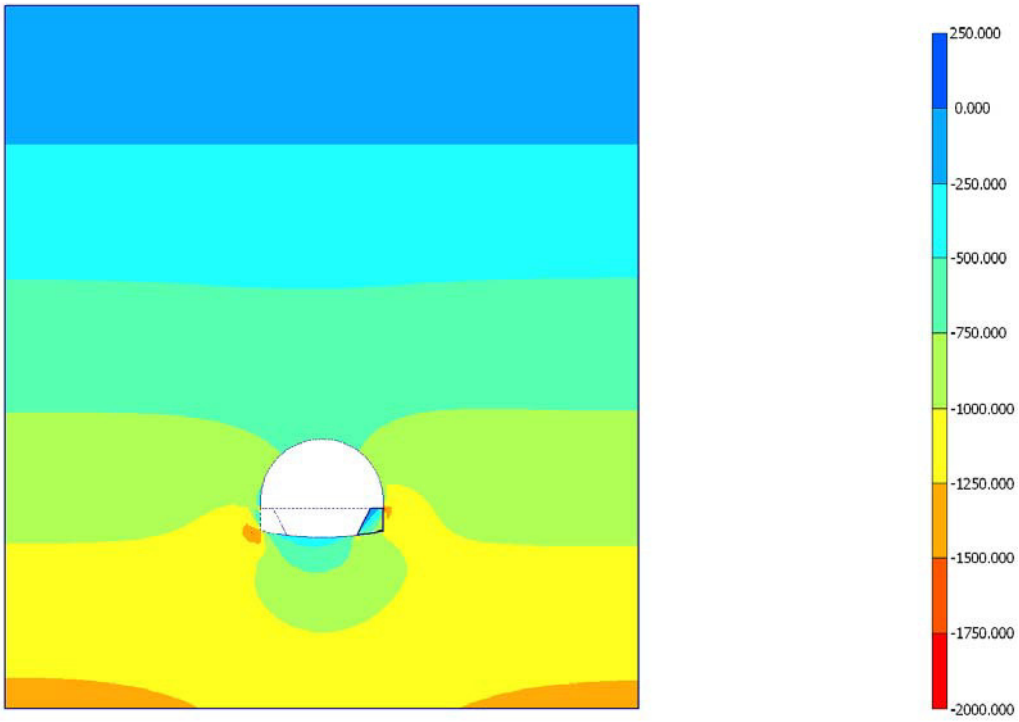


Fig. 17 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 29 - (Phase: 5)

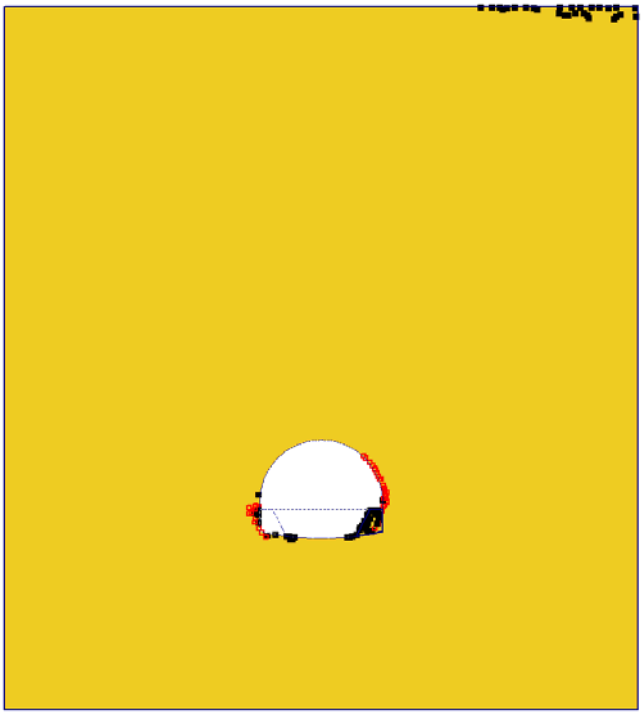
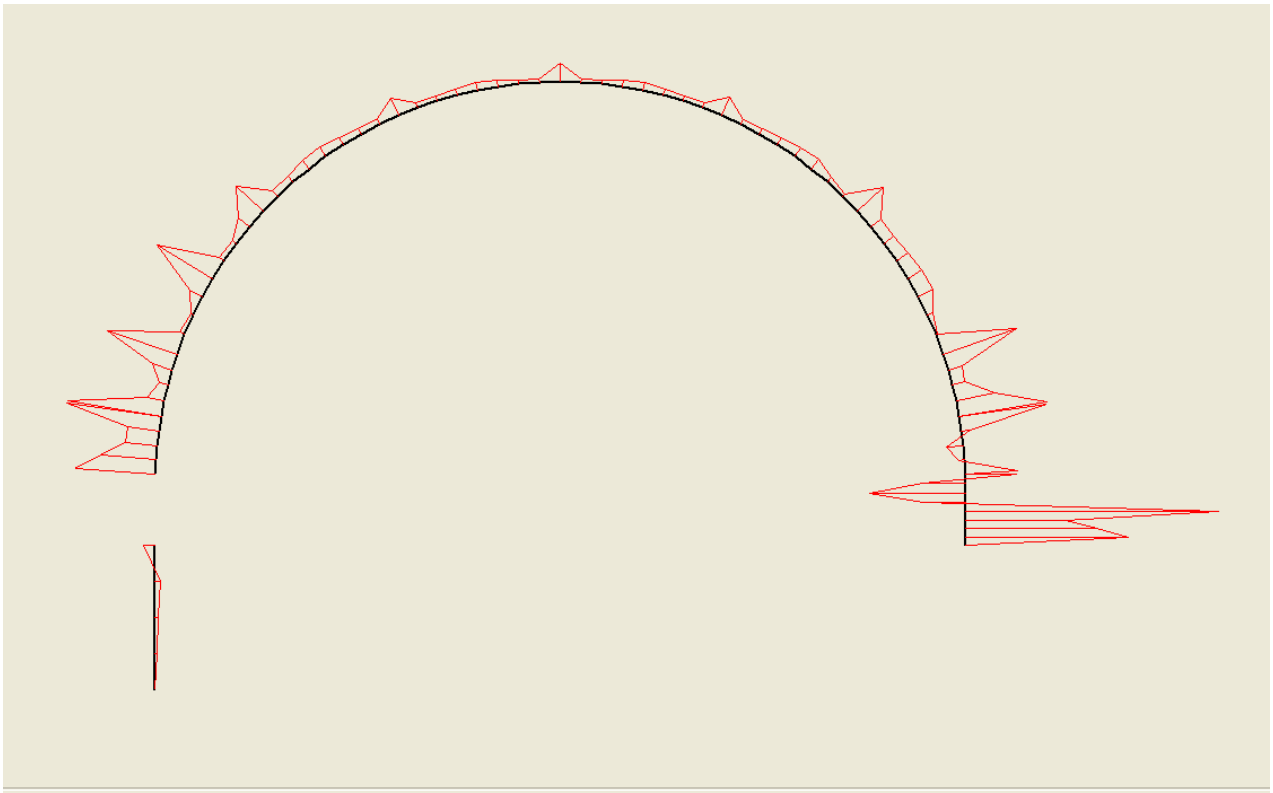


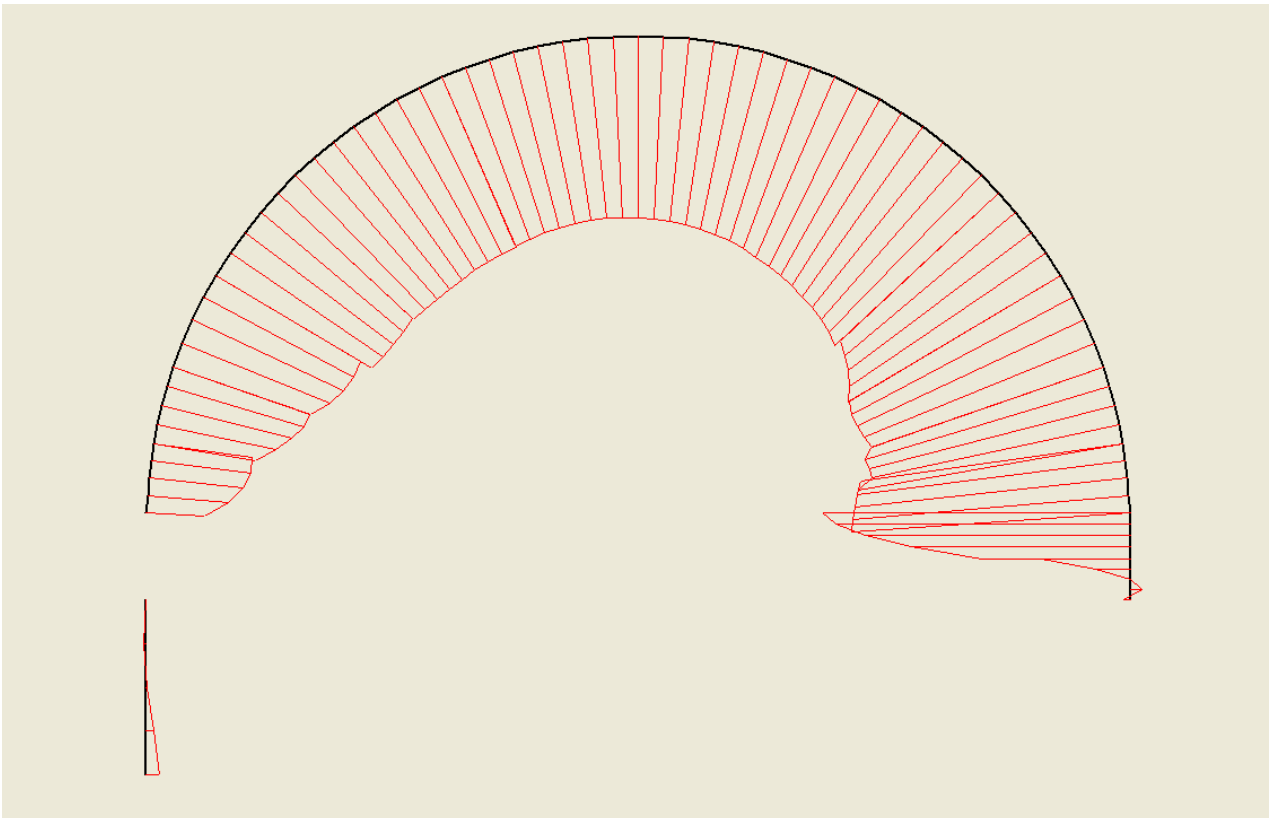
Fig. 18 Plot of plastic points
- Step no: 29 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams



Bending moments
Extreme bending moment -697,77*10 $^{-3}$ kNm/m



Axial forces
Extreme axial force -155,76 kN/m

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2653	-8,800	2,682	8,651	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2295	-4,799	3,046						
2	3515	-8,350	6,112	4,732	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2981	-4,536	4,911						
3	4035	-6,510	9,262	3,923	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4159	-3,519	6,606						
4	5169	-3,560	11,392	3,831	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5127	-1,917	7,742						
5	6579	0,000	12,142	3,838	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5615	0,000	8,142						
6	6993	3,560	11,392	3,780	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6063	1,917	7,742						
7	7115	6,510	9,262	3,709	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6175	3,519	6,606						
8	6229	8,350	6,112	3,981	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5765	4,536	4,911						
9	5471	8,800	2,682	5,557	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4399	4,799	3,046						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

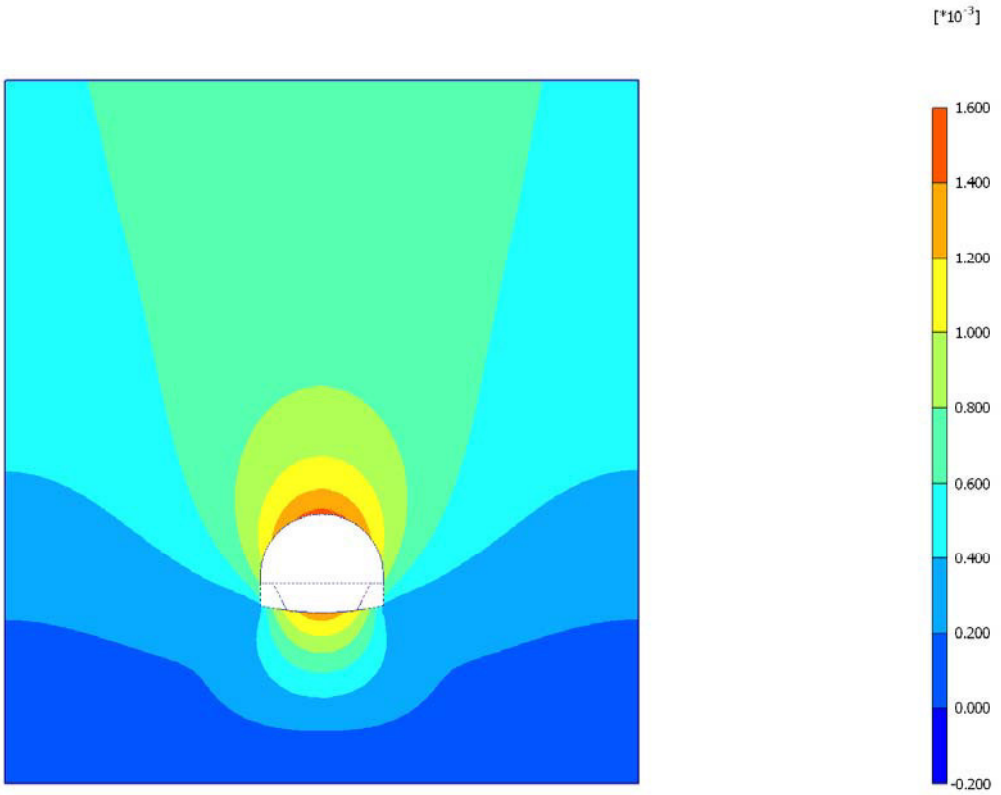


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 34 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

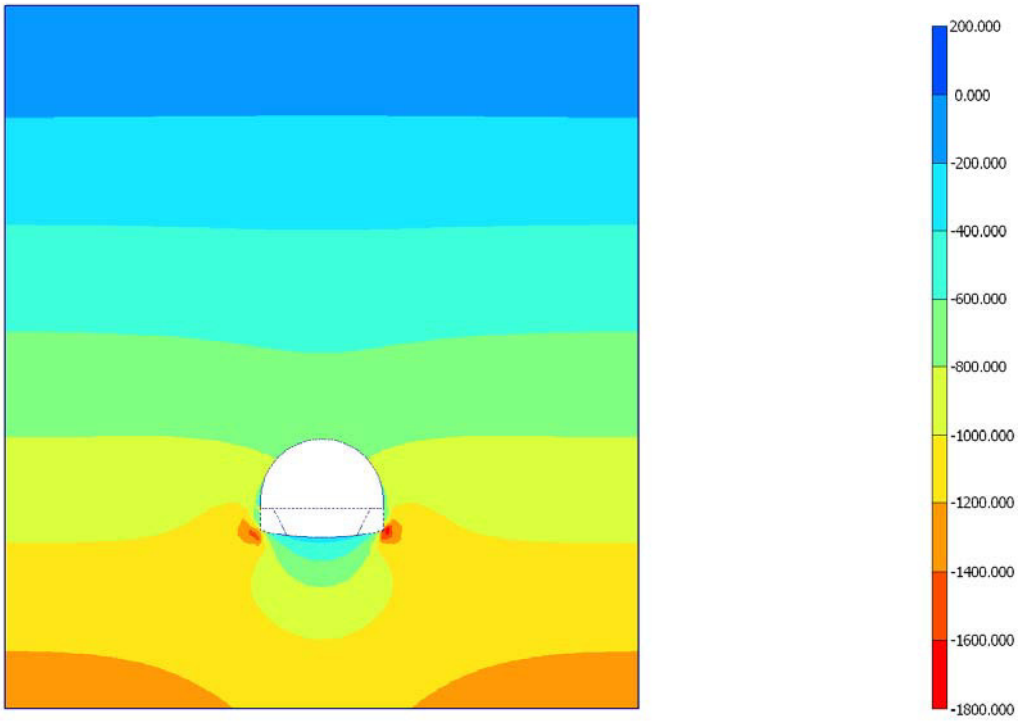


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 34 - (Phase: 6)

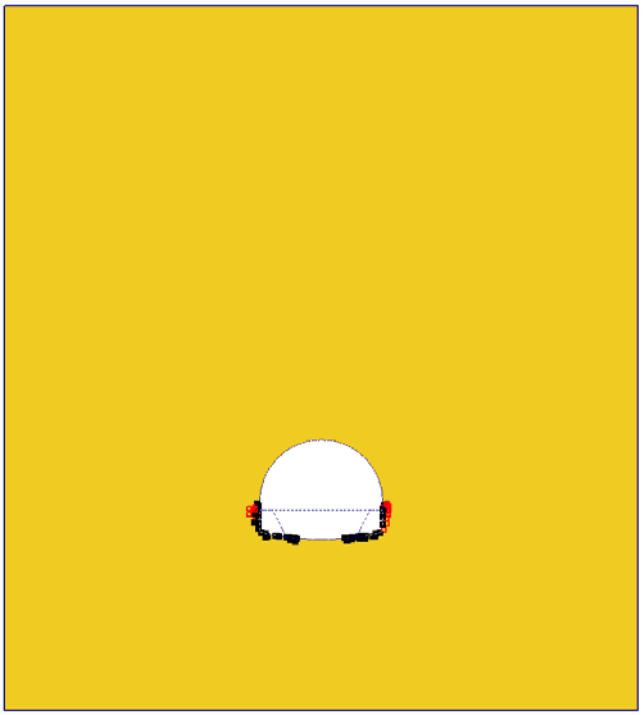
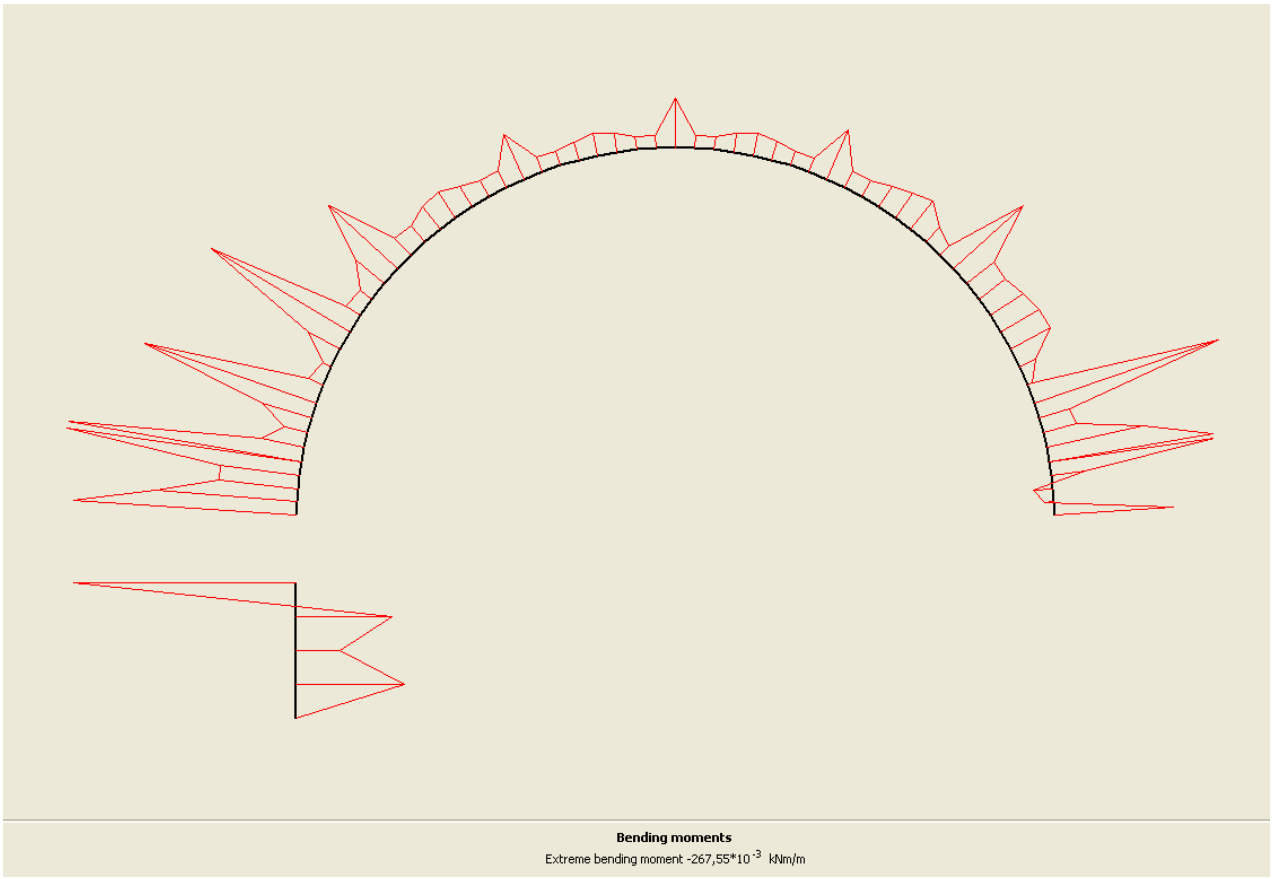
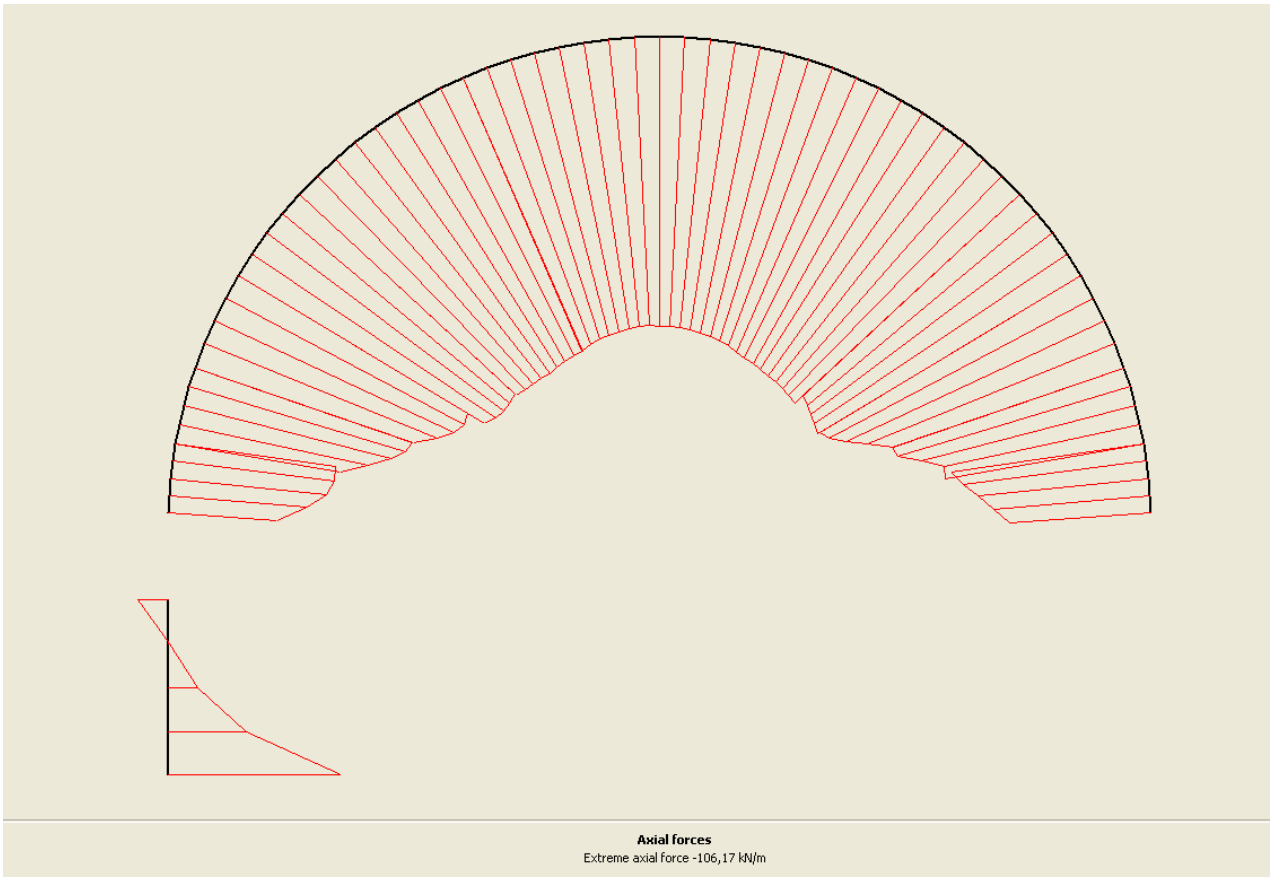


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 34 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams





11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2653	-8,800	2,682	8,812	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2295	-4,799	3,046						
2	3515	-8,350	6,112	4,784	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2981	-4,536	4,911						
3	4035	-6,510	9,262	3,965	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4159	-3,519	6,606						
4	5169	-3,560	11,392	3,871	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5127	-1,917	7,742						
5	6579	0,000	12,142	3,885	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5615	0,000	8,142						
6	6993	3,560	11,392	3,869	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6063	1,917	7,742						
7	7115	6,510	9,262	3,952	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6175	3,519	6,606						
8	6229	8,350	6,112	4,748	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5765	4,536	4,911						
9	5471	8,800	2,682	8,090	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4399	4,799	3,046						

12. Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

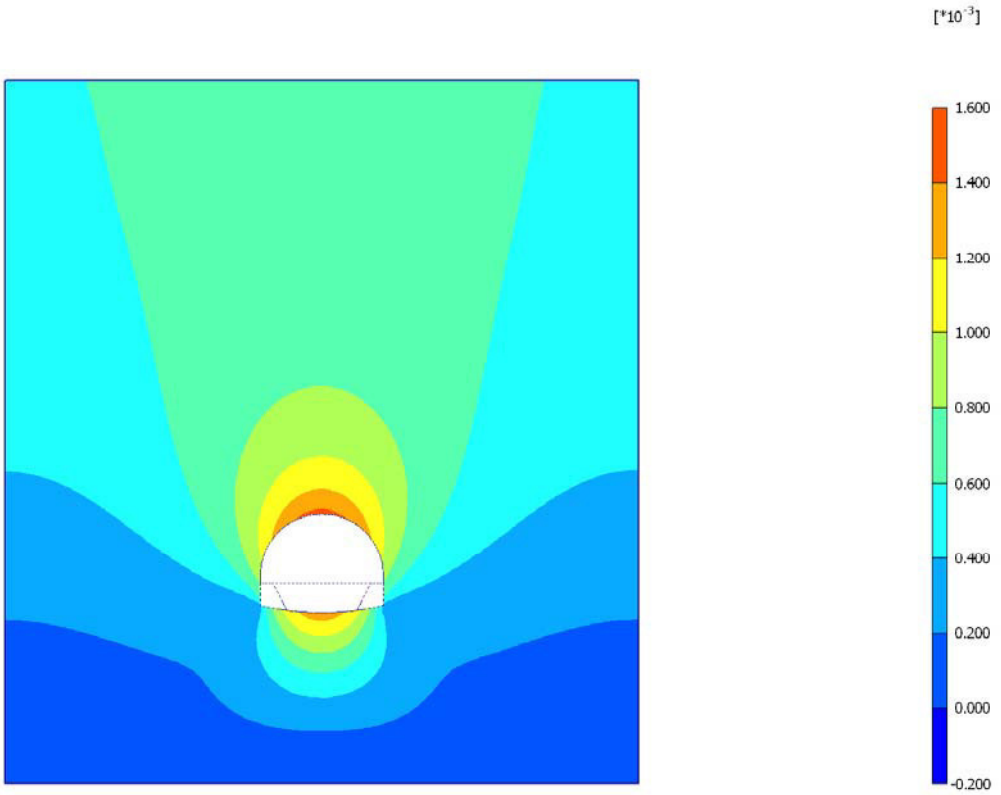


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

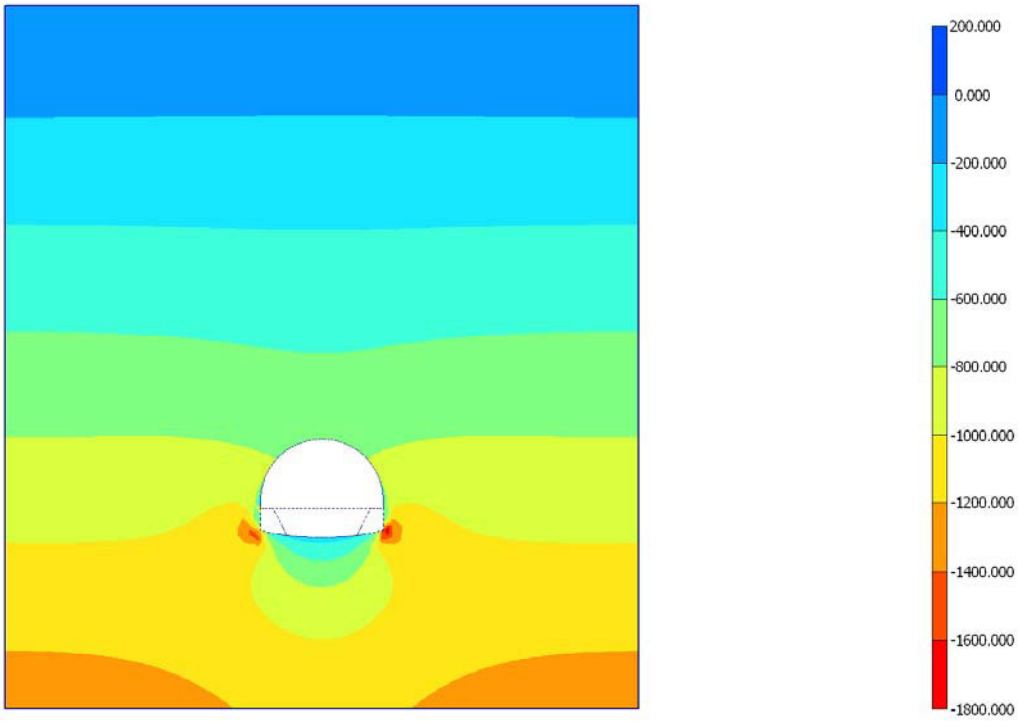


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 7)

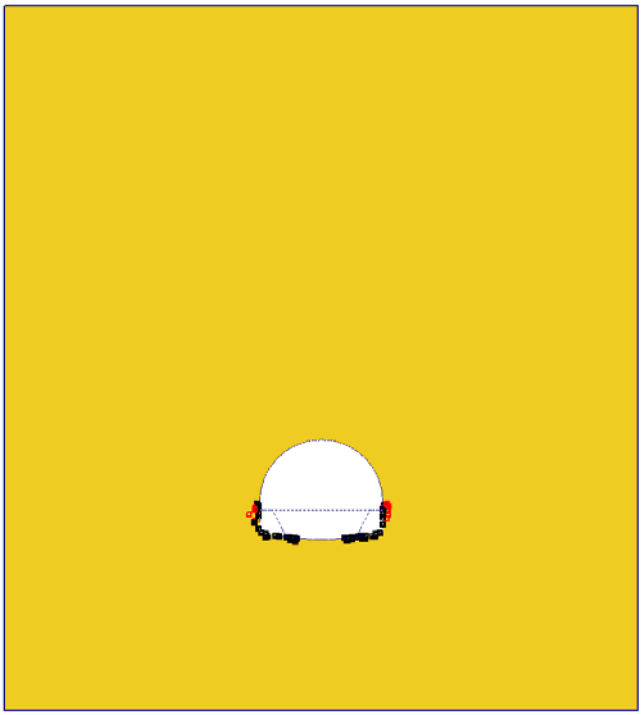
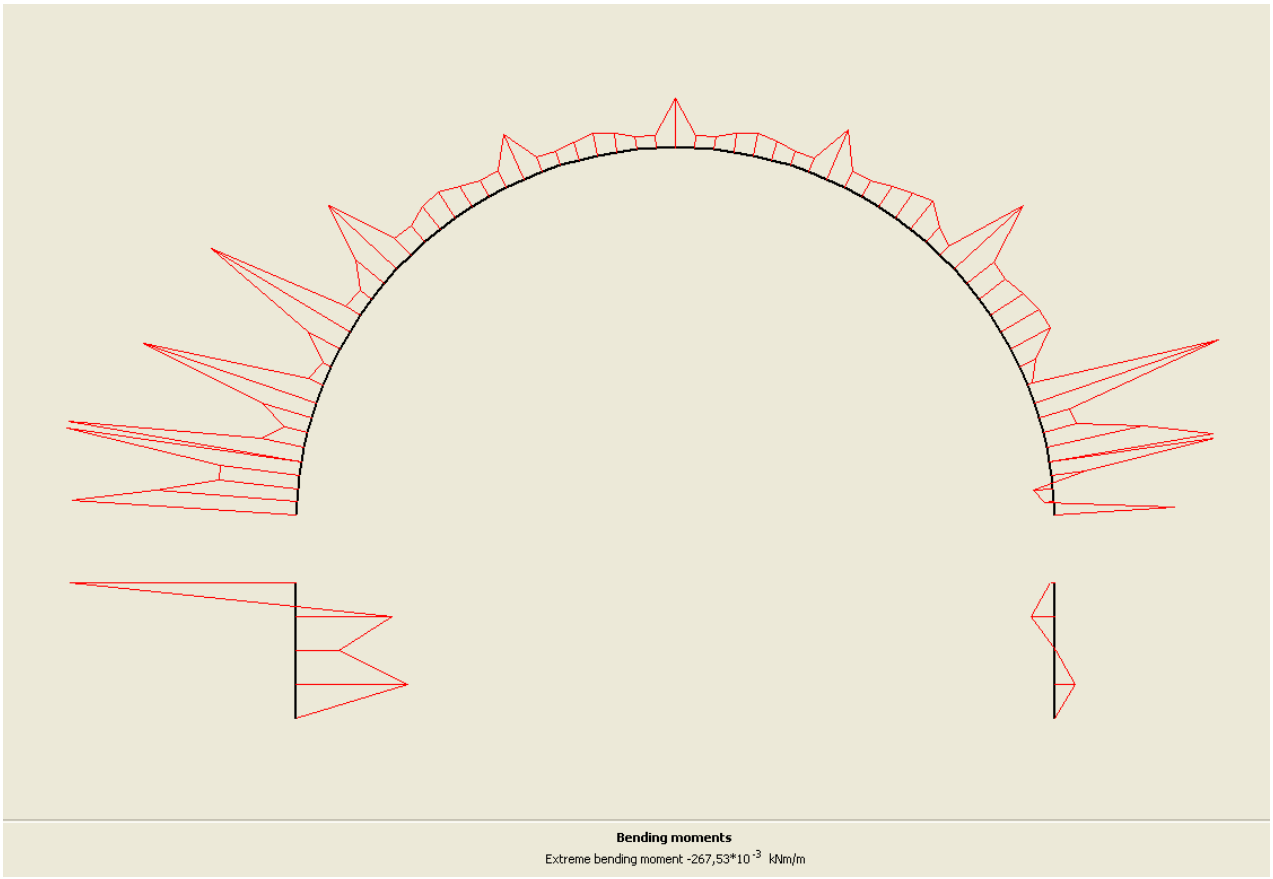
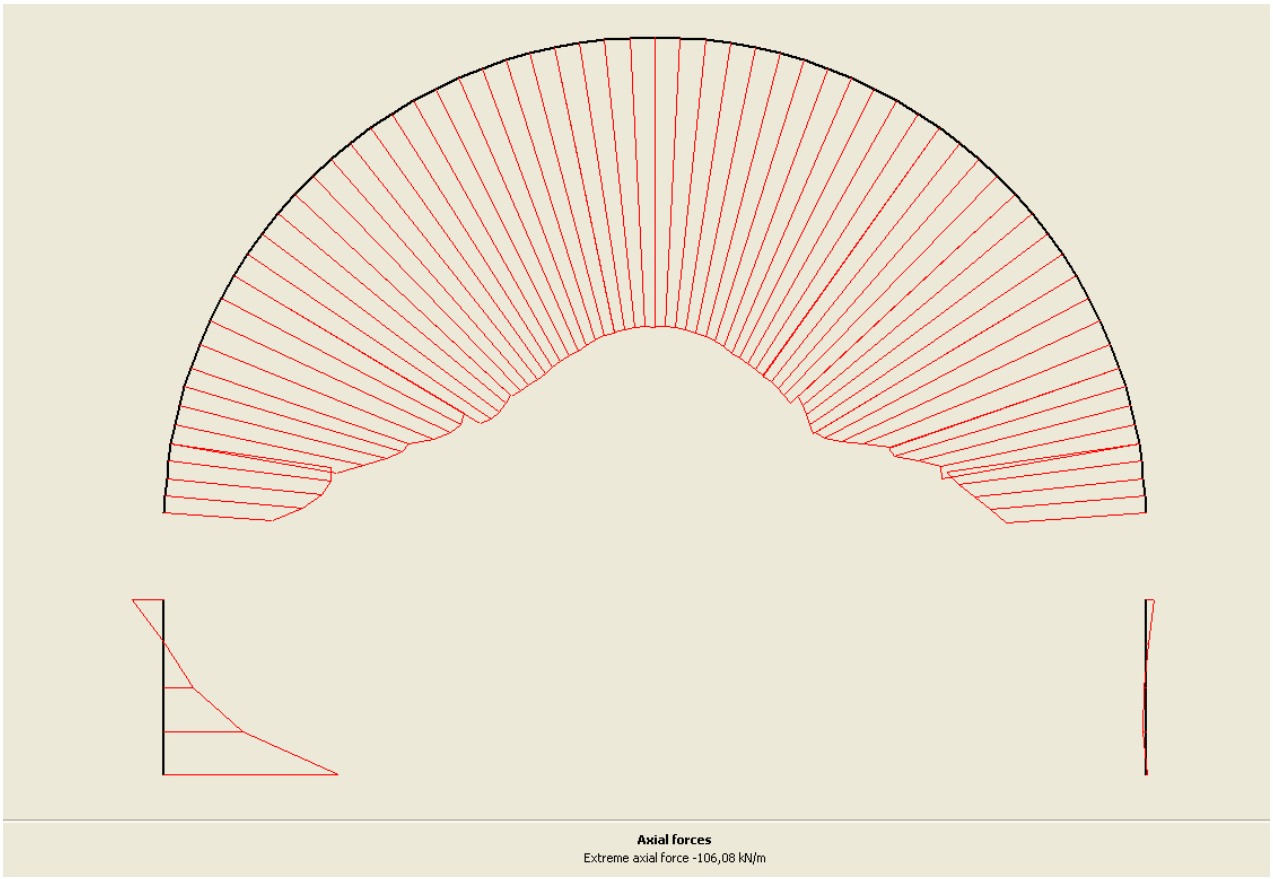


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 36 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams





12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2653	-8,800	2,682	8,815	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	2295	-4,799	3,046						
2	3515	-8,350	6,112	4,785	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2981	-4,536	4,911						
3	4035	-6,510	9,262	3,965	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4159	-3,519	6,606						
4	5169	-3,560	11,392	3,871	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	5127	-1,917	7,742						
5	6579	0,000	12,142	3,885	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5615	0,000	8,142						
6	6993	3,560	11,392	3,870	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6063	1,917	7,742						
7	7115	6,510	9,262	3,954	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6175	3,519	6,606						
8	6229	8,350	6,112	4,750	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5765	4,536	4,911						
9	5471	8,800	2,682	8,101	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
	4399	4,799	3,046						

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: ST-III, CS-5 Lutitas y areniscas. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	42,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

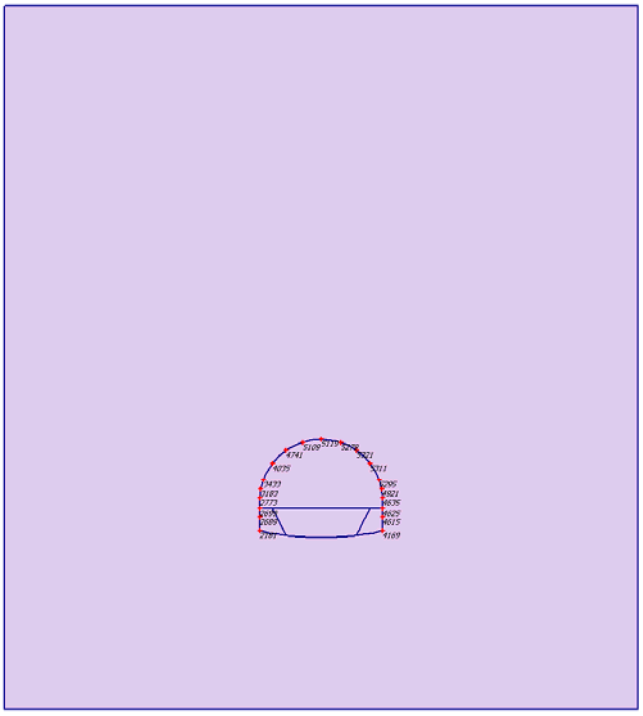


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

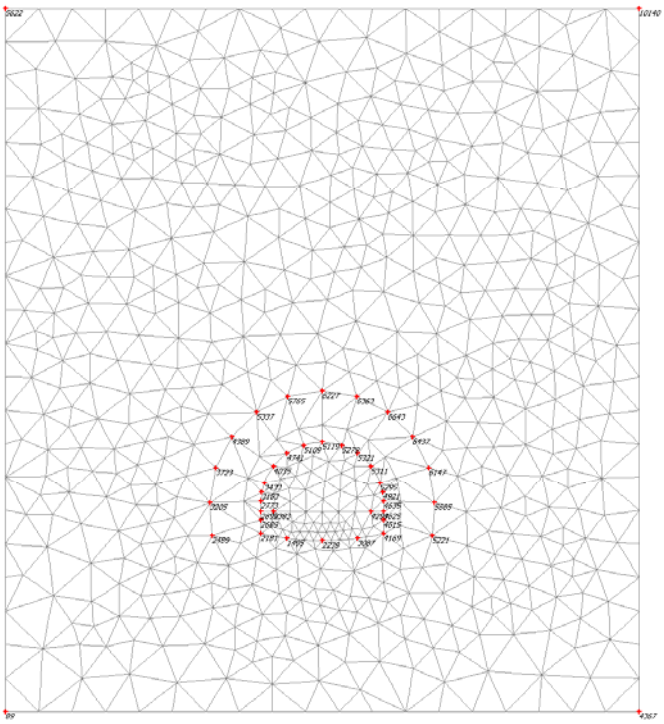


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

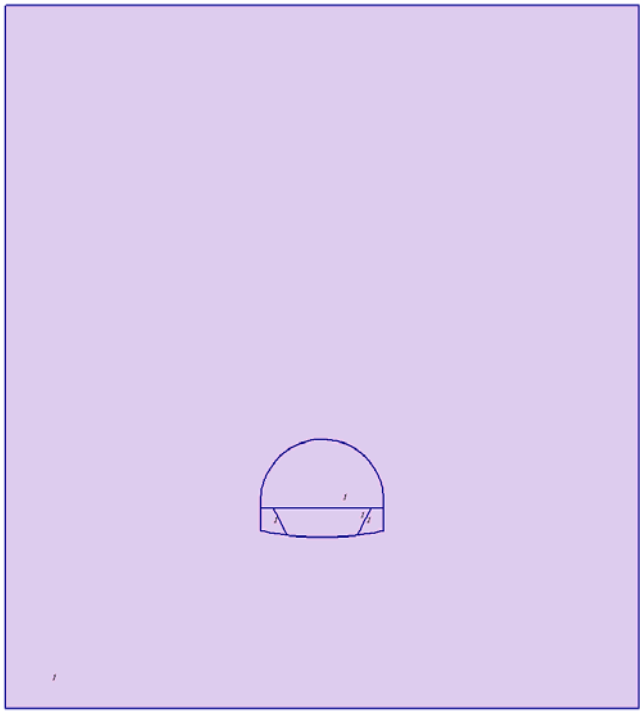


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas y areniscas RMR_45**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,50
γ_{sat}	[kN/m³]	26,50
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	3100000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	1192307,692
E_{oed}	[kN/m²]	4173076,923
c_{ref}	[kN/m²]	190,00
φ	[°]	44,00
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	Gunita 0,12	1,74E6	2090,00	3,00	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,50

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	7
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	8	22
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	23	26
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	27	28
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	29	32
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	33	37

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

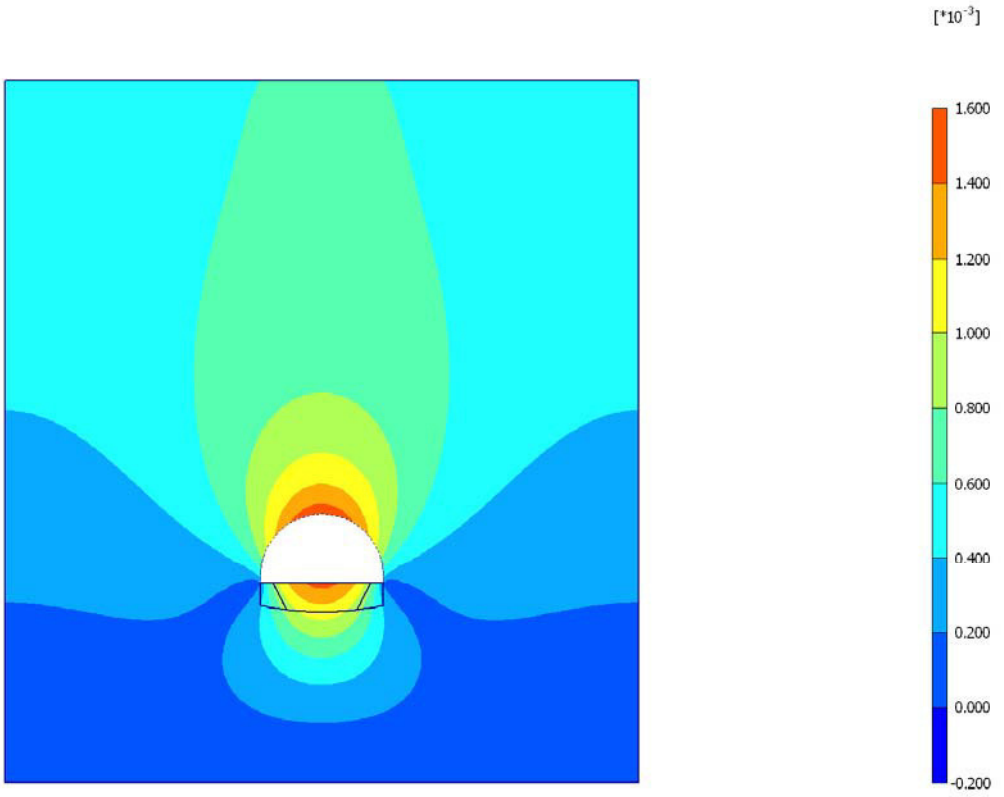


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

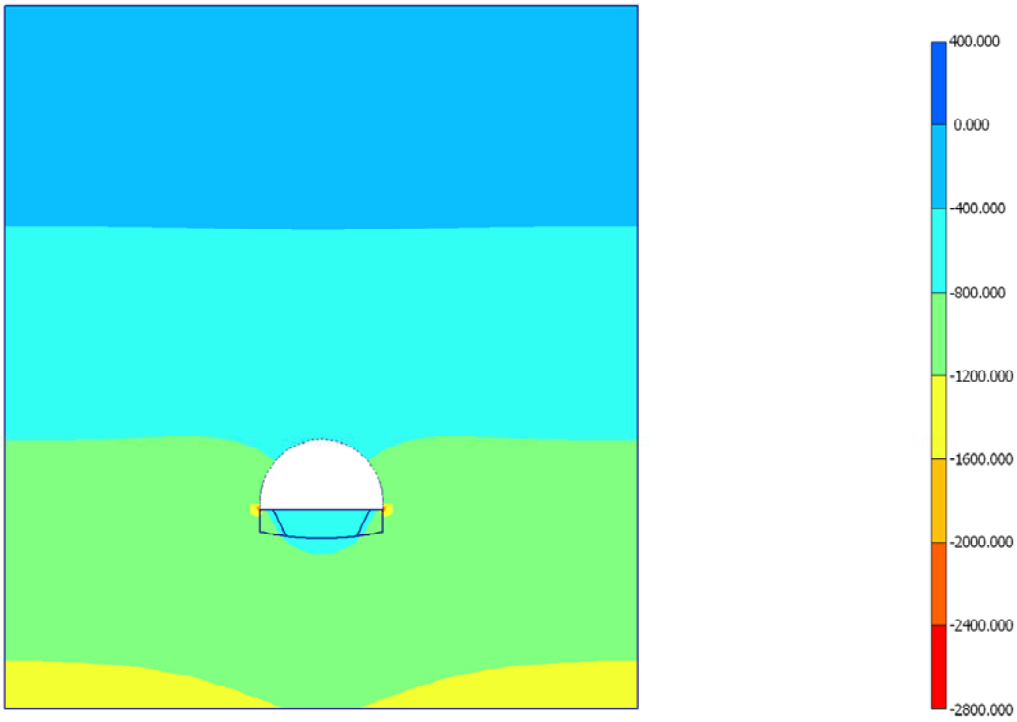


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

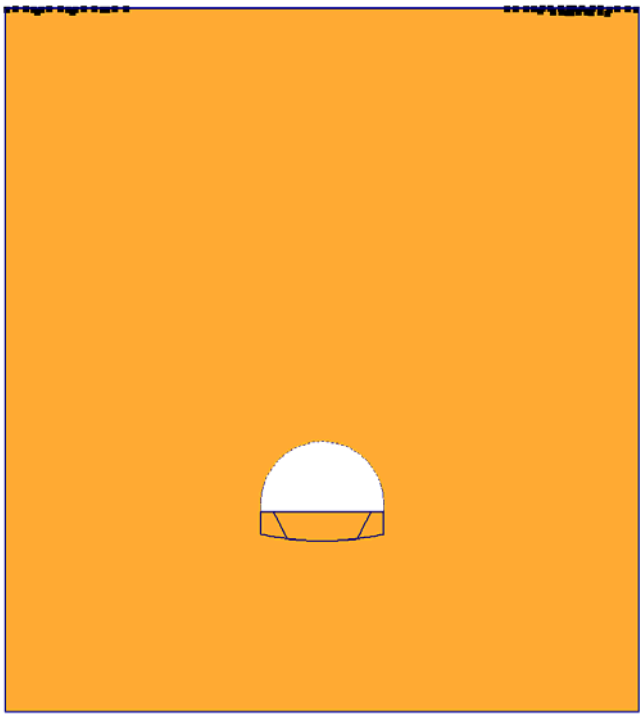


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2489	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2689	-4,799	1,992						
2	3205	-8,800	3,382	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2773	-4,799	3,492						
3	3723	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3433	-4,536	4,911						
4	4389	-7,090	8,552	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4035	-3,837	6,226						
5	5337	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4741	-2,777	7,257						
6	5765	-2,710	11,712	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5109	-1,460	7,914						
7	6227	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5119	0,000	8,142						
8	6363	2,710	11,712	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5279	1,551	7,884						
9	6643	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5321	2,777	7,257						
10	6437	7,090	8,552	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5311	3,837	6,226						
11	6147	8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5295	4,536	4,911						
12	5665	8,800	3,382	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4635	4,799	3,492						
13	5221	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4615	4,799	1,982						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

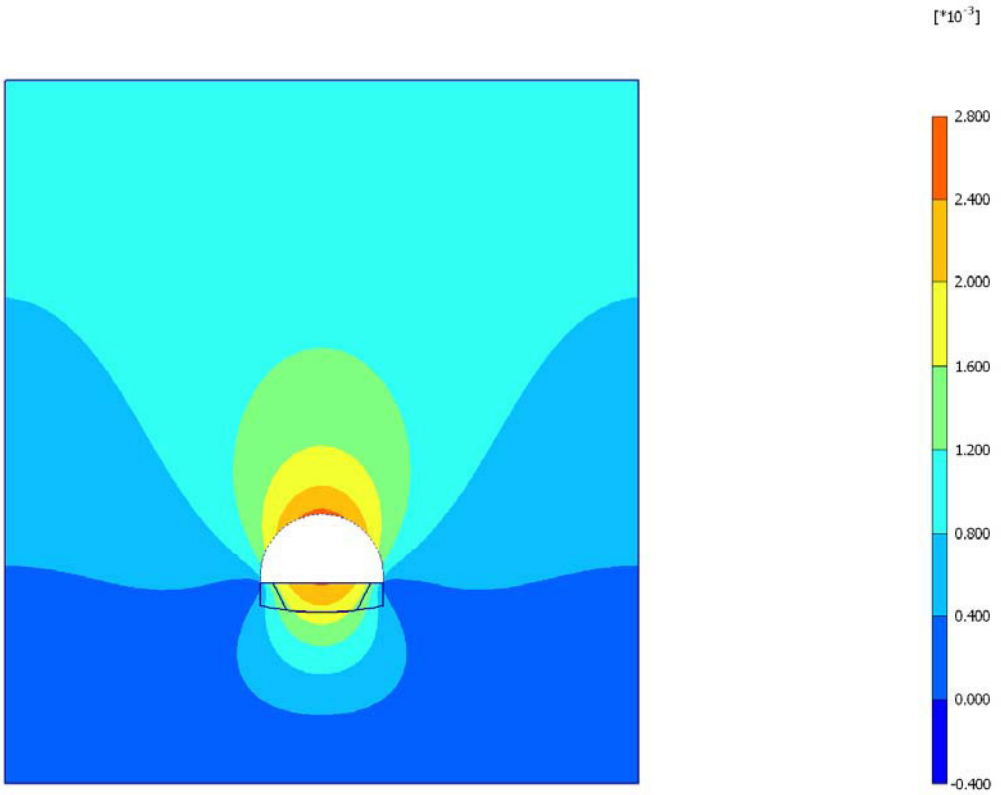


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 7 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

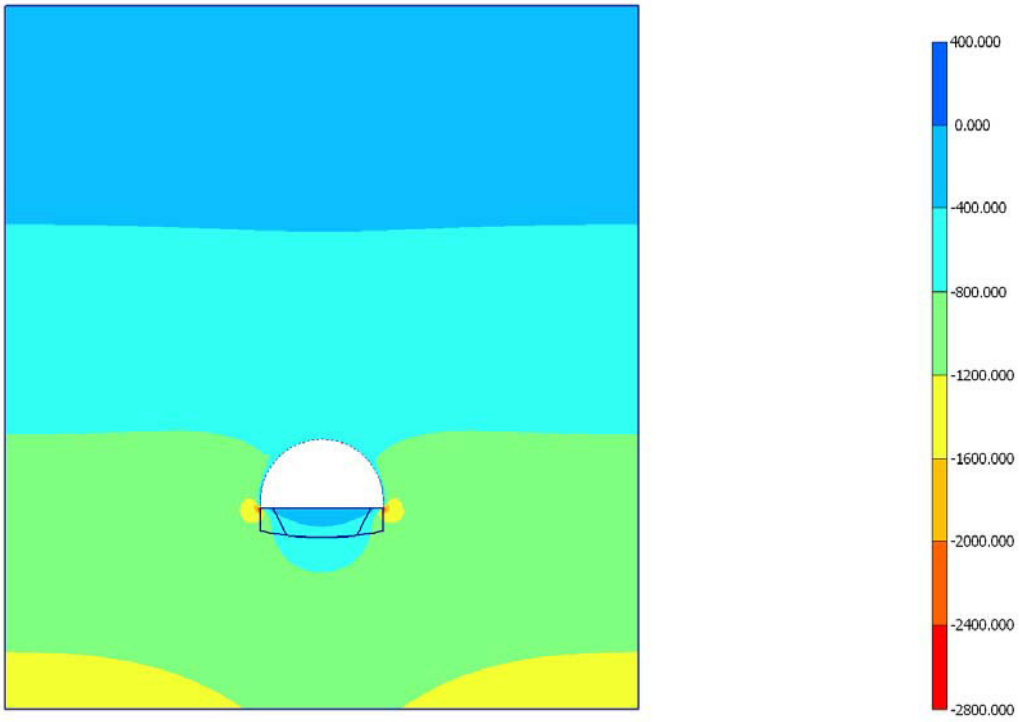


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 7 - (Phase: 2)

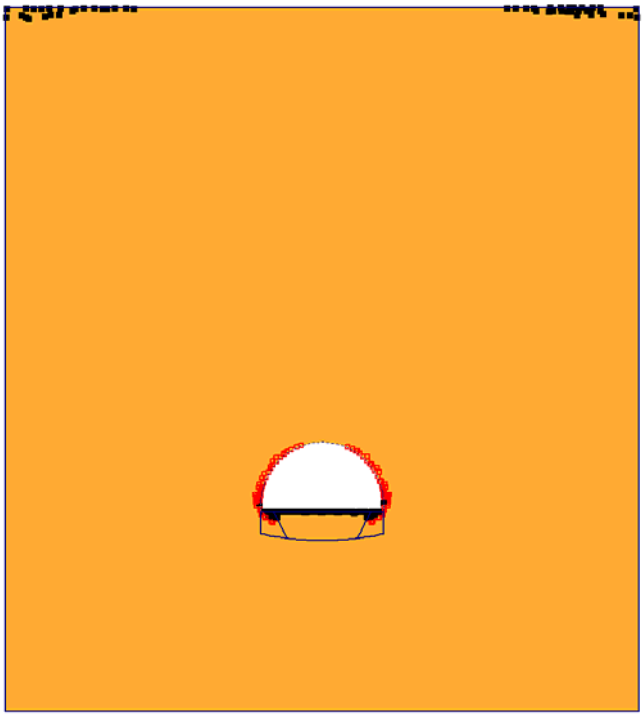


Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 7 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

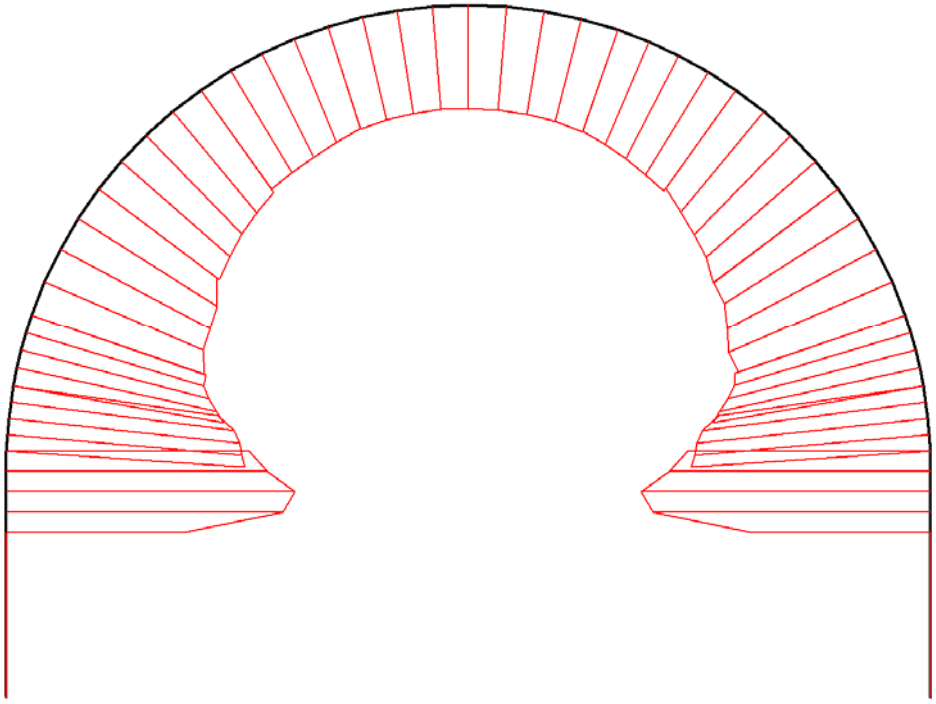


Fig. 10 Axial forces in beam
Extreme value -430,92 kN/m (Phase: 2)

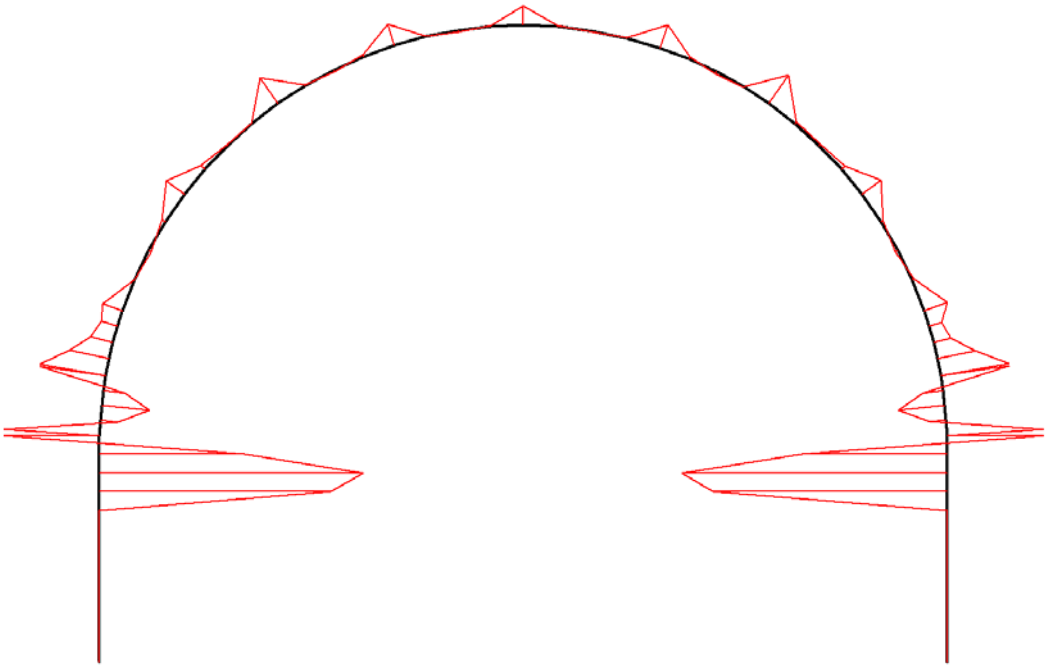


Fig. 11 Bending moments in beam
Extreme value 2,95 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2489	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2689	-4,799	1,992						
2	3205	-8,800	3,382	8,016	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2773	-4,799	3,492						
3	3723	-8,350	6,112	7,099	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3433	-4,536	4,911						
4	4389	-7,090	8,552	7,255	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4035	-3,837	6,226						
5	5337	-5,150	10,482	7,302	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4741	-2,777	7,257						
6	5765	-2,710	11,712	7,442	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5109	-1,460	7,914						
7	6227	0,000	12,142	7,520	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5119	0,000	8,142						
8	6363	2,710	11,712	7,420	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5279	1,551	7,884						
9	6643	5,150	10,482	7,288	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5321	2,777	7,257						
10	6437	7,090	8,552	7,285	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5311	3,837	6,226						
11	6147	8,350	6,112	7,080	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5295	4,536	4,911						
12	5665	8,800	3,382	7,992	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4635	4,799	3,492						
13	5221	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4615	4,799	1,982						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

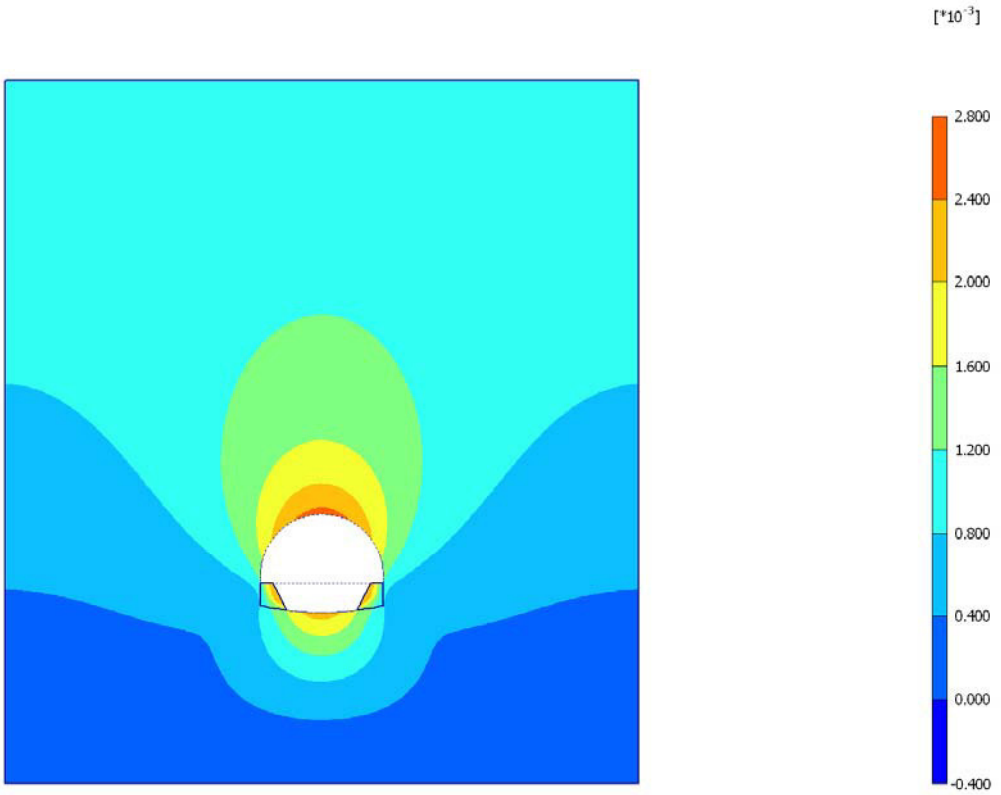


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

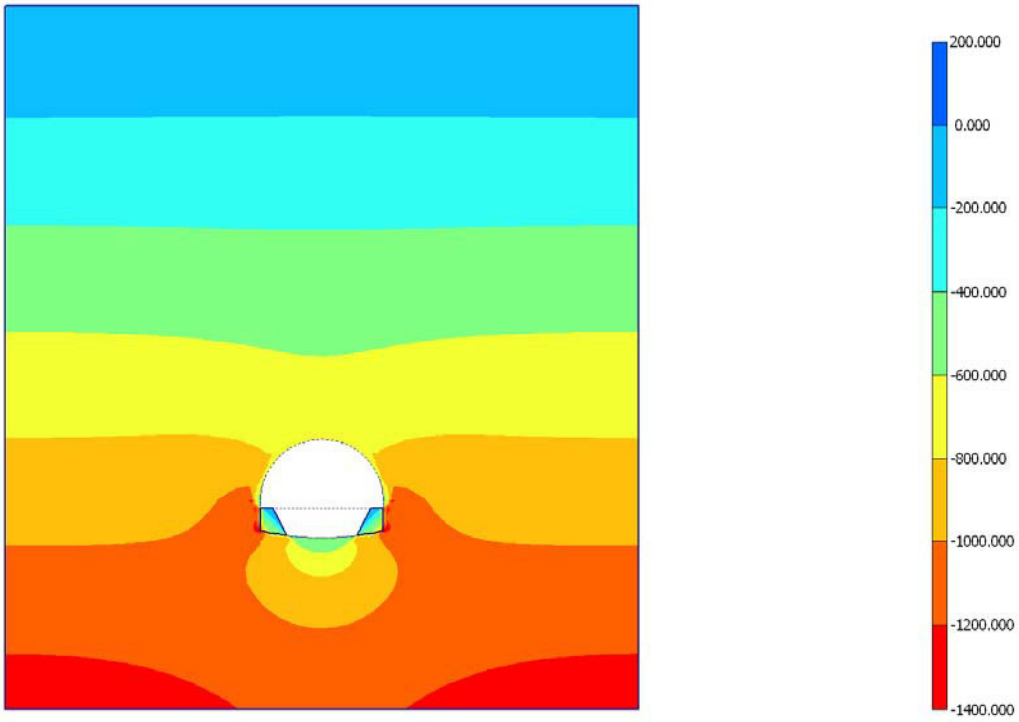


Fig. 13 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 3)

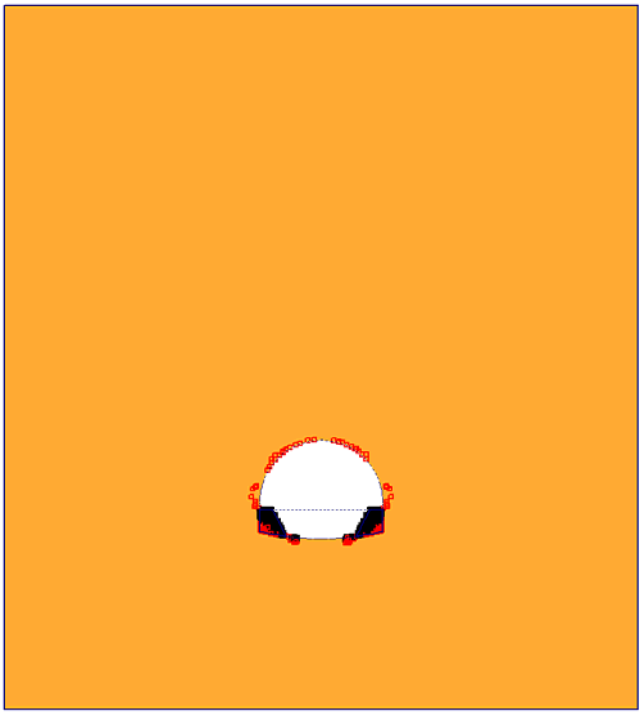


Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 22 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

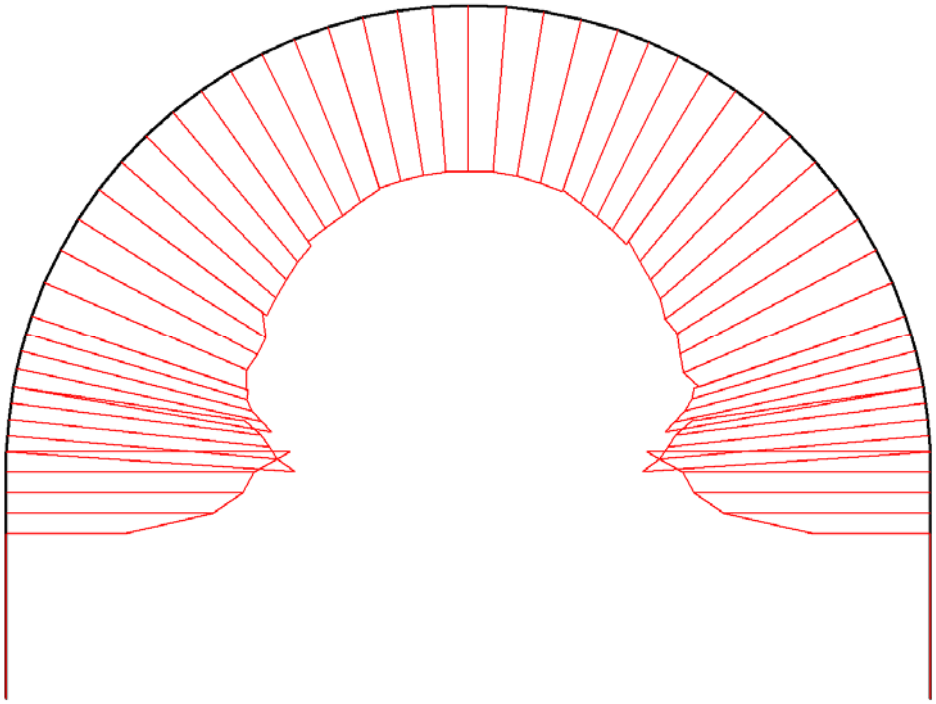


Fig. 15 Axial forces in beam
Extreme value -344,82 kN/m (Phase: 3)

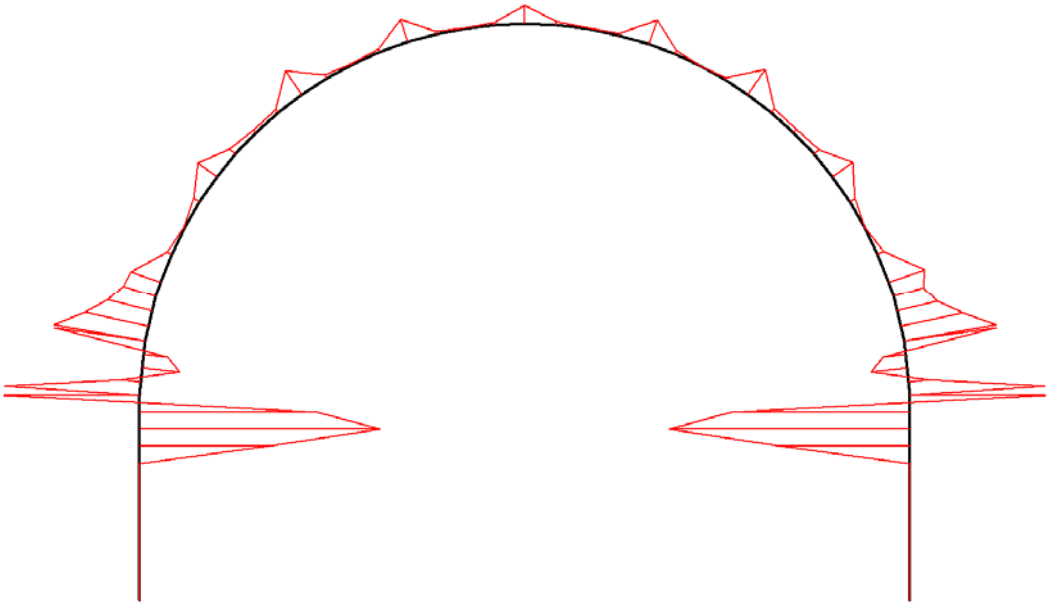


Fig. 16 Bending moments in beam
Extreme value 3,14 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2489	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2689	-4,799	1,992						
2	3205	-8,800	3,382	14,239	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2773	-4,799	3,492						
3	3723	-8,350	6,112	8,529	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3433	-4,536	4,911						
4	4389	-7,090	8,552	7,806	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4035	-3,837	6,226						
5	5337	-5,150	10,482	7,513	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4741	-2,777	7,257						
6	5765	-2,710	11,712	7,487	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5109	-1,460	7,914						
7	6227	0,000	12,142	7,526	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5119	0,000	8,142						
8	6363	2,710	11,712	7,479	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5279	1,551	7,884						
9	6643	5,150	10,482	7,502	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5321	2,777	7,257						
10	6437	7,090	8,552	7,840	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5311	3,837	6,226						
11	6147	8,350	6,112	8,511	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5295	4,536	4,911						
12	5665	8,800	3,382	14,244	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4635	4,799	3,492						
13	5221	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4615	4,799	1,982						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

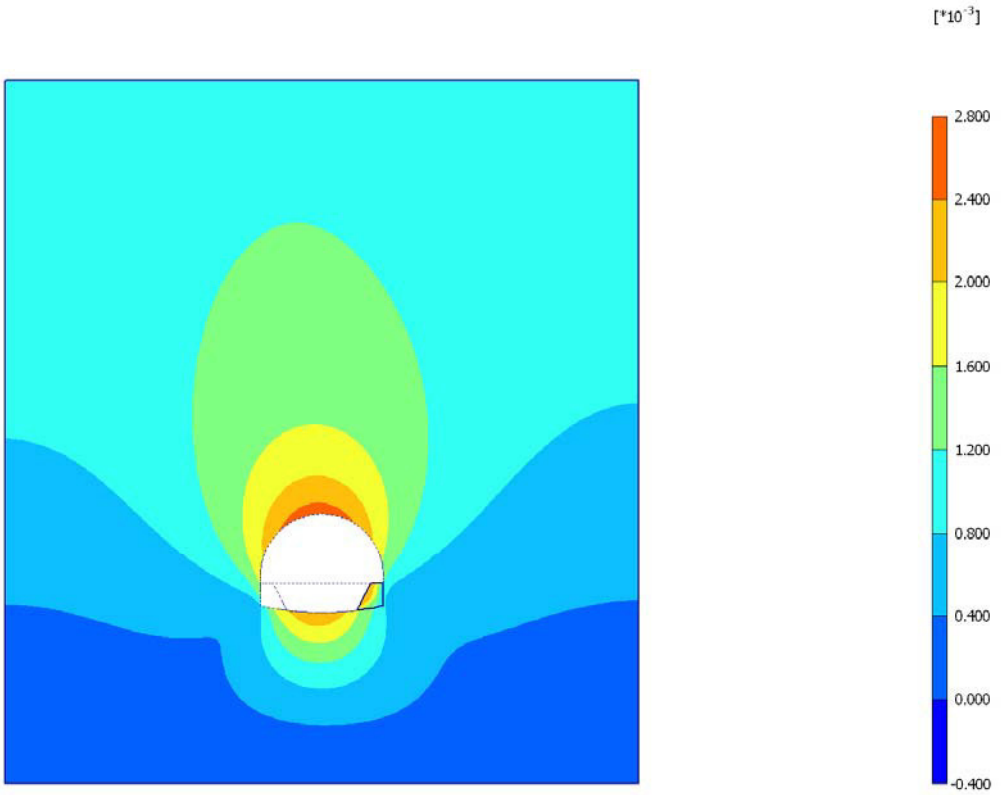


Fig. 17 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 26 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

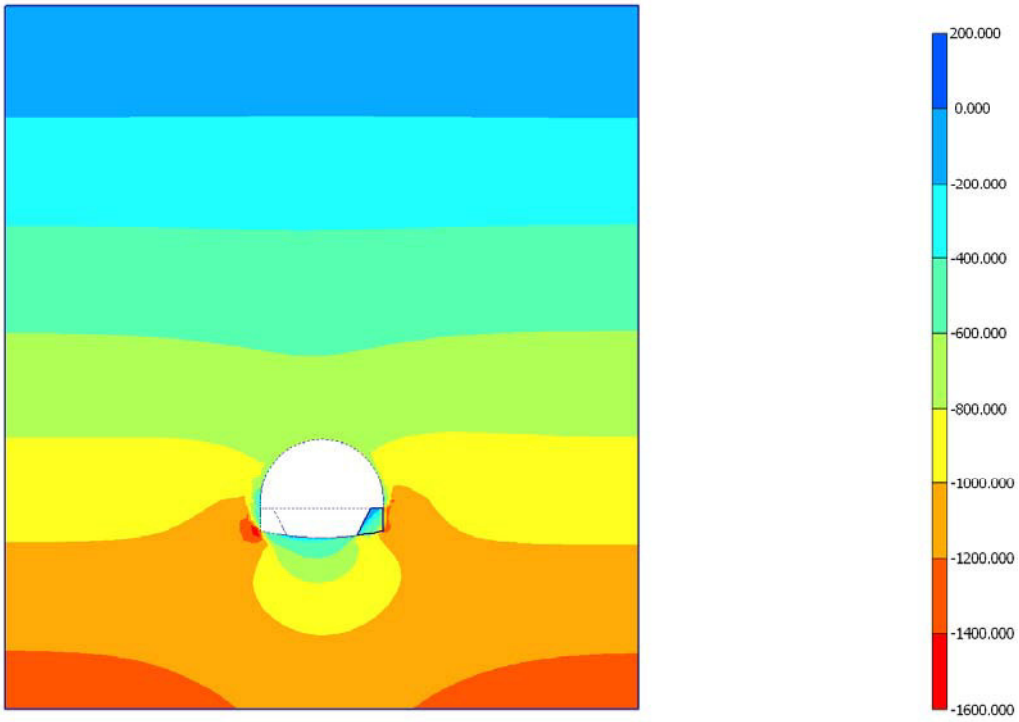


Fig. 18 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 26 - (Phase: 4)

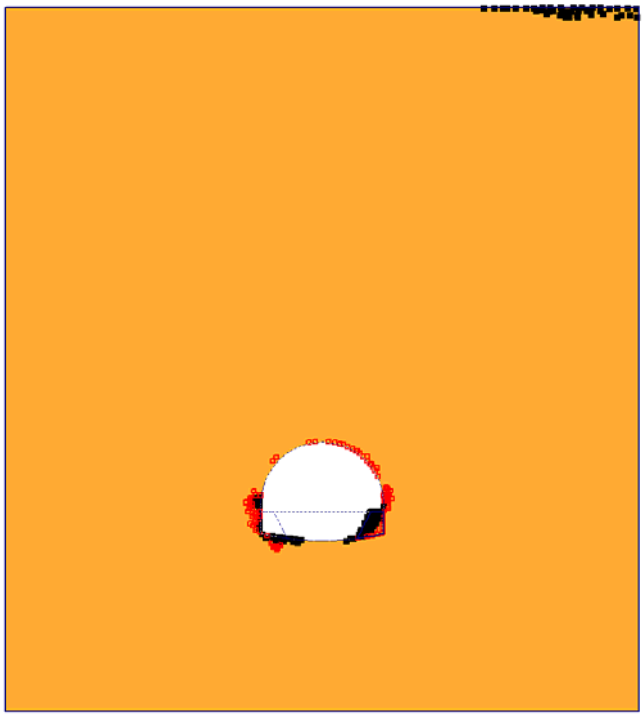


Fig. 19 Plot of plastic points
- Step no: 26 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

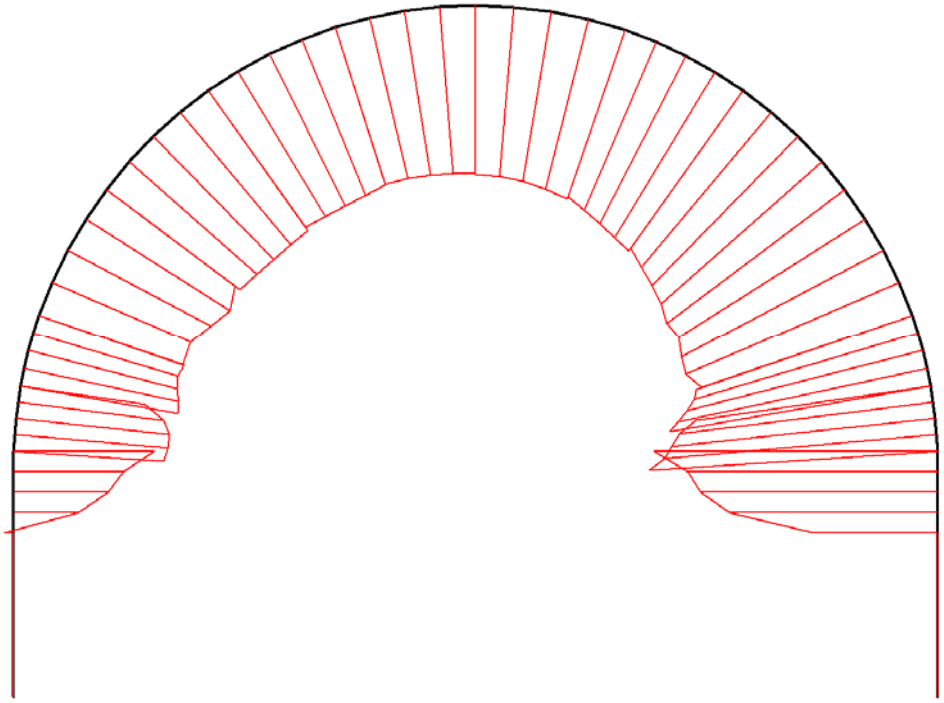


Fig. 20 Axial forces in beam
Extreme value -360,33 kN/m (Phase: 4)

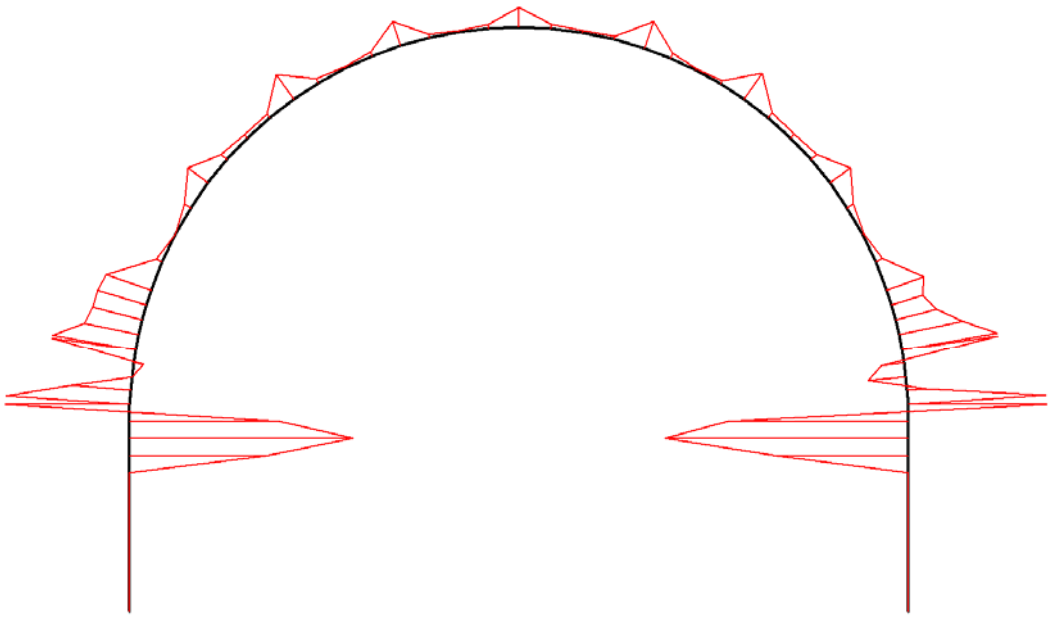


Fig. 21 Bending moments in beam
Extreme value 3,17 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2489	-8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2689	-4,799	1,992						
2	3205	-8,800	3,382	19,163	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2773	-4,799	3,492						
3	3723	-8,350	6,112	10,061	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3433	-4,536	4,911						
4	4389	-7,090	8,552	8,578	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4035	-3,837	6,226						
5	5337	-5,150	10,482	7,891	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4741	-2,777	7,257						
6	5765	-2,710	11,712	7,669	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5109	-1,460	7,914						
7	6227	0,000	12,142	7,621	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5119	0,000	8,142						
8	6363	2,710	11,712	7,528	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5279	1,551	7,884						
9	6643	5,150	10,482	7,560	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5321	2,777	7,257						
10	6437	7,090	8,552	7,885	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5311	3,837	6,226						
11	6147	8,350	6,112	8,542	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5295	4,536	4,911						
12	5665	8,800	3,382	14,321	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4635	4,799	3,492						
13	5221	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4615	4,799	1,982						

10. Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

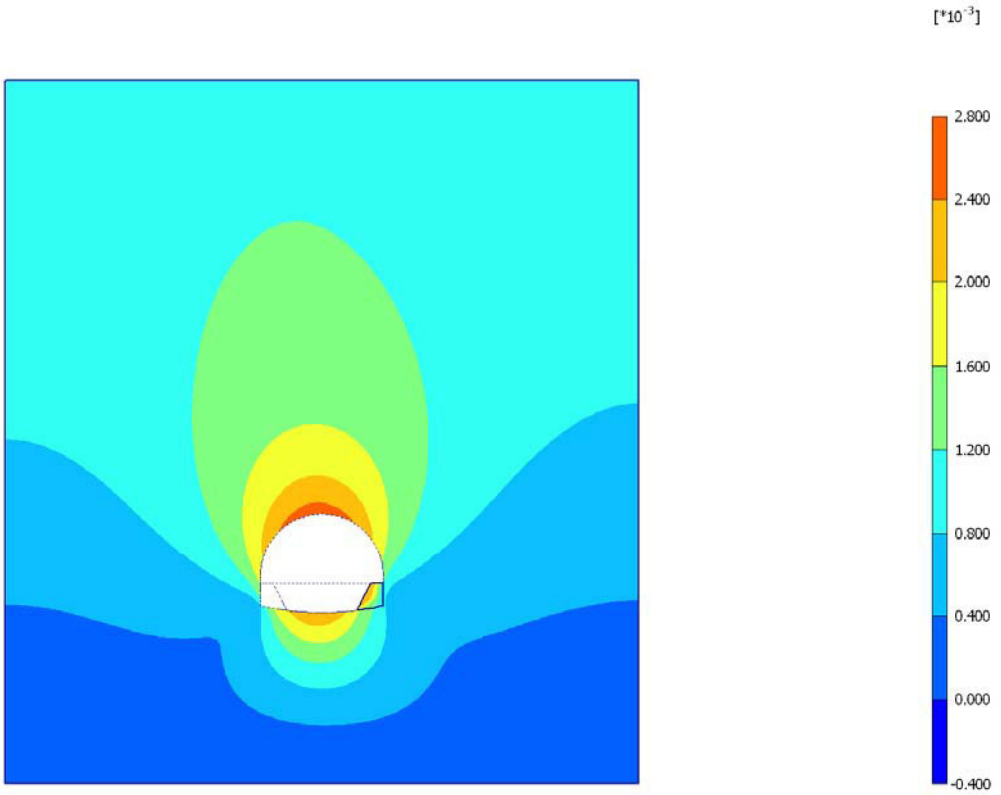


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

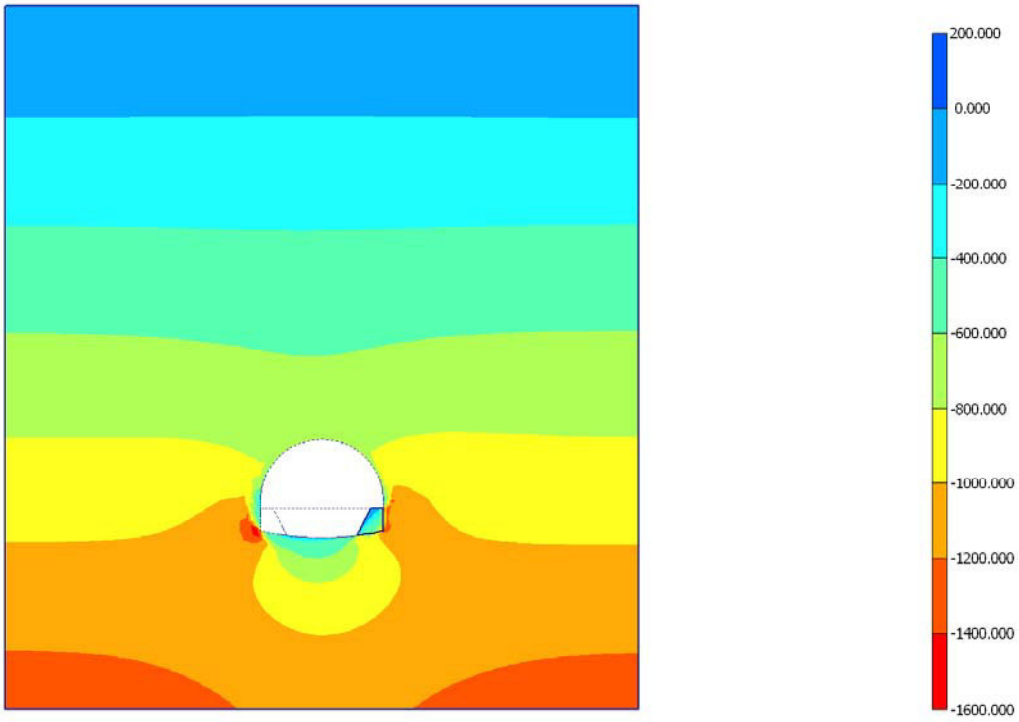


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 5)

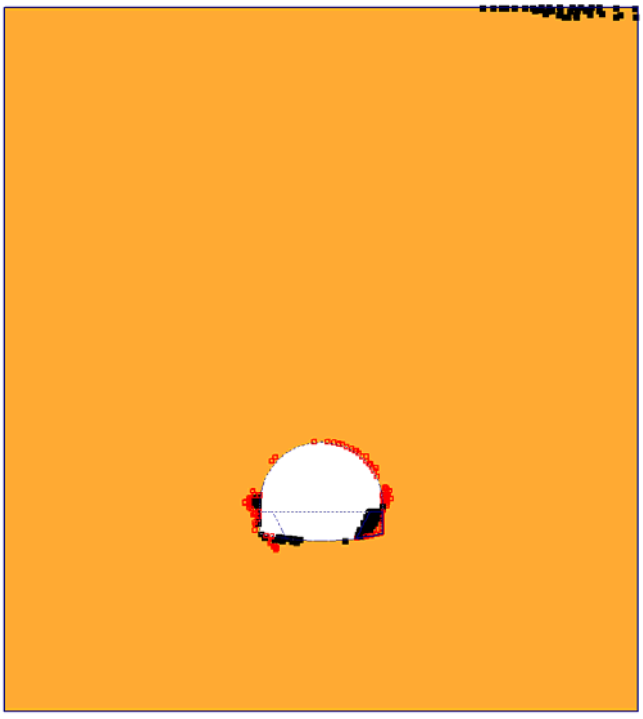


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 28 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

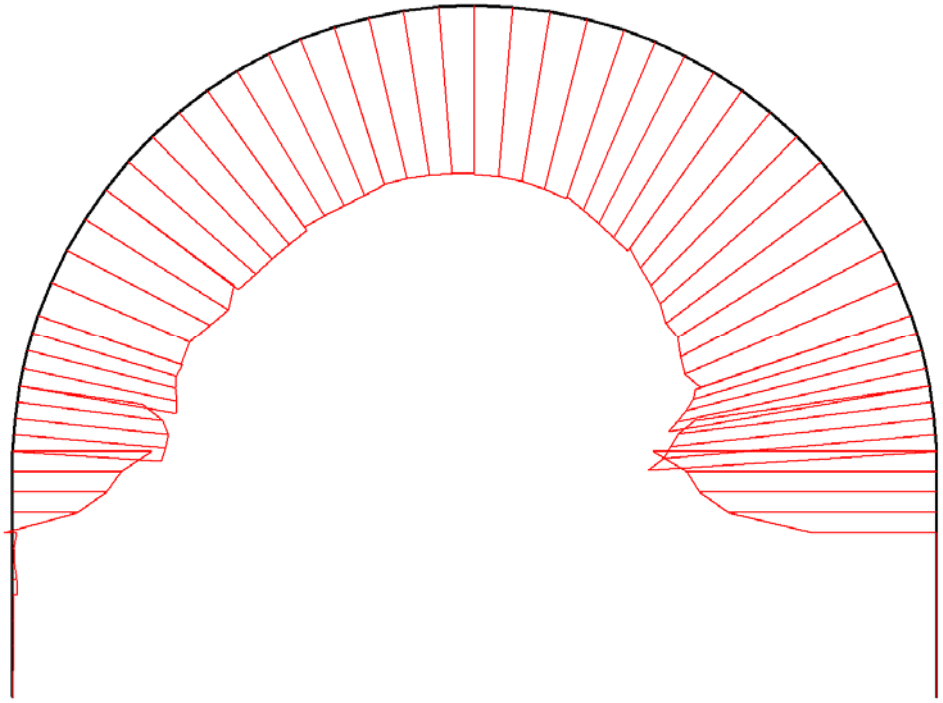


Fig. 25 Axial forces in beam
Extreme value -360,40 kN/m (Phase: 5)

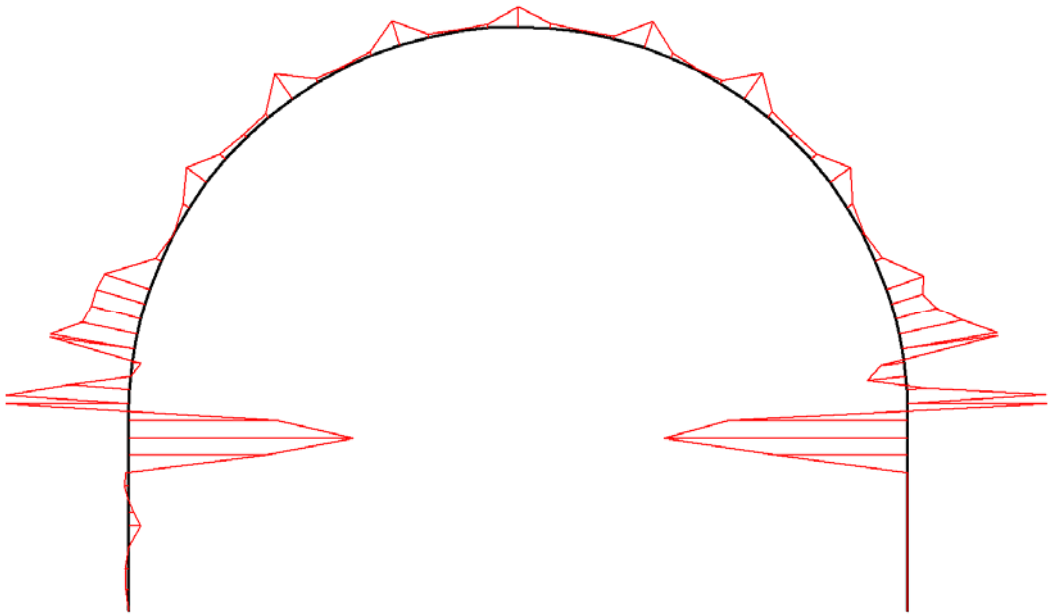


Fig. 26 Bending moments in beam
Extreme value 3,17 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2489	-8,617	0,789	0,138	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2689	-4,799	1,992						
2	3205	-8,800	3,382	19,220	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2773	-4,799	3,492						
3	3723	-8,350	6,112	10,069	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3433	-4,536	4,911						
4	4389	-7,090	8,552	8,583	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4035	-3,837	6,226						
5	5337	-5,150	10,482	7,893	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4741	-2,777	7,257						
6	5765	-2,710	11,712	7,671	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5109	-1,460	7,914						
7	6227	0,000	12,142	7,622	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5119	0,000	8,142						
8	6363	2,710	11,712	7,529	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5279	1,551	7,884						
9	6643	5,150	10,482	7,561	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5321	2,777	7,257						
10	6437	7,090	8,552	7,886	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5311	3,837	6,226						
11	6147	8,350	6,112	8,544	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5295	4,536	4,911						
12	5665	8,800	3,382	14,325	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4635	4,799	3,492						
13	5221	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4615	4,799	1,982						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

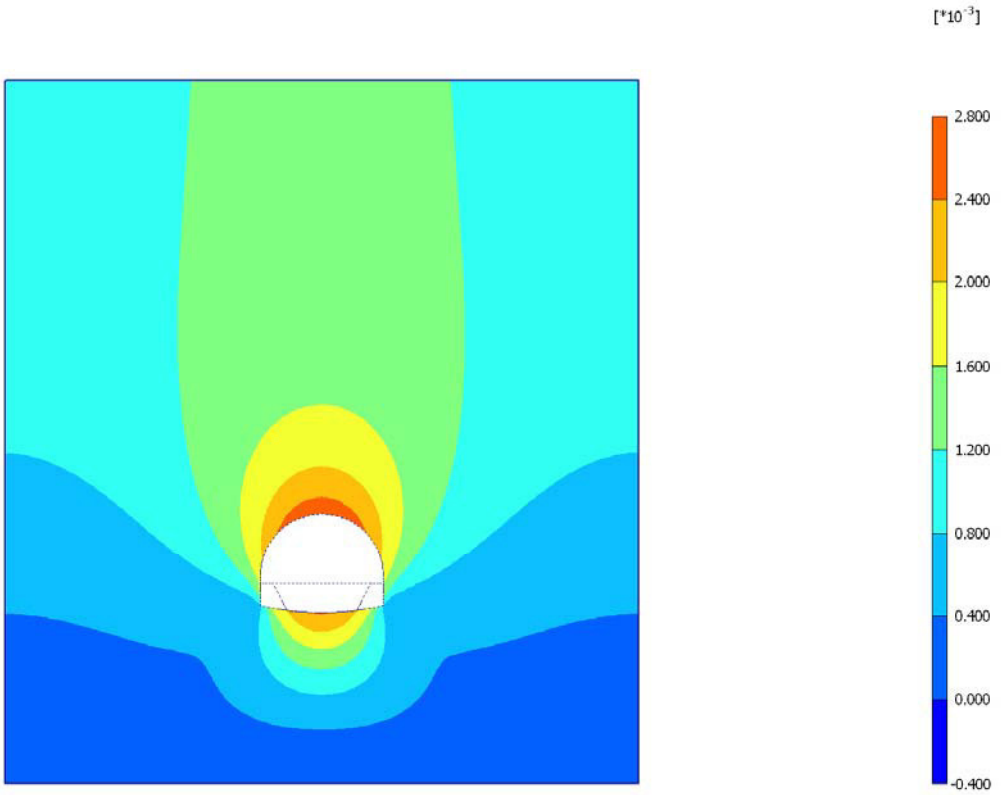


Fig. 27 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

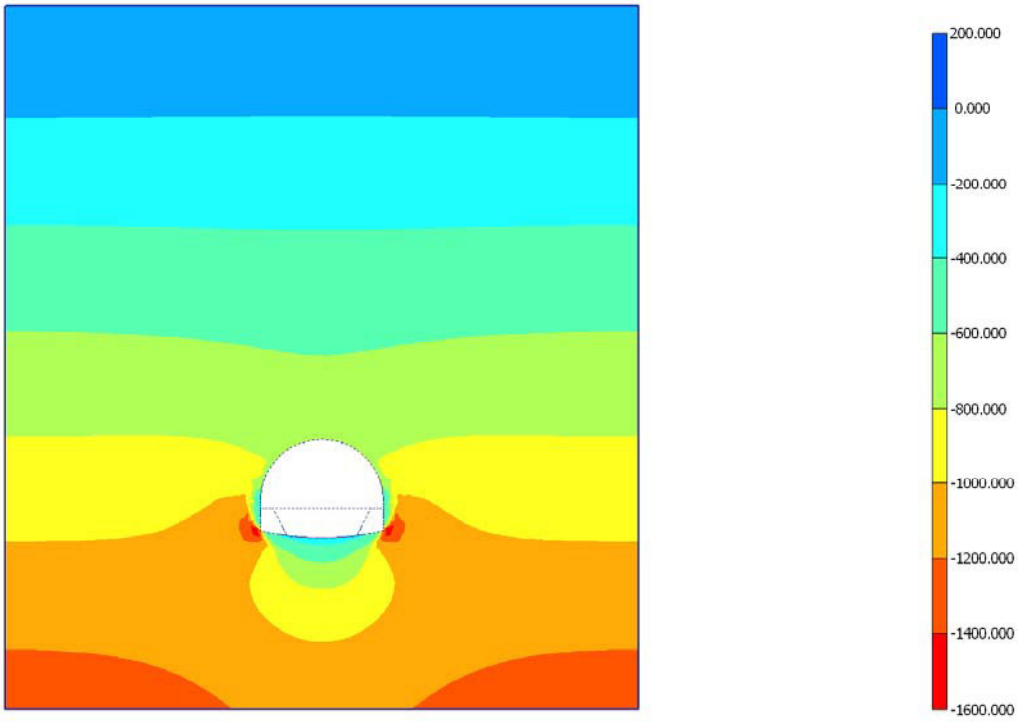


Fig. 28 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 6)

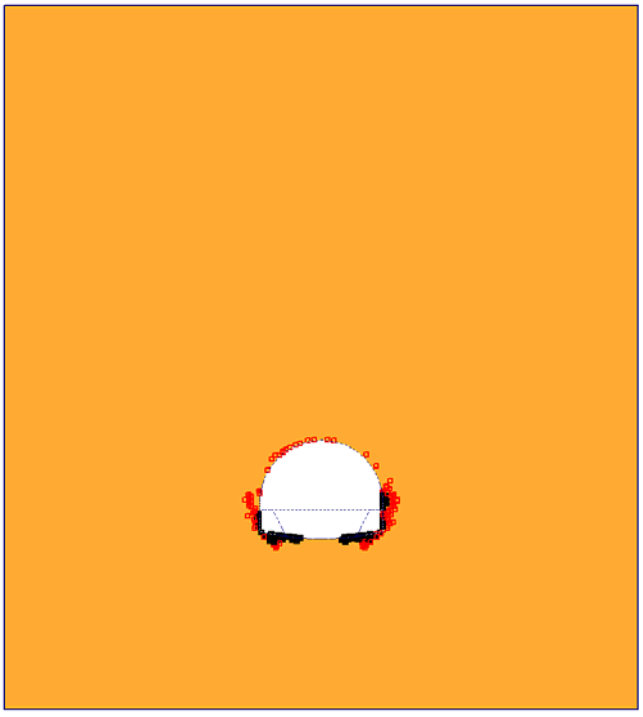


Fig. 29 Plot of plastic points
- Step no: 32 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

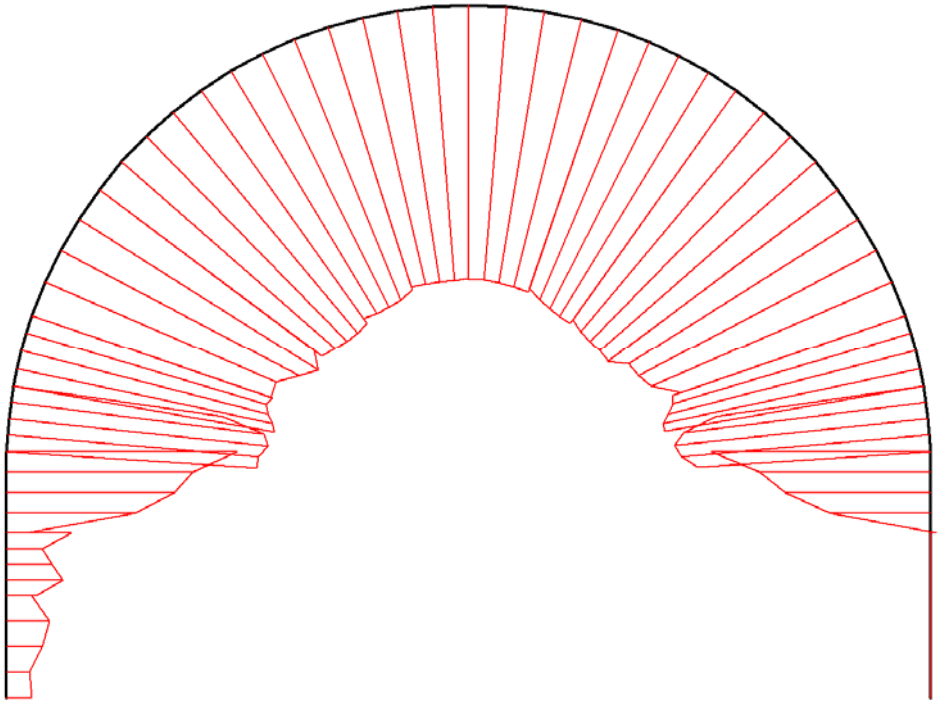


Fig. 30 Axial forces in beam
Extreme value -234,76 kN/m (Phase: 6)

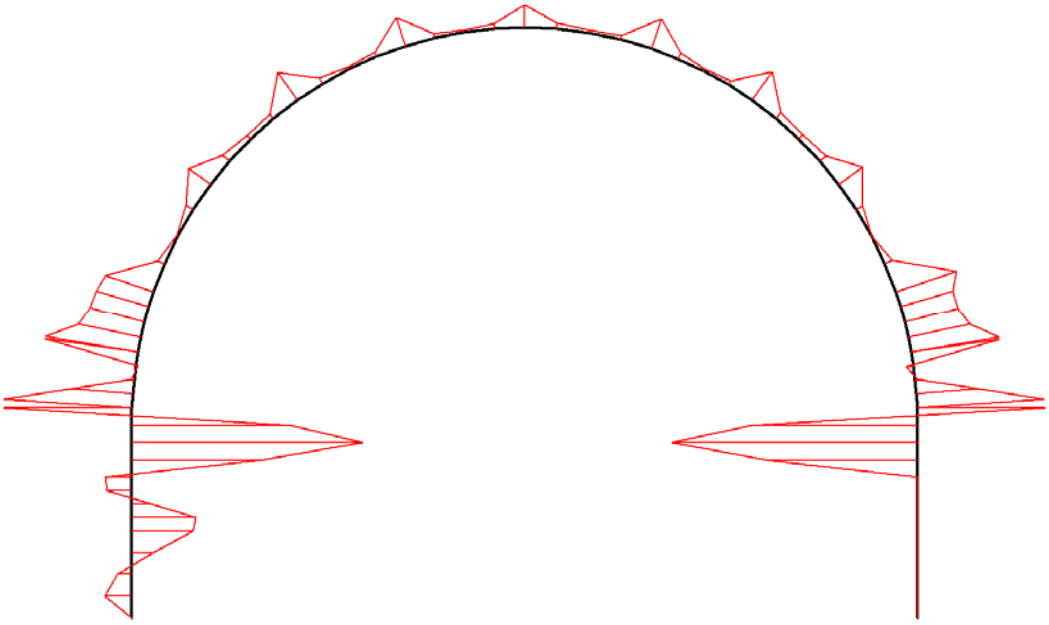


Fig. 31 Bending moments in beam
Extreme value 3,05 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2489	-8,617	0,789	1,736	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2689	-4,799	1,992						
2	3205	-8,800	3,382	19,578	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2773	-4,799	3,492						
3	3723	-8,350	6,112	10,127	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3433	-4,536	4,911						
4	4389	-7,090	8,552	8,638	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4035	-3,837	6,226						
5	5337	-5,150	10,482	7,952	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4741	-2,777	7,257						
6	5765	-2,710	11,712	7,740	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5109	-1,460	7,914						
7	6227	0,000	12,142	7,726	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5119	0,000	8,142						
8	6363	2,710	11,712	7,767	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5279	1,551	7,884						
9	6643	5,150	10,482	7,957	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5321	2,777	7,257						
10	6437	7,090	8,552	8,688	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5311	3,837	6,226						
11	6147	8,350	6,112	10,117	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5295	4,536	4,911						
12	5665	8,800	3,382	19,692	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4635	4,799	3,492						
13	5221	8,617	0,789	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4615	4,799	1,982						

12.Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

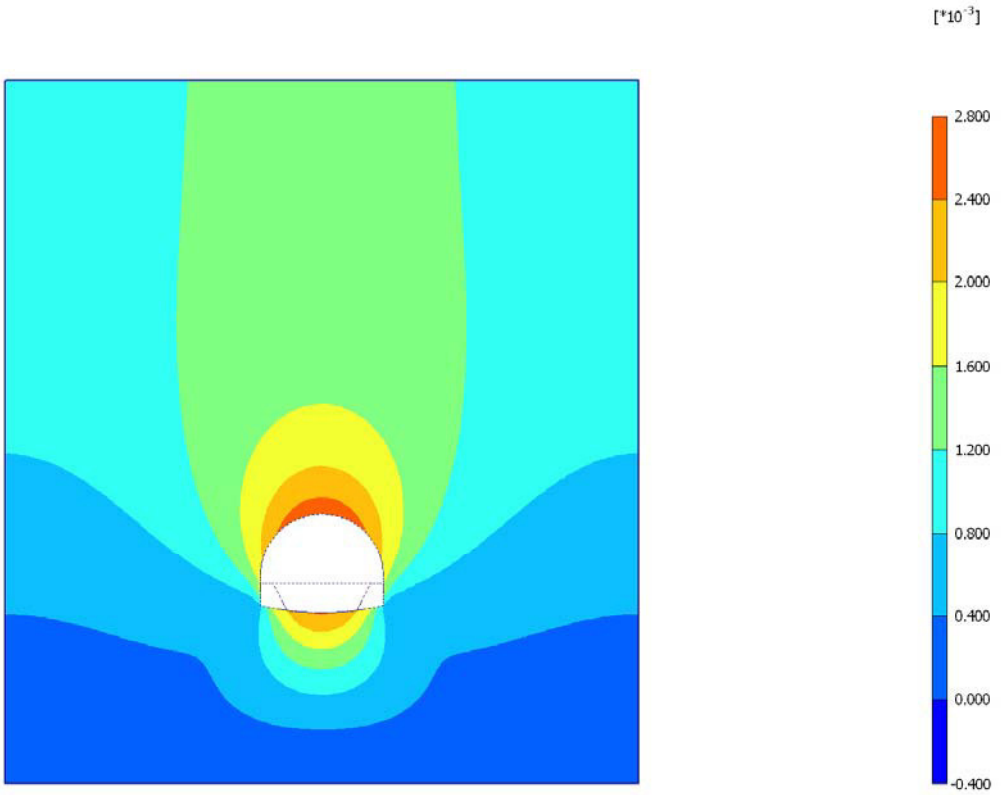


Fig. 32 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 37 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

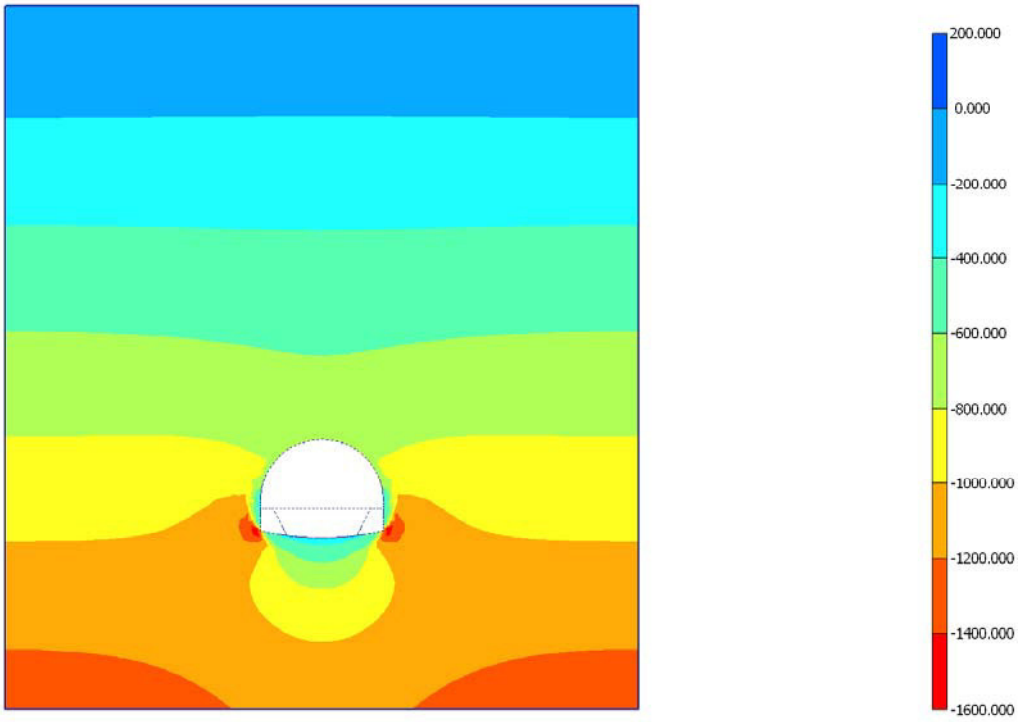


Fig. 33 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 37 - (Phase: 7)

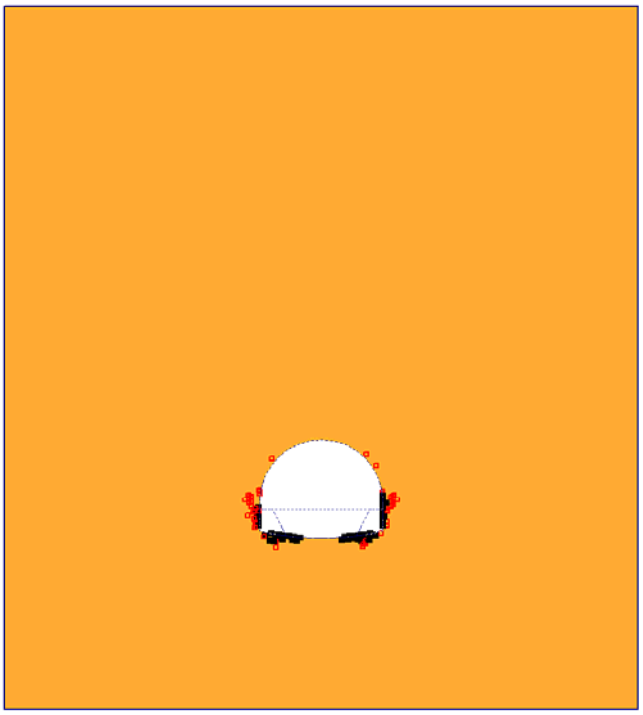


Fig. 34 Plot of plastic points
- Step no: 37 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

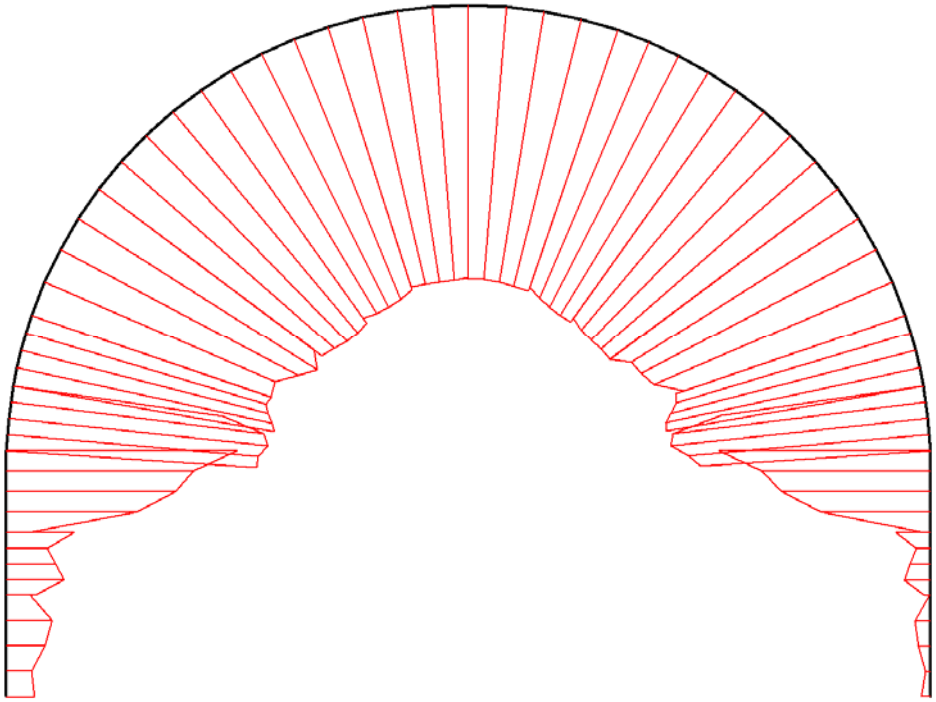


Fig. 35 Axial forces in beam
Extreme value -234,98 kN/m (Phase: 7)

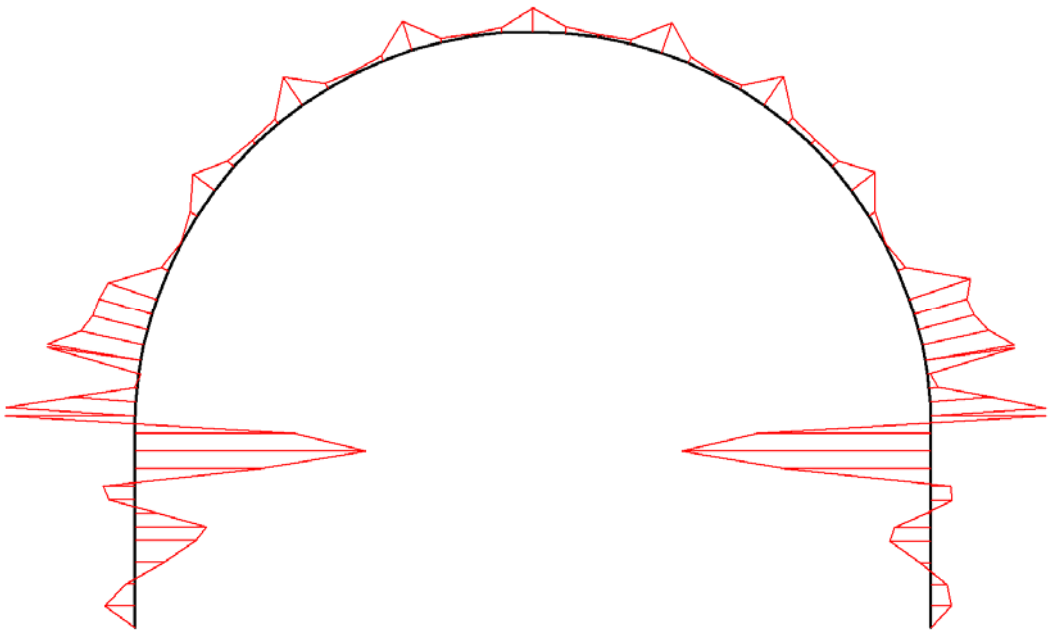


Fig. 36 Bending moments in beam
Extreme value 3,06 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2489	-8,617	0,789	1,976	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	2689	-4,799	1,992						
2	3205	-8,800	3,382	19,599	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	2773	-4,799	3,492						
3	3723	-8,350	6,112	10,133	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3433	-4,536	4,911						
4	4389	-7,090	8,552	8,642	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4035	-3,837	6,226						
5	5337	-5,150	10,482	7,956	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4741	-2,777	7,257						
6	5765	-2,710	11,712	7,743	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
	5109	-1,460	7,914						
7	6227	0,000	12,142	7,730	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5119	0,000	8,142						
8	6363	2,710	11,712	7,776	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5279	1,551	7,884						
9	6643	5,150	10,482	7,970	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	5321	2,777	7,257						
10	6437	7,090	8,552	8,709	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5311	3,837	6,226						
11	6147	8,350	6,112	10,142	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5295	4,536	4,911						
12	5665	8,800	3,382	20,128	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
	4635	4,799	3,492						
13	5221	8,617	0,789	1,005	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4615	4,799	1,982						

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: ST-IV, CS-5 Lutitas y areniscas. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-25,000	24,800
Y	-13,000	42,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

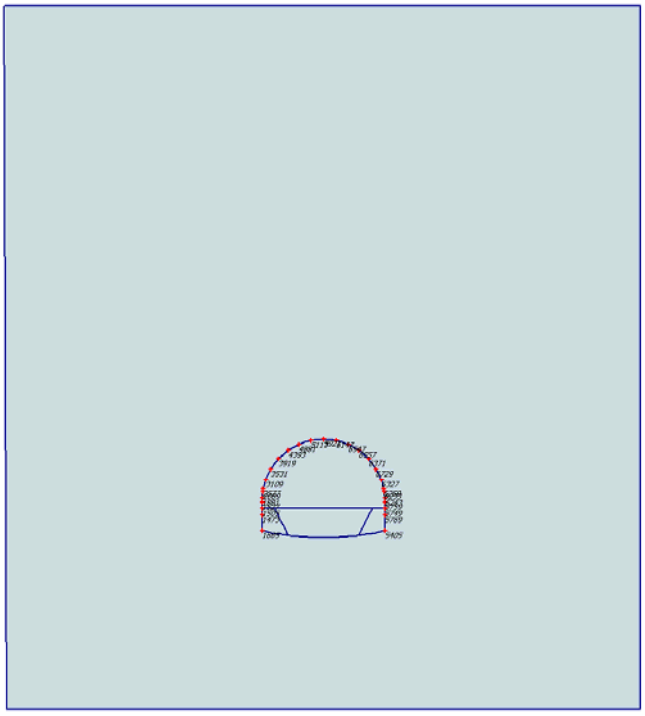


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

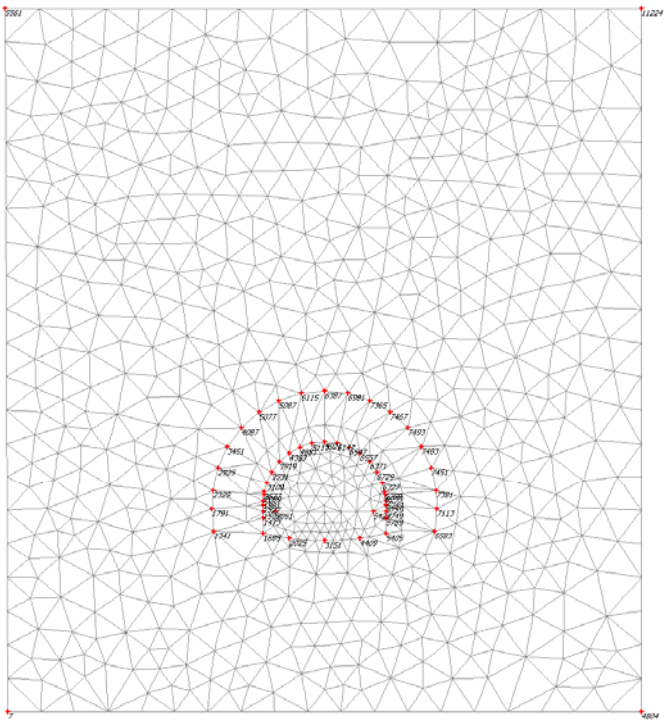


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

Table [4] Numbers, type of elements, integrations

Type	Type of element	Type of integration	Total no.
Soil	15-Noded	12-point Gauss	1386
Plate	5-node line	4-point Gauss	26

4. Material data

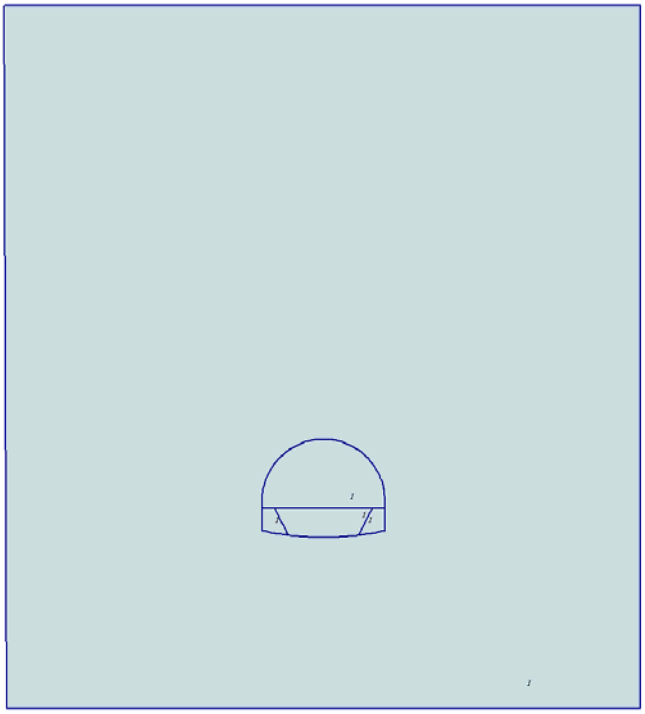


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [5] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas y areniscas RMR_20**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,50
γ_{sat}	[kN/m³]	26,50
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	640000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	246153,846
E_{oed}	[kN/m²]	861538,462
c_{ref}	[kN/m²]	90,00
φ	[°]	35,00
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [6] Beam data sets parameters

no.	**Identification**	**EA** [kN/m]	**EI** [kNm²/m]	**w** [kN/m/m]	**ν** [-]	**Mp** [kNm/m]	**Np** [kN/m]
1	ST_IV Gunita 0,18 + Cercha	3,18E6	7760,00	4,70	0,20	1E15	1E15

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
2	TH_21 ST_V Gunita 0,30 + Cercha HEB_180	5,72E6	40700,00	7,99	0,20	1E15	1E15

Table [7] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

5. Calculation phases

Table [8] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	2
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	3	16
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	17	48
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	49	58
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	59	60
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	61	67
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	68	70

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

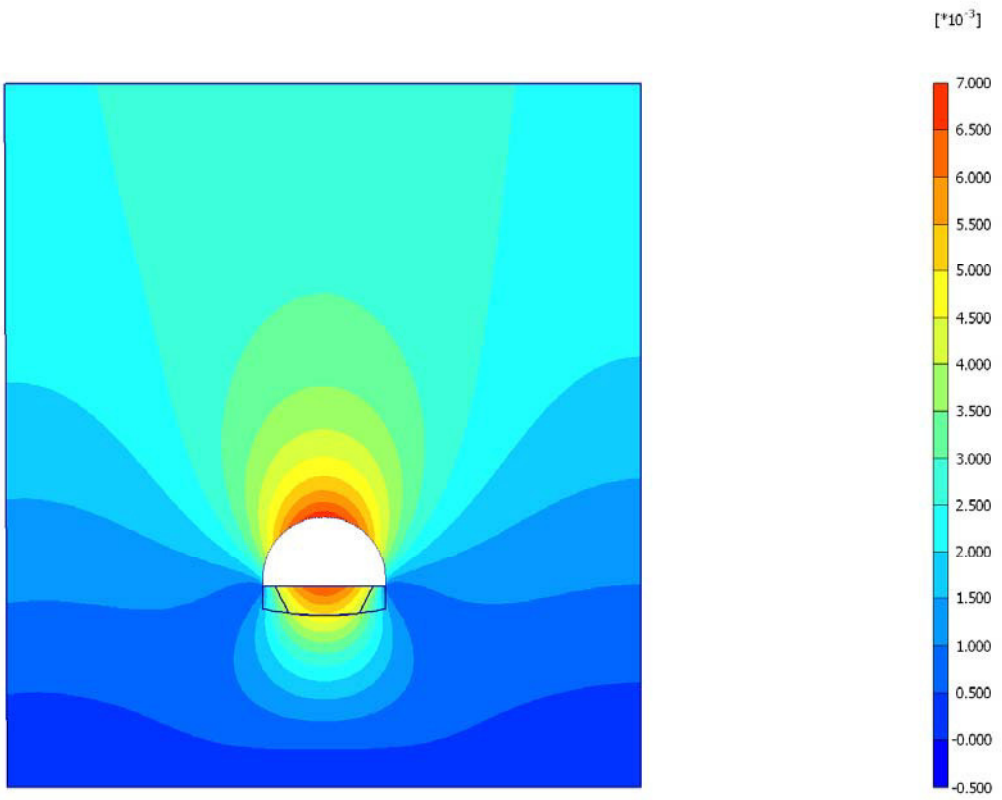


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

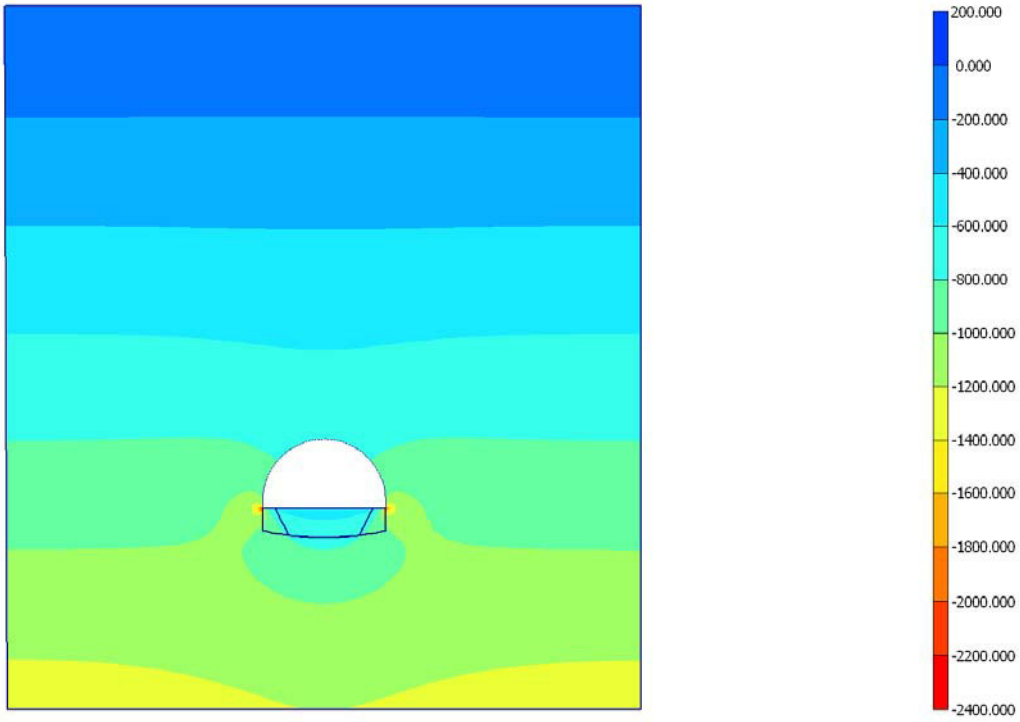


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

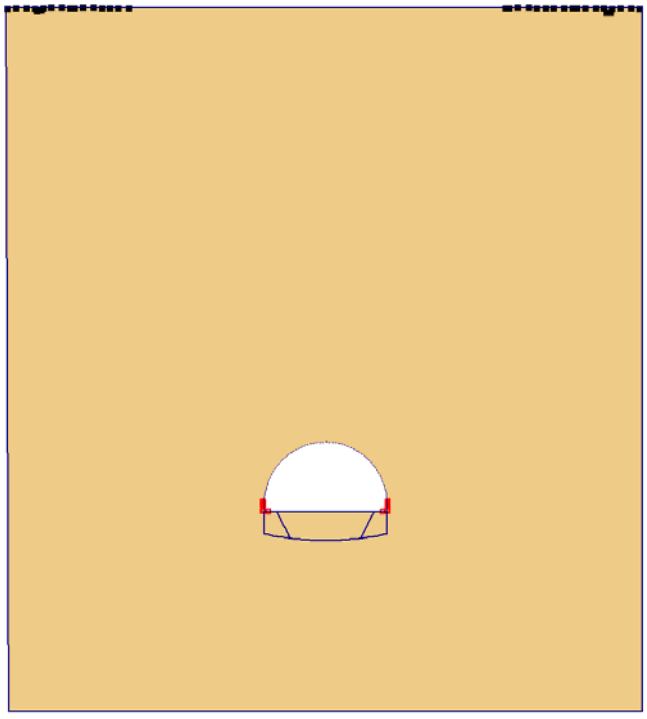


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1341	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1473	-4,799	2,155						
2	1791	-8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1527	-4,799	3,155						
3	2329	-8,740	4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2089	-4,758	3,939						
4	2925	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3109	-4,536	4,911						
5	3451	-7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3531	-4,116	5,811						
6	4087	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	-3,519	6,606						
7	5077	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4393	-2,777	7,257						
8	6115	-1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5113	-0,980	8,041						
9	6981	1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	6147	0,980	8,041						
10	7365	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6547	1,917	7,742						
11	7467	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6557	2,777	7,257						
12	7493	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6371	3,519	6,606						
13	6327	4,536	4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	7451	8,350	6,112						
14	7483	7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6729	4,116	5,811						
15	6233	4,758	3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7381	8,740	4,322						
16	7113	8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	5759	4,799	3,155						
17	6583	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5769	4,799	2,155						
18	5087	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4881	-1,917	7,742						
19	6387	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5921	0,000	8,142						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

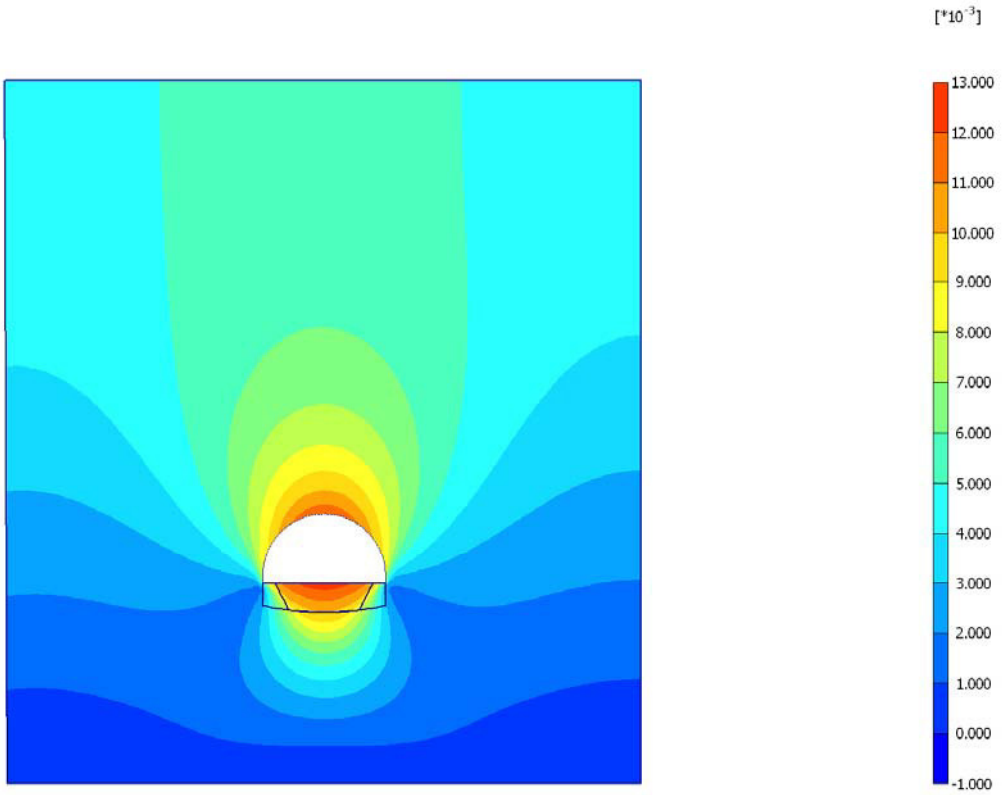


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 16 - (Phase: 2)

7.2 *7Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

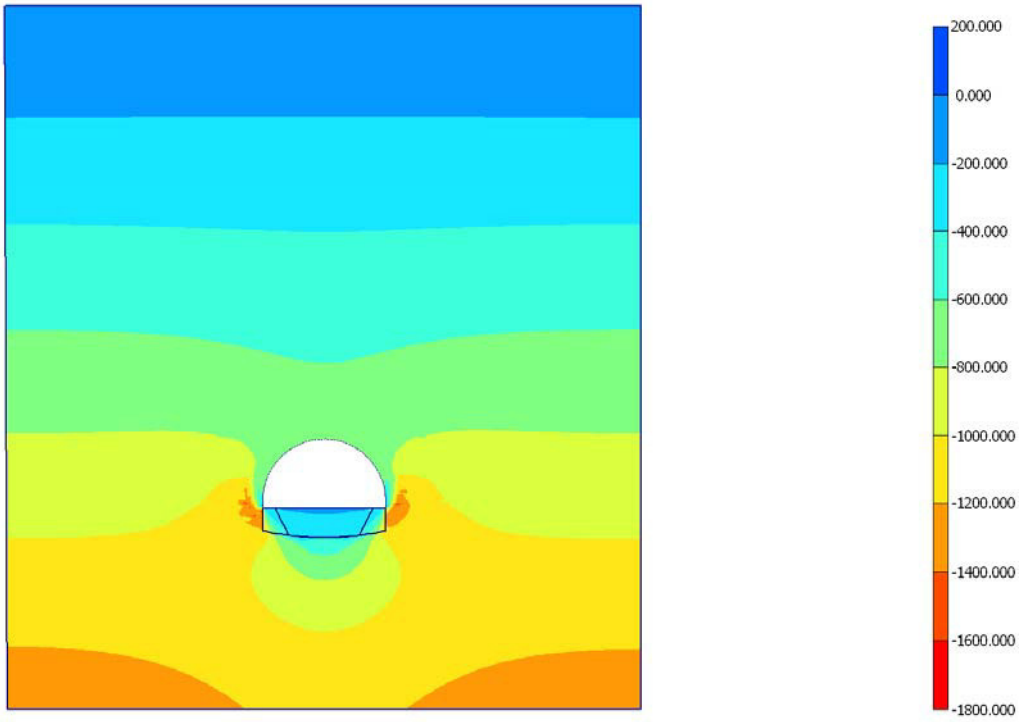


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 16 - (Phase: 2)

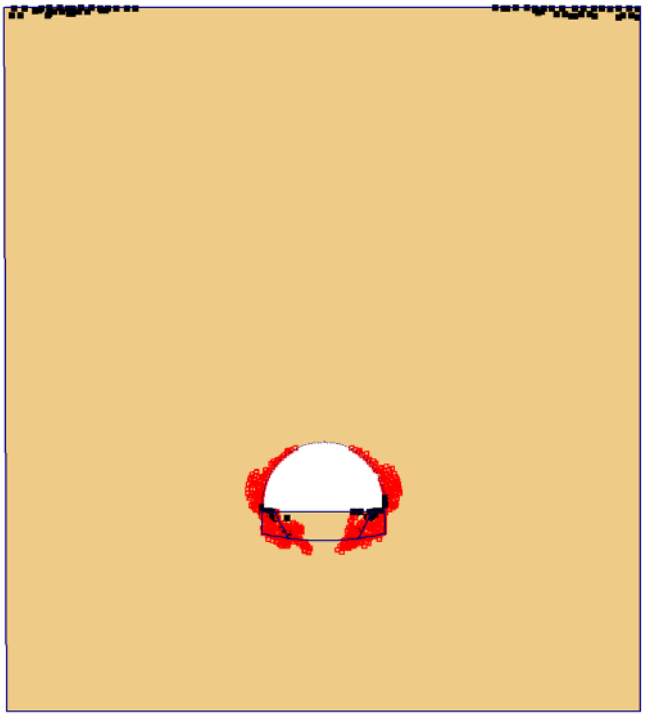


Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 16 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

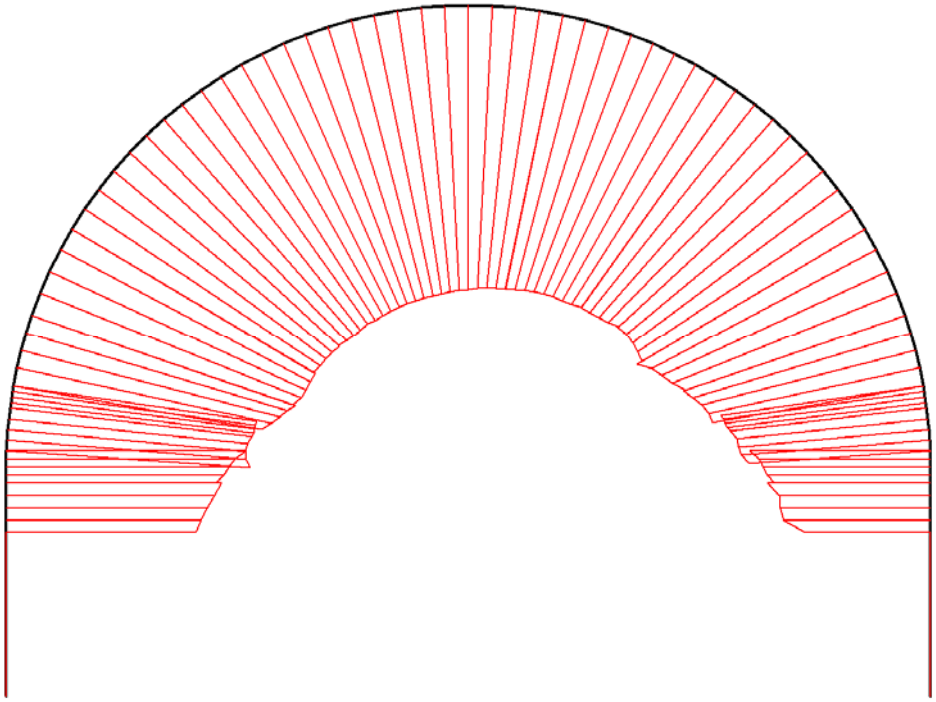


Fig. 10 Axial forces in beam
Extreme value -876,46 kN/m (Phase: 2)

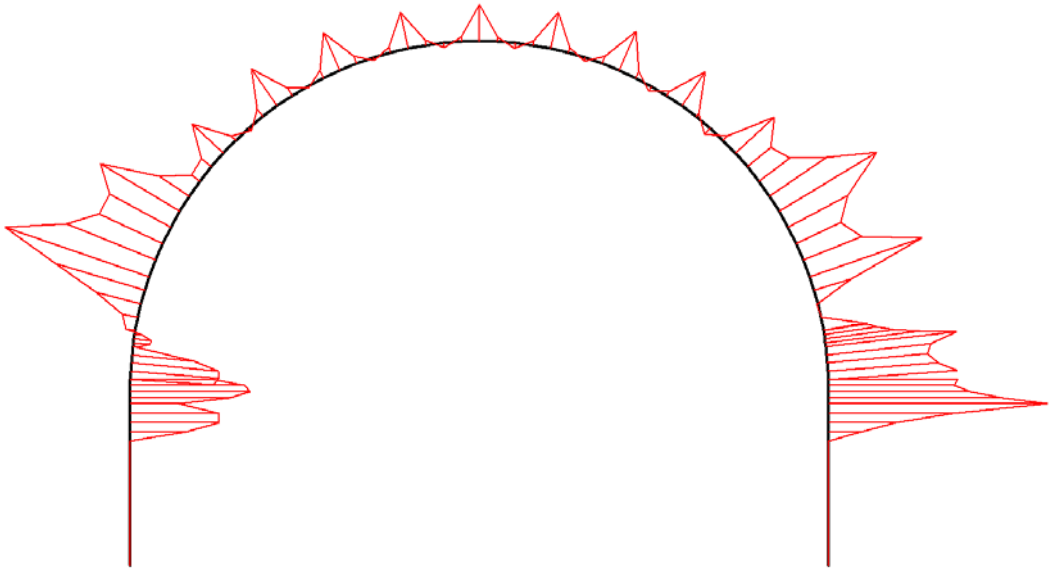


Fig. 11 Bending moments in beam
Extreme value -13,81 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 8.6.8. Anchors

Table [10] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1341	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1473	-4,799	2,155						
2	1791	-8,800	2,882	73,994	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1527	-4,799	3,155						
3	2329	-8,740	4,322	65,013	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2089	-4,758	3,939						
4	2925	-8,350	6,112	41,611	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3109	-4,536	4,911						
5	3451	-7,600	7,782	29,355	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3531	-4,116	5,811						
6	4087	-6,510	9,262	26,498	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	-3,519	6,606						
7	5077	-5,150	10,482	25,376	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4393	-2,777	7,257						
8	6115	-1,820	11,952	25,101	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5113	-0,980	8,041						
9	6981	1,820	11,952	25,611	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	6147	0,980	8,041						
10	7365	3,560	11,392	26,039	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6547	1,917	7,742						
11	7467	5,150	10,482	27,060	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6557	2,777	7,257						
12	7493	6,510	9,262	28,574	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6371	3,519	6,606						
13	6327	4,536	4,911	51,384	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	7451	8,350	6,112						
14	7483	7,600	7,782	34,348	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6729	4,116	5,811						
15	6233	4,758	3,939	71,294	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7381	8,740	4,322						
16	7113	8,800	2,882	89,575	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	5759	4,799	3,155						
17	6583	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5769	4,799	2,155						
18	5087	-3,560	11,392	25,026	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4881	-1,917	7,742						
19	6387	0,000	12,142	25,322	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5921	0,000	8,142						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

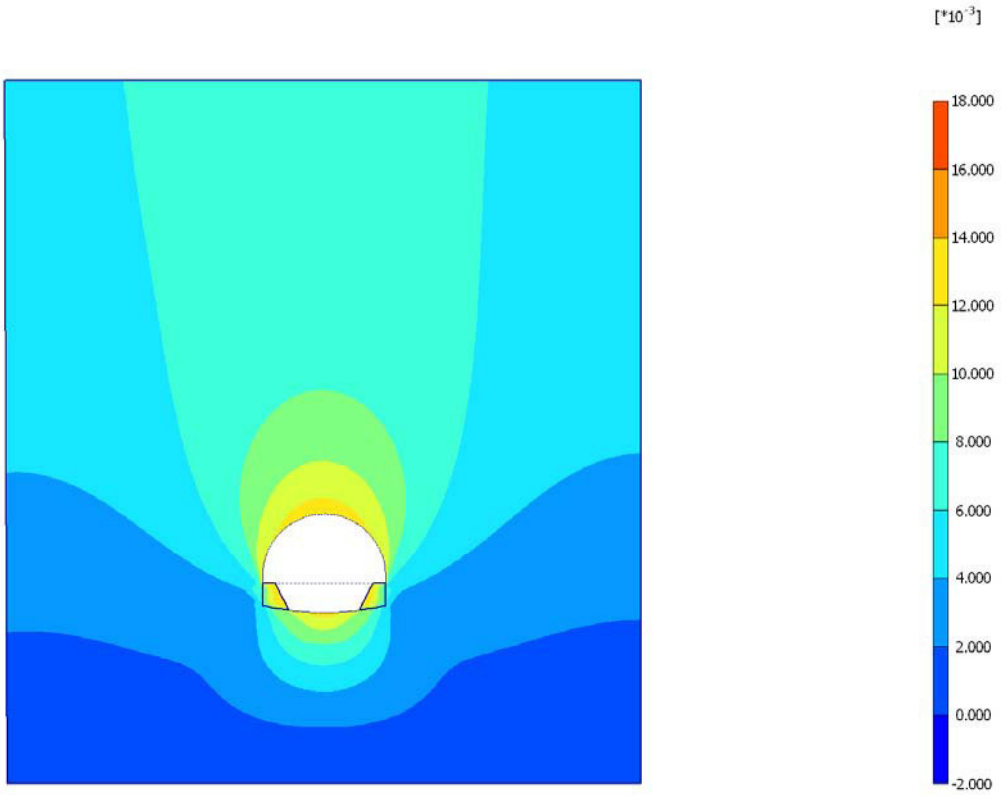


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 48 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

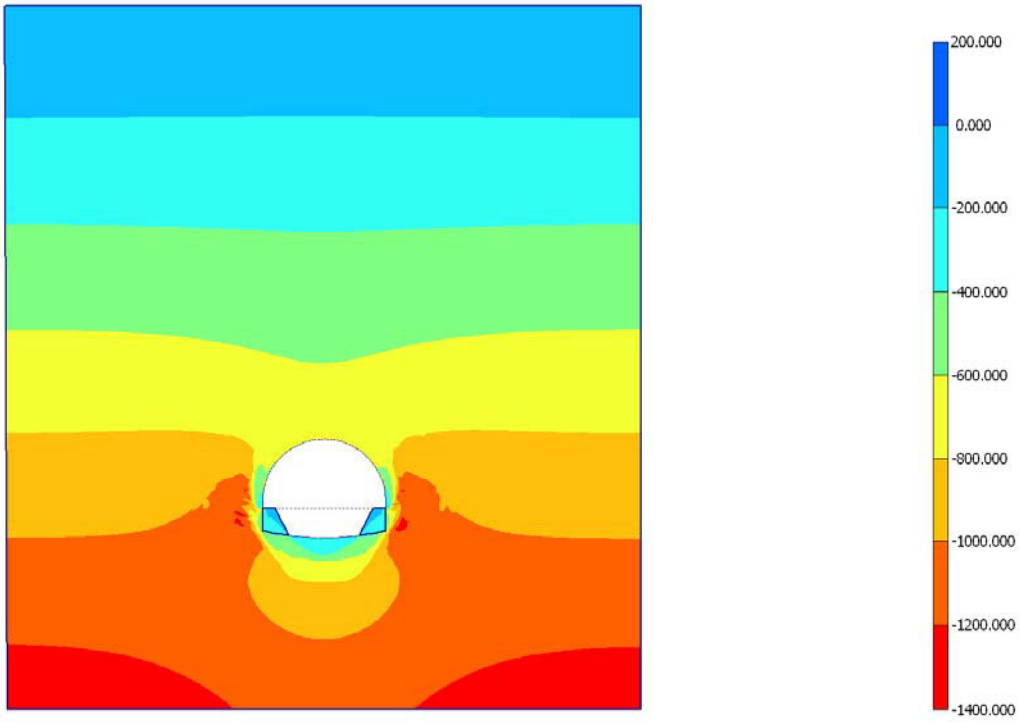


Fig. 13 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 48 - (Phase: 3)

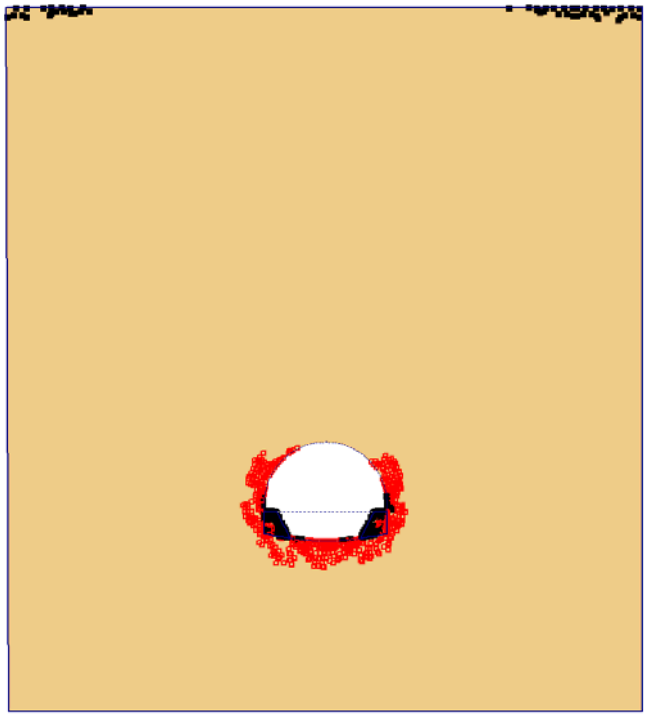


Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 48 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

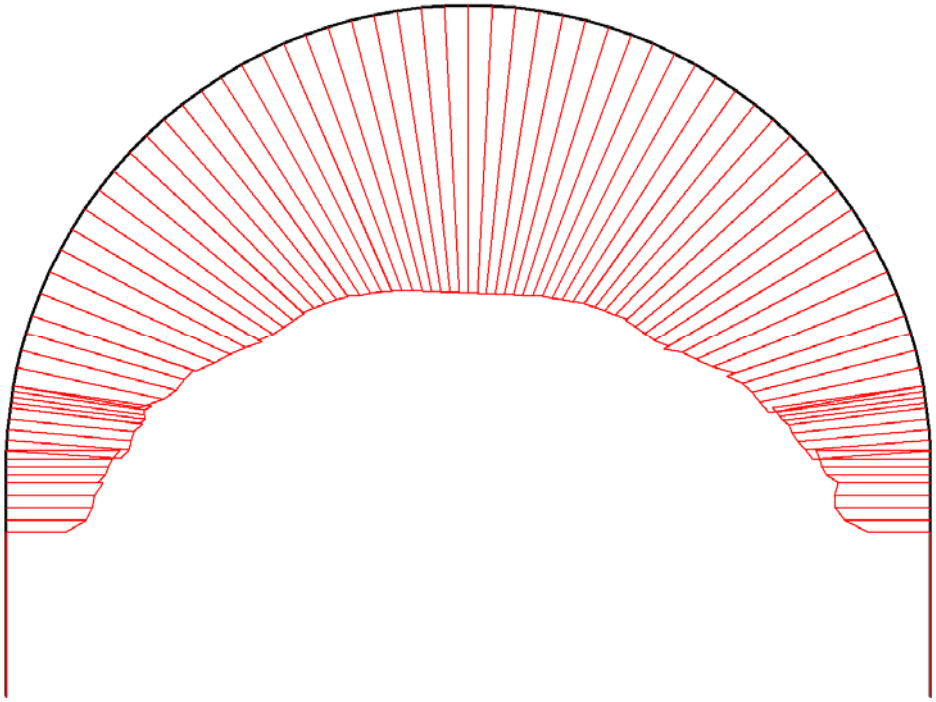


Fig. 15 Axial forces in beam
Extreme value -915,25 kN/m (Phase: 3)

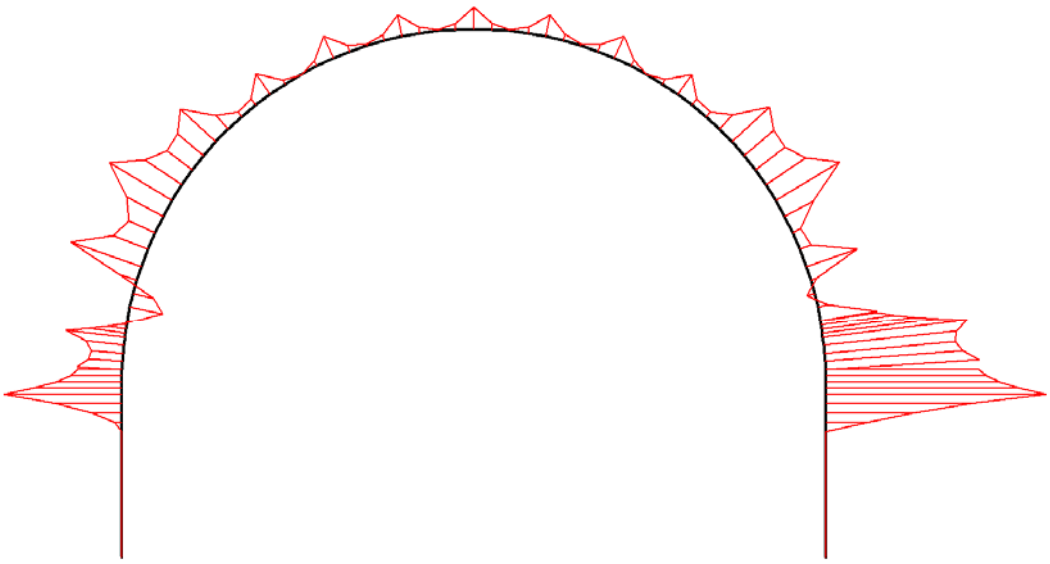


Fig. 16 Bending moments in beam
Extreme value -30,54 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1341	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1473	-4,799	2,155						
2	1791	-8,800	2,882	120,822	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1527	-4,799	3,155						
3	2329	-8,740	4,322	101,357	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2089	-4,758	3,939						
4	2925	-8,350	6,112	75,076	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3109	-4,536	4,911						
5	3451	-7,600	7,782	48,779	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3531	-4,116	5,811						
6	4087	-6,510	9,262	34,505	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	-3,519	6,606						
7	5077	-5,150	10,482	30,448	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4393	-2,777	7,257						
8	6115	-1,820	11,952	27,726	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5113	-0,980	8,041						
9	6981	1,820	11,952	27,621	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	6147	0,980	8,041						
10	7365	3,560	11,392	28,428	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6547	1,917	7,742						
11	7467	5,150	10,482	30,228	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6557	2,777	7,257						
12	7493	6,510	9,262	34,123	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6371	3,519	6,606						
13	6327	4,536	4,911	74,460	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	7451	8,350	6,112						
14	7483	7,600	7,782	48,981	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6729	4,116	5,811						
15	6233	4,758	3,939	96,362	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7381	8,740	4,322						
16	7113	8,800	2,882	133,860	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	5759	4,799	3,155						
17	6583	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5769	4,799	2,155						
18	5087	-3,560	11,392	28,662	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4881	-1,917	7,742						
19	6387	0,000	12,142	27,404	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5921	0,000	8,142						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

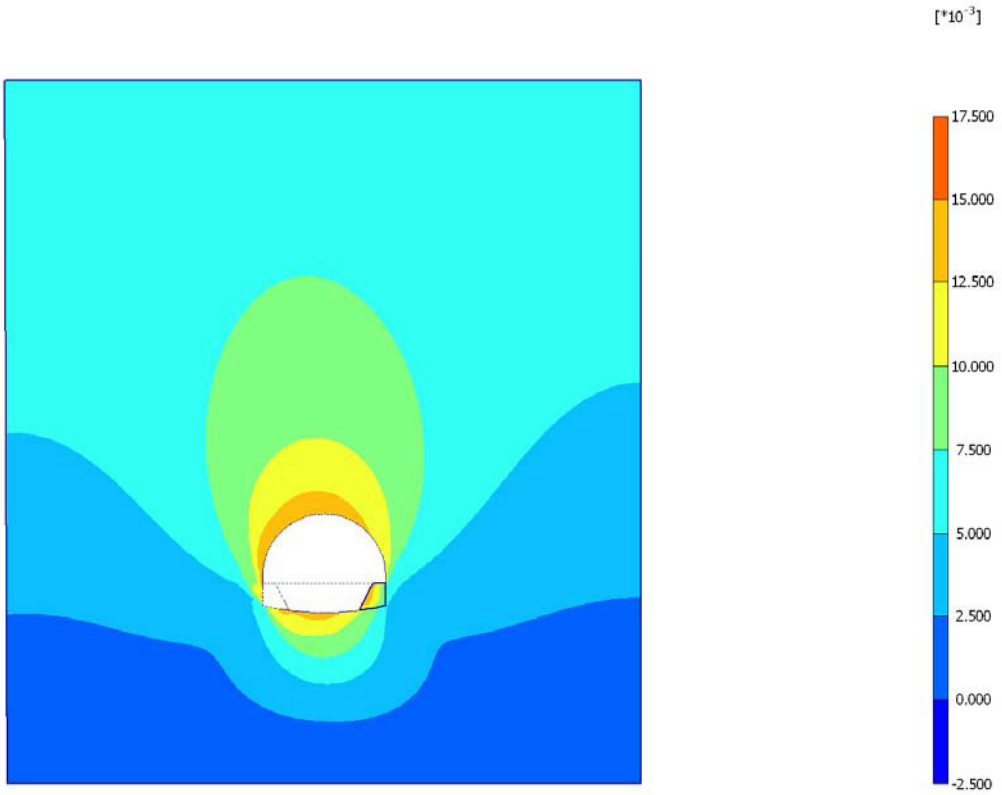


Fig. 17 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 58 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

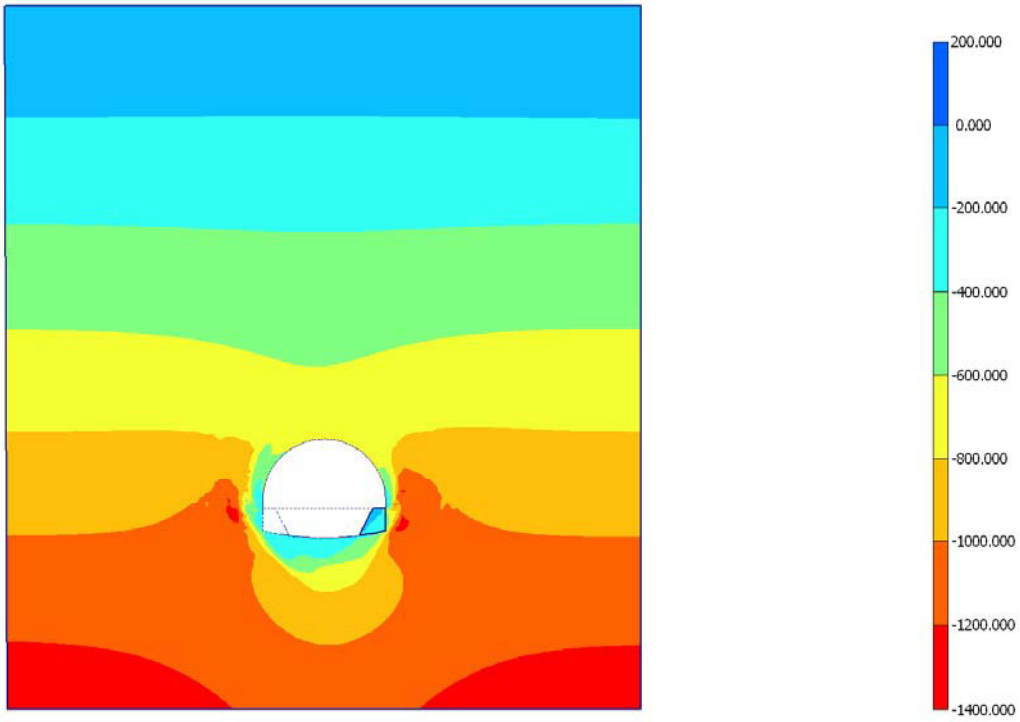


Fig. 18 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 58 - (Phase: 4)

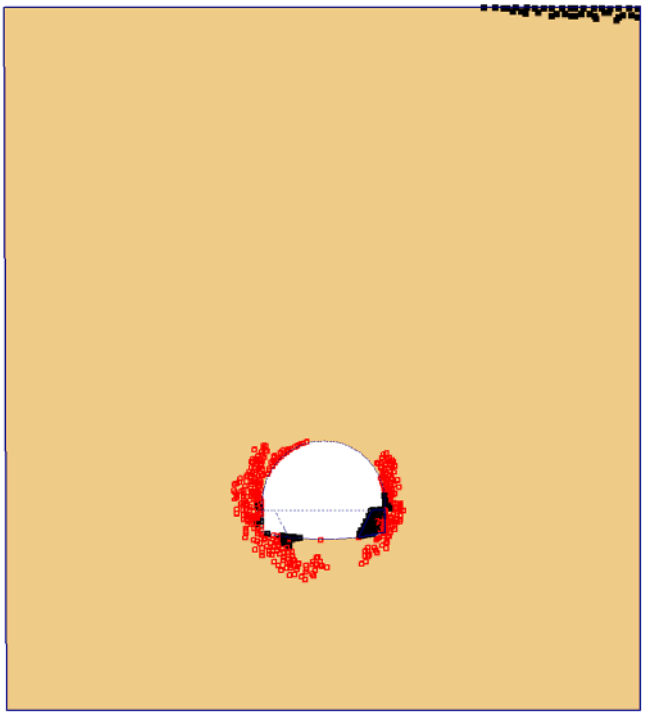


Fig. 19 Plot of plastic points
- Step no: 58 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

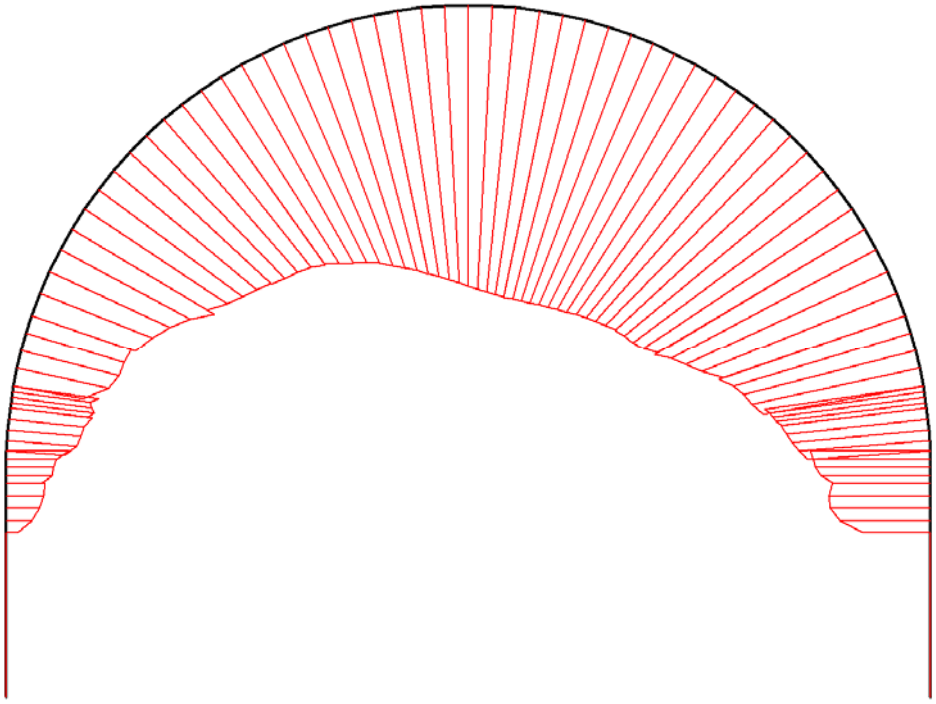


Fig. 20 Axial forces in beam
Extreme value -916,02 kN/m (Phase: 4)

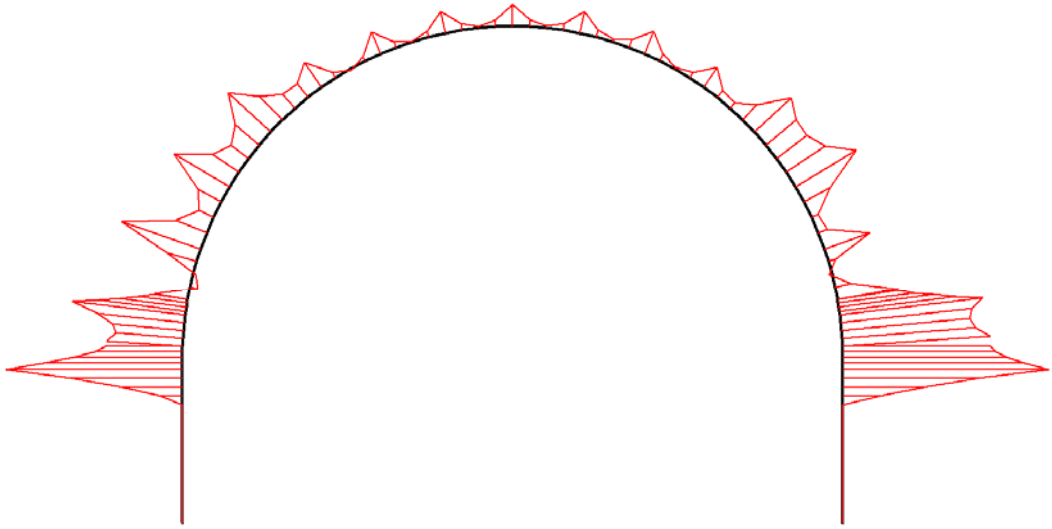


Fig. 21 Bending moments in beam
Extreme value -31,61 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1341	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1473	-4,799	2,155						
2	1791	-8,800	2,882	162,962	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1527	-4,799	3,155						
3	2329	-8,740	4,322	126,337	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2089	-4,758	3,939						
4	2925	-8,350	6,112	91,818	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3109	-4,536	4,911						
5	3451	-7,600	7,782	63,770	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3531	-4,116	5,811						
6	4087	-6,510	9,262	43,058	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	-3,519	6,606						
7	5077	-5,150	10,482	34,460	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4393	-2,777	7,257						
8	6115	-1,820	11,952	30,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5113	-0,980	8,041						
9	6981	1,820	11,952	28,866	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	6147	0,980	8,041						
10	7365	3,560	11,392	29,361	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6547	1,917	7,742						
11	7467	5,150	10,482	31,003	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6557	2,777	7,257						
12	7493	6,510	9,262	34,969	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6371	3,519	6,606						
13	6327	4,536	4,911	76,452	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	7451	8,350	6,112						
14	7483	7,600	7,782	50,537	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6729	4,116	5,811						
15	6233	4,758	3,939	98,204	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7381	8,740	4,322						
16	7113	8,800	2,882	137,782	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	5759	4,799	3,155						
17	6583	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5769	4,799	2,155						
18	5087	-3,560	11,392	31,648	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4881	-1,917	7,742						
19	6387	0,000	12,142	29,107	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5921	0,000	8,142						

10. Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

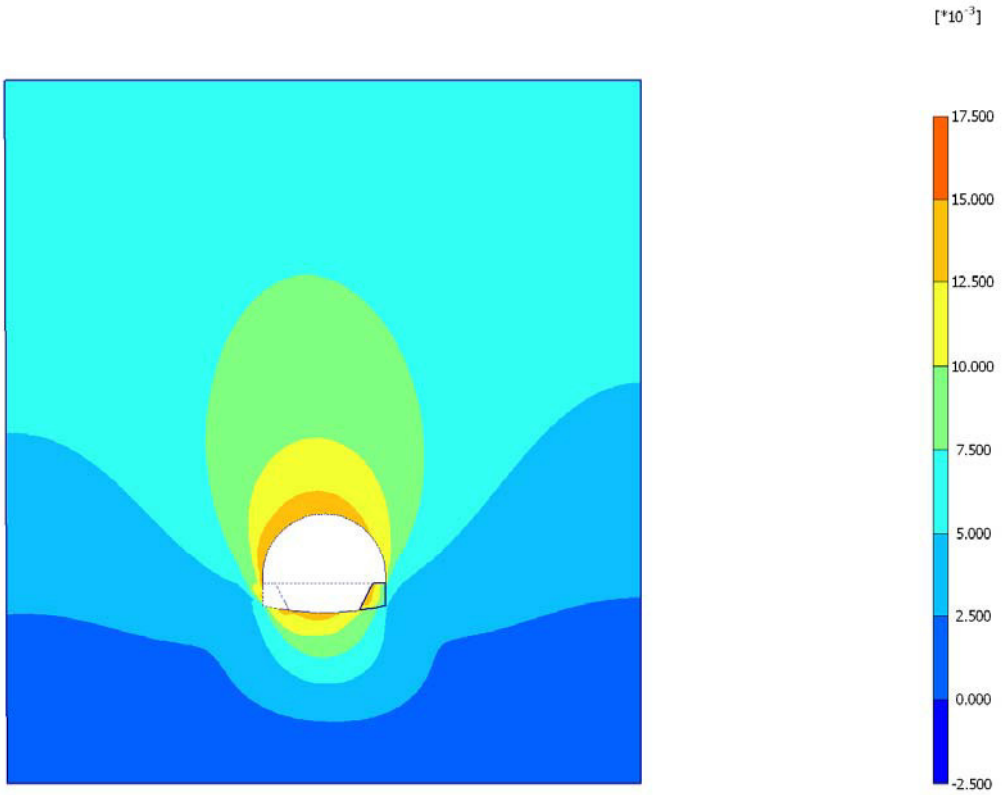


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 60 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

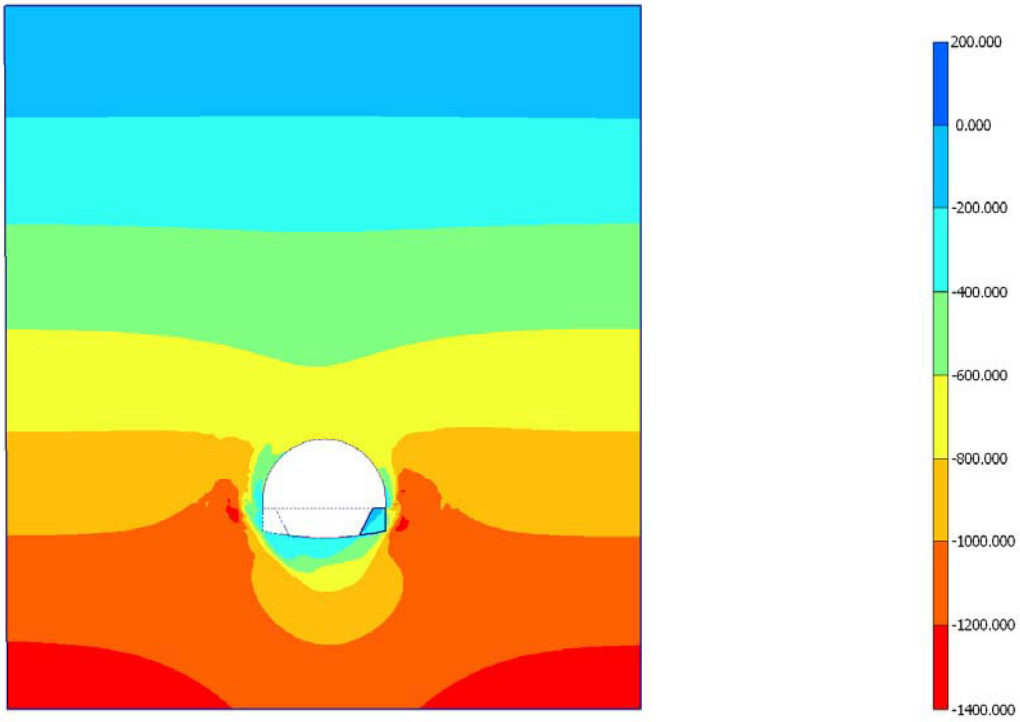


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 60 - (Phase: 5)

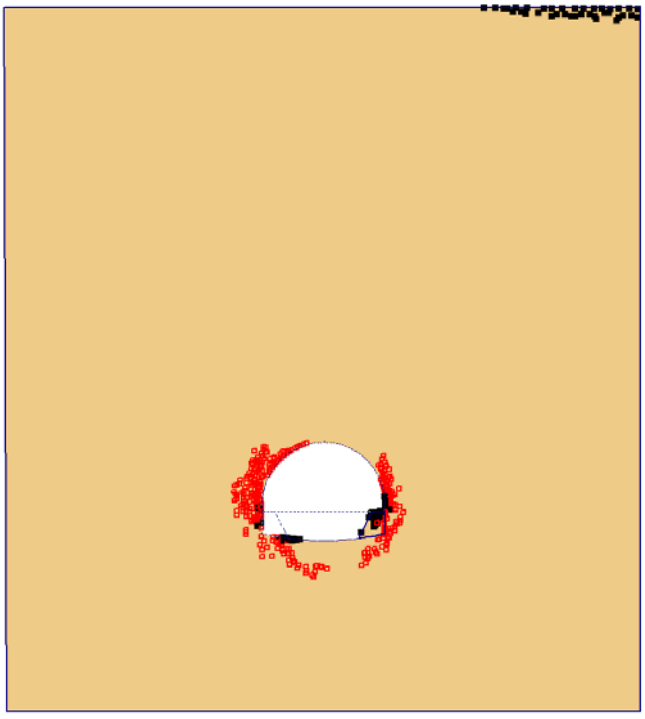


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 60 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

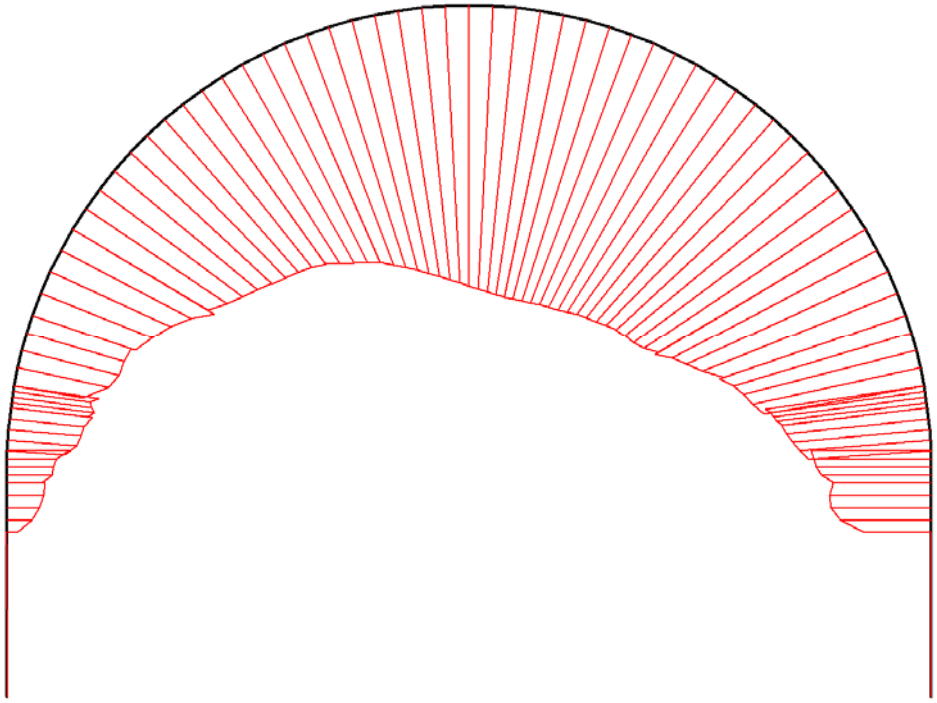


Fig. 25 Axial forces in beam
Extreme value -916,07 kN/m (Phase: 5)

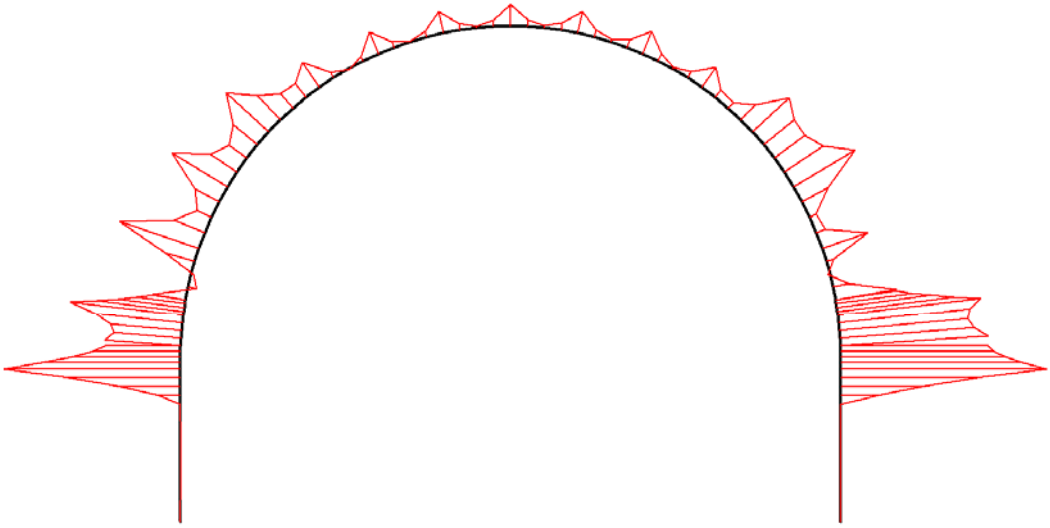


Fig. 26 Bending moments in beam
Extreme value -31,62 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1341	-8,654	1,089	0,064	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1473	-4,799	2,155						
2	1791	-8,800	2,882	163,068	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1527	-4,799	3,155						
3	2329	-8,740	4,322	126,476	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2089	-4,758	3,939						
4	2925	-8,350	6,112	91,961	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3109	-4,536	4,911						
5	3451	-7,600	7,782	63,877	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3531	-4,116	5,811						
6	4087	-6,510	9,262	43,124	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	-3,519	6,606						
7	5077	-5,150	10,482	34,492	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4393	-2,777	7,257						
8	6115	-1,820	11,952	30,017	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5113	-0,980	8,041						
9	6981	1,820	11,952	28,875	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	6147	0,980	8,041						
10	7365	3,560	11,392	29,367	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6547	1,917	7,742						
11	7467	5,150	10,482	31,007	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6557	2,777	7,257						
12	7493	6,510	9,262	34,972	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6371	3,519	6,606						
13	6327	4,536	4,911	76,457	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	7451	8,350	6,112						
14	7483	7,600	7,782	50,541	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6729	4,116	5,811						
15	6233	4,758	3,939	98,209	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7381	8,740	4,322						
16	7113	8,800	2,882	137,793	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	5759	4,799	3,155						
17	6583	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5769	4,799	2,155						
18	5087	-3,560	11,392	31,670	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4881	-1,917	7,742						
19	6387	0,000	12,142	29,119	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5921	0,000	8,142						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

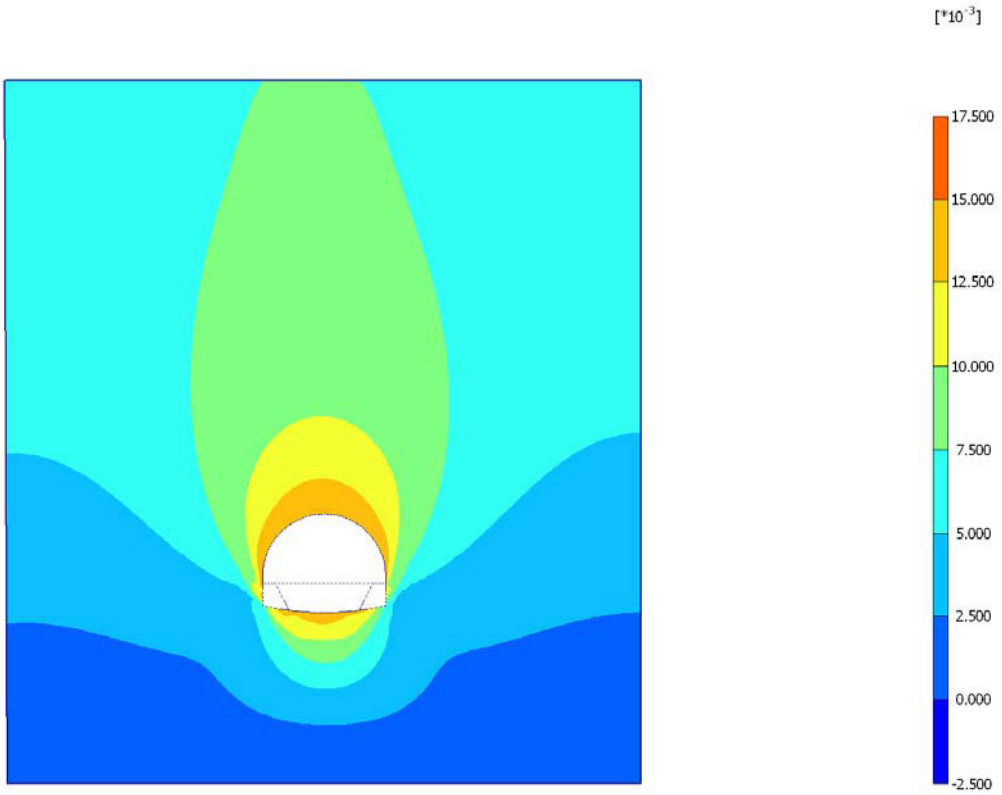


Fig. 27 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 67 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

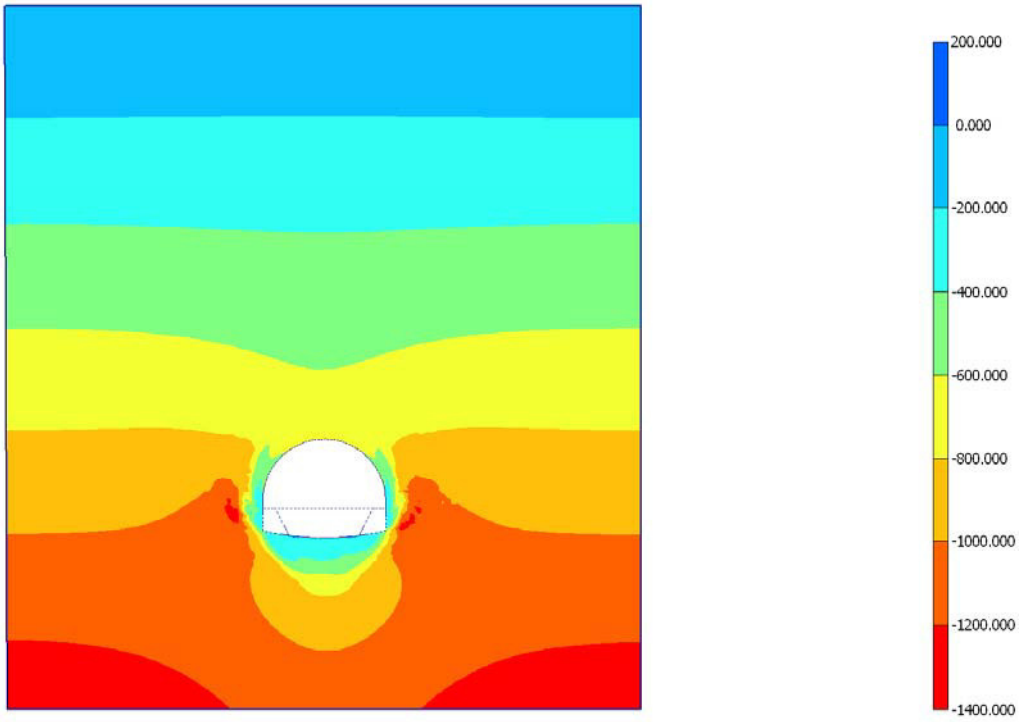


Fig. 28 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 67 - (Phase: 6)

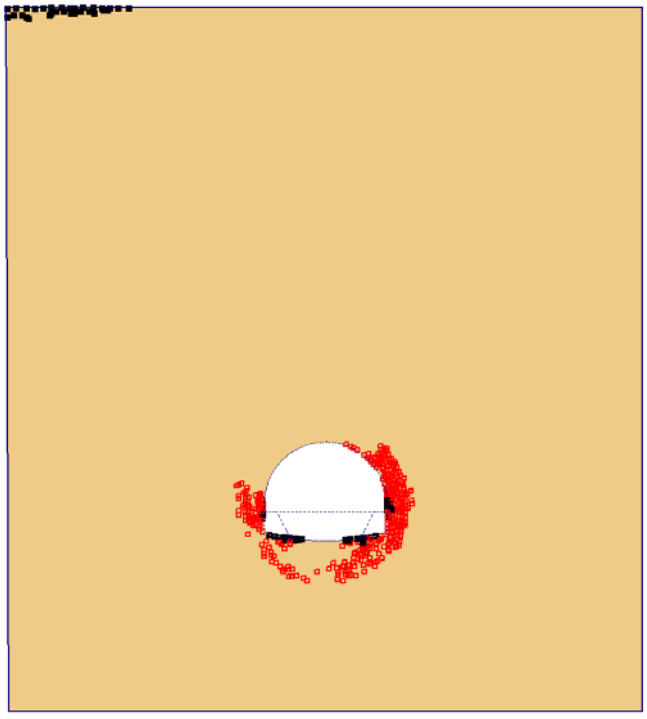


Fig. 29 Plot of plastic points
- Step no: 67 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

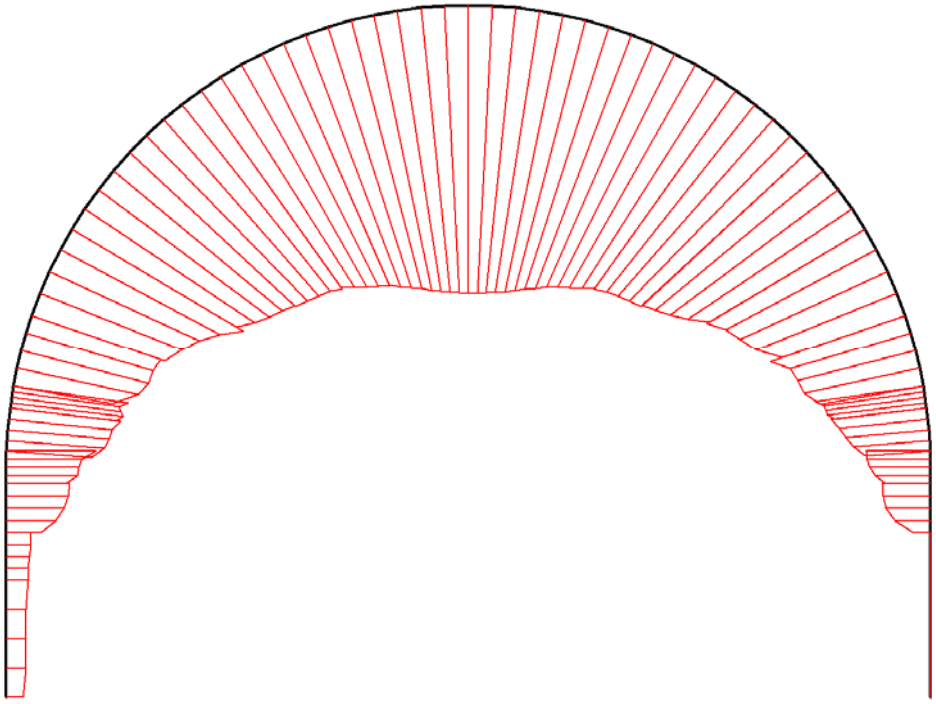


Fig. 30 Axial forces in beam
Extreme value -873,24 kN/m (Phase: 6)

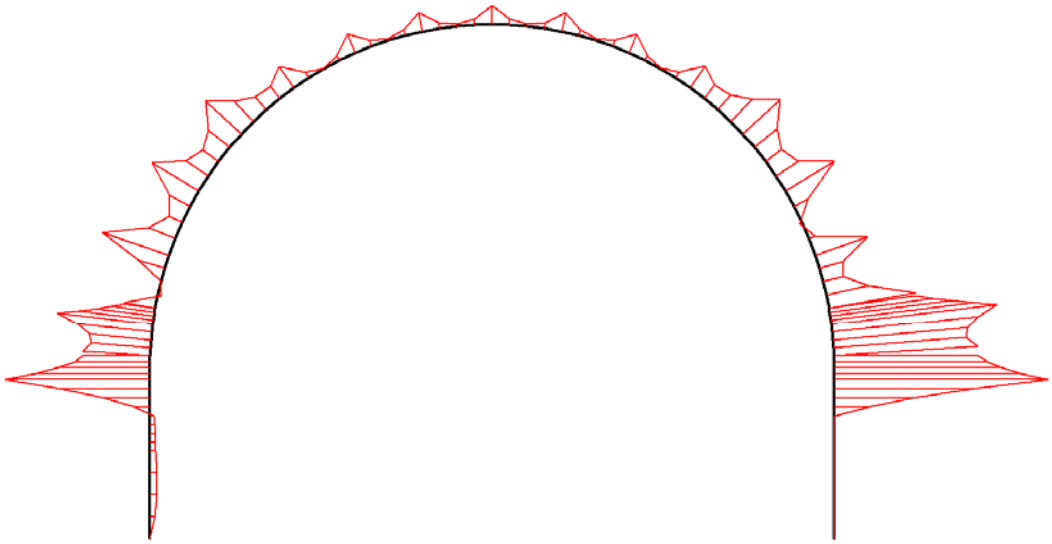


Fig. 31 Bending moments in beam
Extreme value -40,30 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1341	-8,654	1,089	1,710	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1473	-4,799	2,155						
2	1791	-8,800	2,882	163,985	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1527	-4,799	3,155						
3	2329	-8,740	4,322	126,357	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2089	-4,758	3,939						
4	2925	-8,350	6,112	91,531	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3109	-4,536	4,911						
5	3451	-7,600	7,782	63,504	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3531	-4,116	5,811						
6	4087	-6,510	9,262	42,925	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	-3,519	6,606						
7	5077	-5,150	10,482	34,554	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4393	-2,777	7,257						
8	6115	-1,820	11,952	30,902	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5113	-0,980	8,041						
9	6981	1,820	11,952	31,020	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	6147	0,980	8,041						
10	7365	3,560	11,392	32,244	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6547	1,917	7,742						
11	7467	5,150	10,482	34,835	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6557	2,777	7,257						
12	7493	6,510	9,262	43,722	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6371	3,519	6,606						
13	6327	4,536	4,911	91,867	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	7451	8,350	6,112						
14	7483	7,600	7,782	65,460	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6729	4,116	5,811						
15	6233	4,758	3,939	122,106	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7381	8,740	4,322						
16	7113	8,800	2,882	181,515	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	5759	4,799	3,155						
17	6583	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5769	4,799	2,155						
18	5087	-3,560	11,392	32,091	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4881	-1,917	7,742						
19	6387	0,000	12,142	30,585	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5921	0,000	8,142						

12. Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

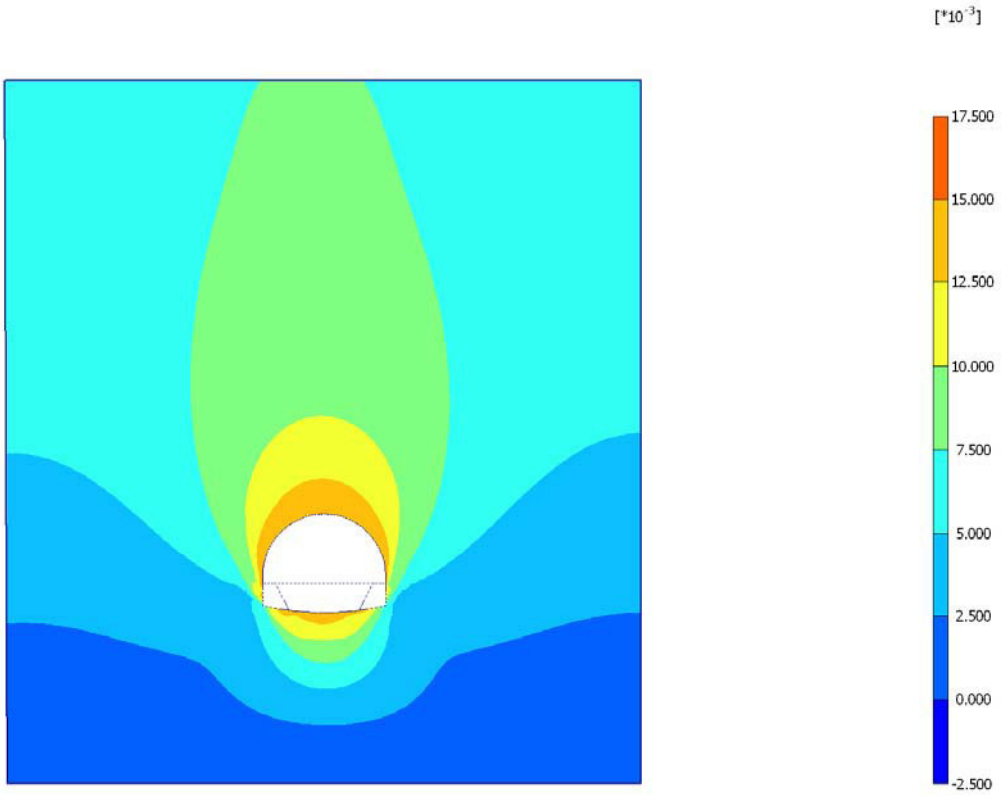


Fig. 32 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 70 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

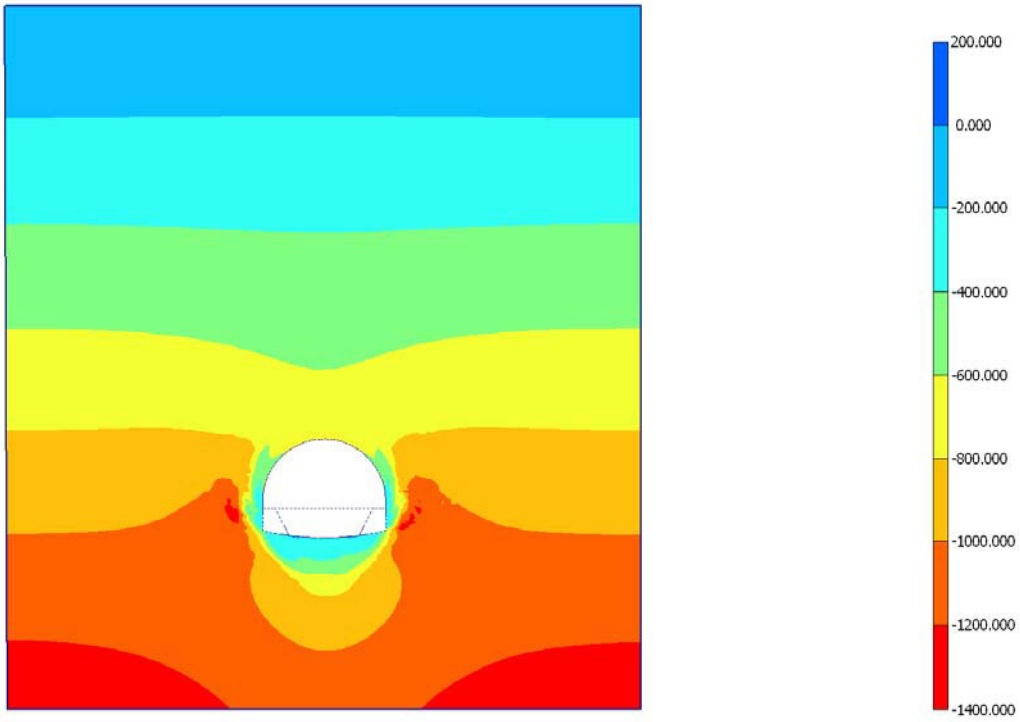


Fig. 33 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 70 - (Phase: 7)

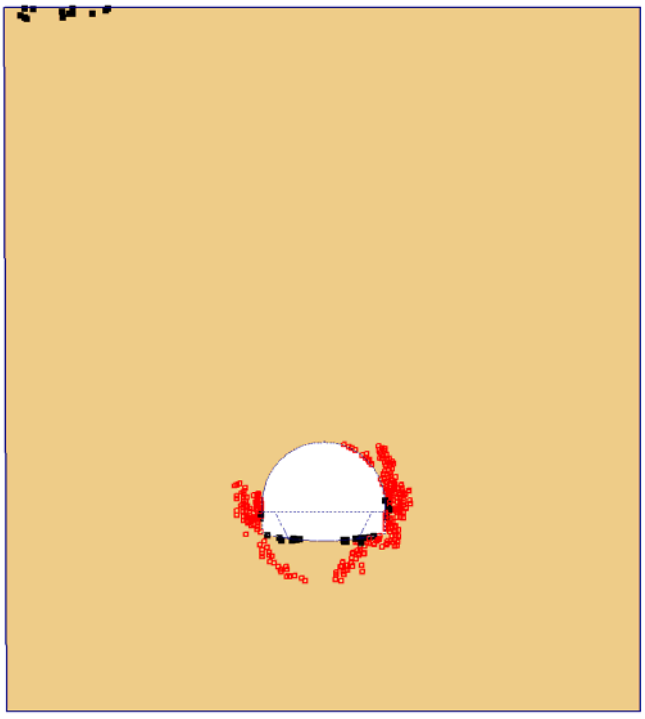


Fig. 34 Plot of plastic points
- Step no: 70 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

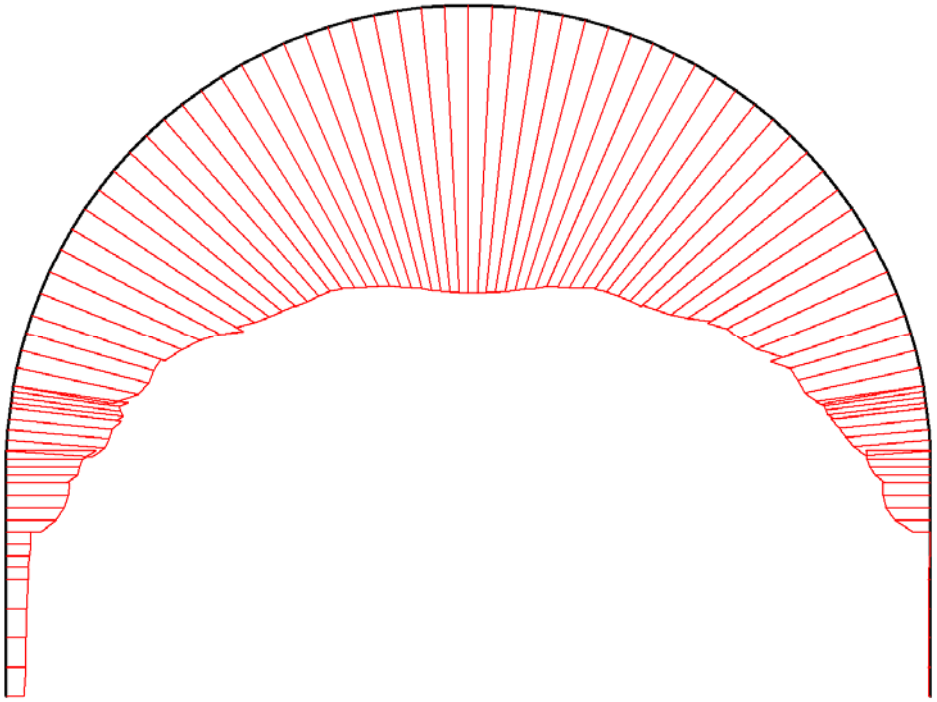


Fig. 35 Axial forces in beam
Extreme value -873,00 kN/m (Phase: 7)

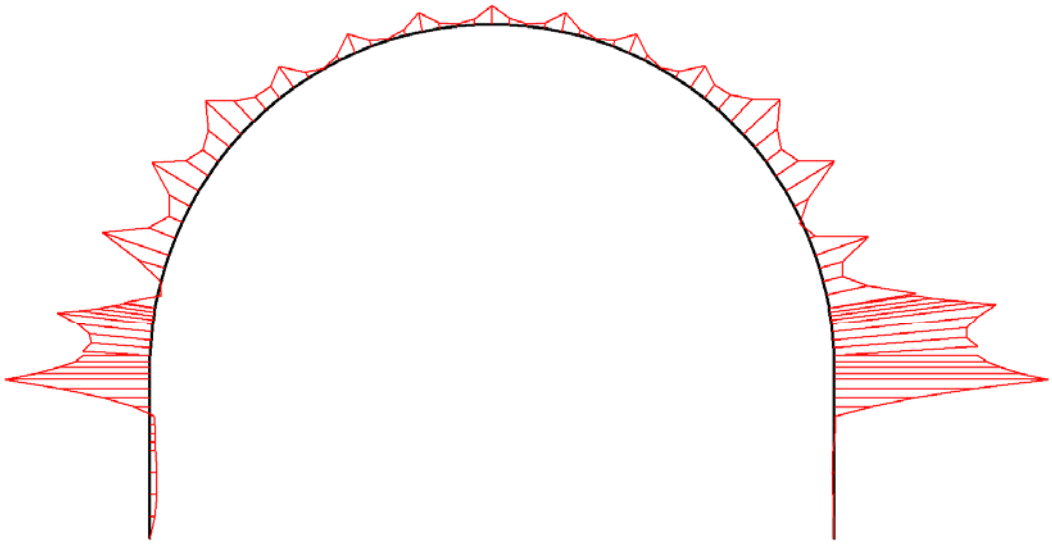


Fig. 36 Bending moments in beam
Extreme value -40,33 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [15] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1341	-8,654	1,089	1,724	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1473	-4,799	2,155						
2	1791	-8,800	2,882	163,992	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1527	-4,799	3,155						
3	2329	-8,740	4,322	126,357	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2089	-4,758	3,939						
4	2925	-8,350	6,112	91,529	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	3109	-4,536	4,911						
5	3451	-7,600	7,782	63,503	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3531	-4,116	5,811						
6	4087	-6,510	9,262	42,926	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3919	-3,519	6,606						
7	5077	-5,150	10,482	34,557	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4393	-2,777	7,257						
8	6115	-1,820	11,952	30,911	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5113	-0,980	8,041						
9	6981	1,820	11,952	31,038	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	6147	0,980	8,041						
10	7365	3,560	11,392	32,267	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6547	1,917	7,742						
11	7467	5,150	10,482	34,873	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6557	2,777	7,257						
12	7493	6,510	9,262	43,809	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6371	3,519	6,606						
13	6327	4,536	4,911	92,027	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	7451	8,350	6,112						
14	7483	7,600	7,782	65,572	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6729	4,116	5,811						
15	6233	4,758	3,939	122,328	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7381	8,740	4,322						
16	7113	8,800	2,882	181,661	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	5759	4,799	3,155						
17	6583	8,654	1,089	0,286	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5769	4,799	2,155						
18	5087	-3,560	11,392	32,096	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4881	-1,917	7,742						
19	6387	0,000	12,142	30,598	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	5921	0,000	8,142						

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: ST-V, CS-5 Lutitas y areniscas. TRAMO APERRIBAI – GALDAKAO LINEA 5 FMB

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-24,800	24,800
Y	-13,000	42,142

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

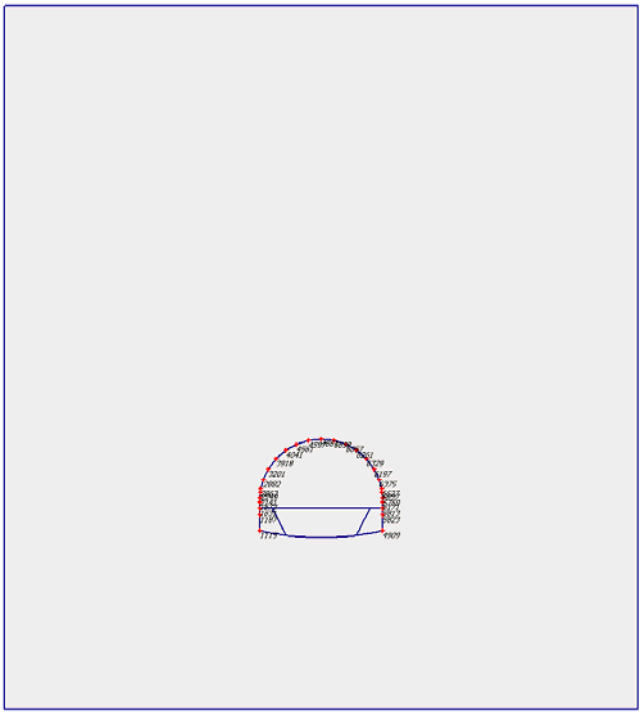


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

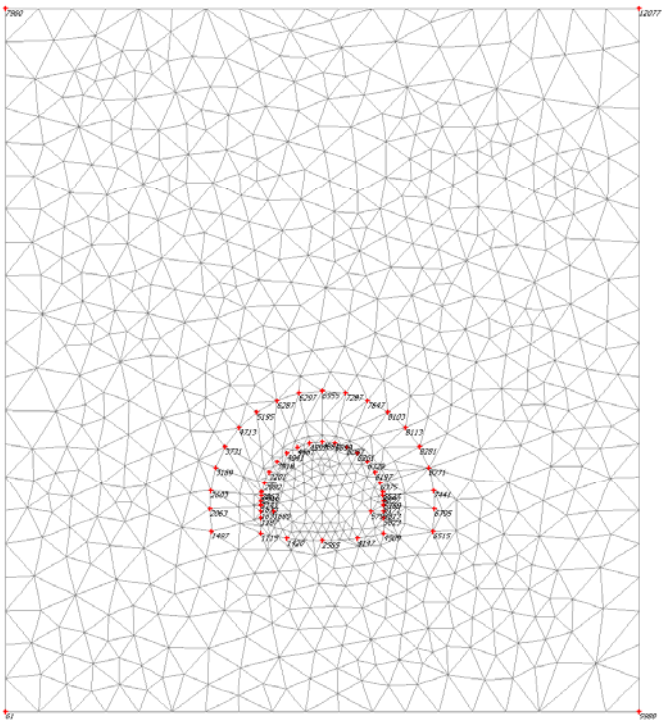


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

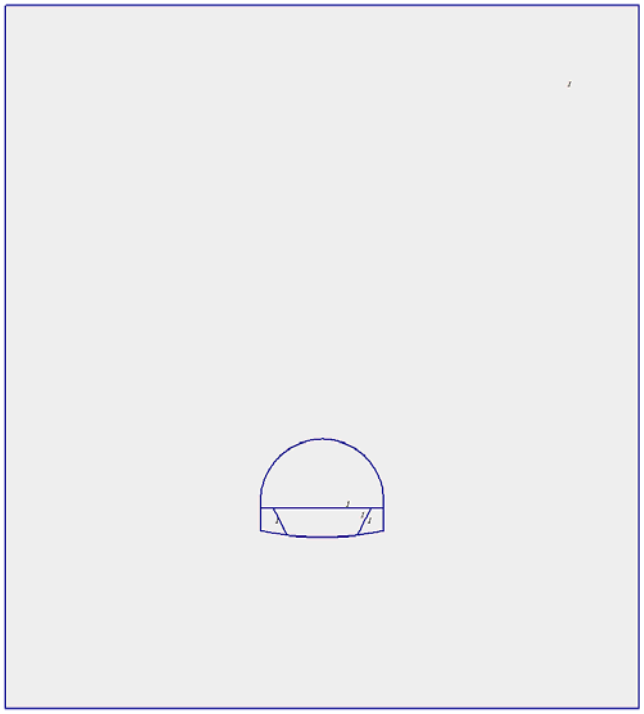


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas y areniscas RMR_10**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,50
γ_{sat}	[kN/m³]	26,50
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	430000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	165384,615
E_{oed}	[kN/m²]	578846,154
c_{ref}	[kN/m²]	55,00
φ	[°]	29,00
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	ST_IV Gunita 0,18 + Cercha	3,18E6	7760,00	4,70	0,20	1E15	1E15

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
2	TH_21 ST_V Gunita 0,30 + Cercha HEB_180	5,72E6	40700,00	7,99	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	3
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	4	63
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	64	126
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	127	149
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	150	152
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	153	169
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	170	172

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

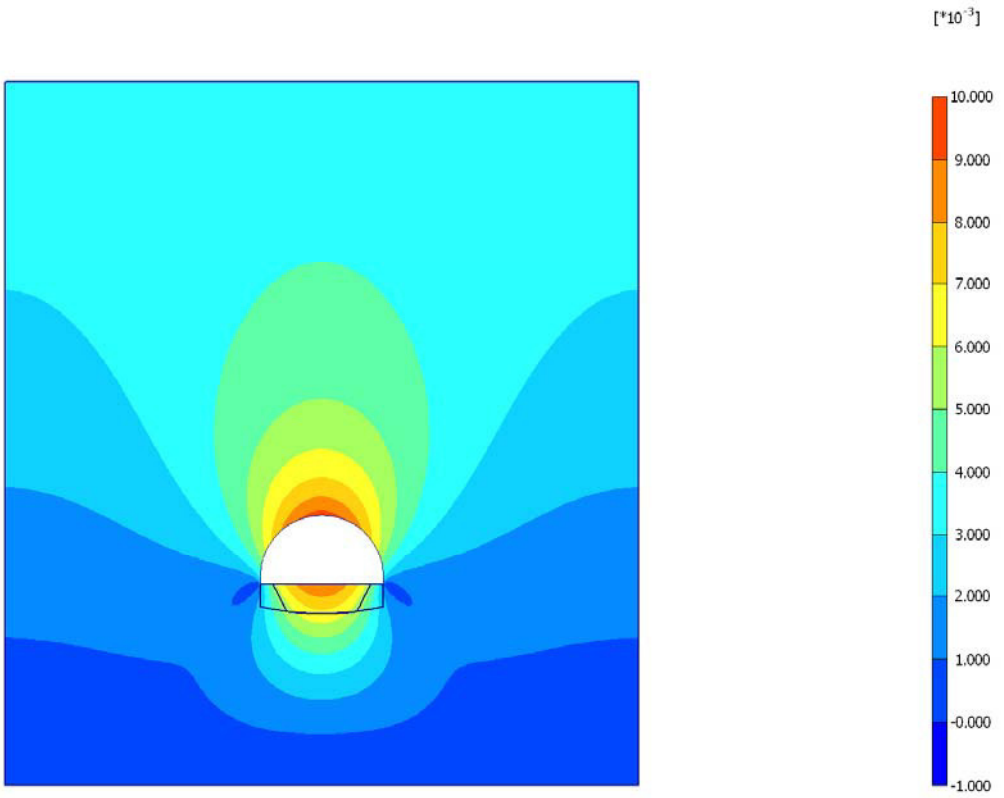


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

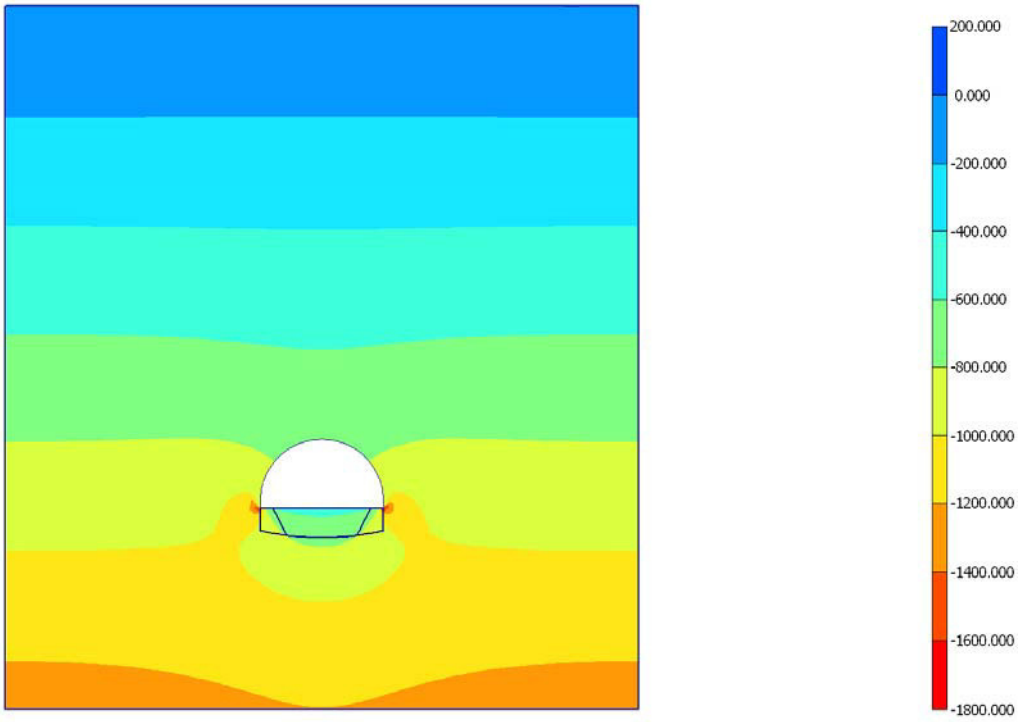


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

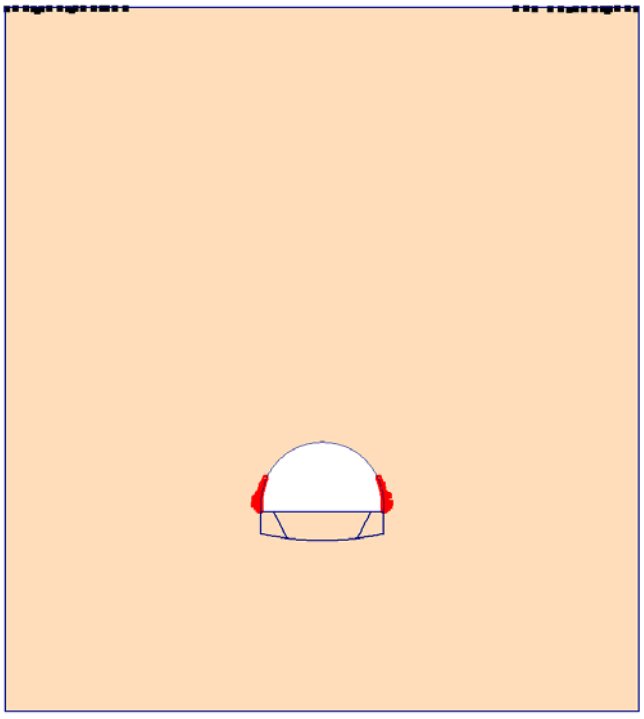


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1497	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1187	-4,799	2,155						
2	2063	-8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1673	-4,799	3,155						
3	2603	-8,740	4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2249	-4,758	3,939						
4	3169	-8,350	6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2882	-4,536	4,911						
5	3731	-7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3201	-4,116	5,811						
6	4713	-6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3918	-3,519	6,606						
7	5195	-5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4041	-2,777	7,257						
8	6297	-1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4597	-0,980	8,041						
9	6955	0,000	12,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4861	0,000	8,142						
10	7287	1,820	11,952	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5698	0,980	8,041						
11	7647	3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6057	1,917	7,742						
12	8103	5,150	10,482	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6261	2,777	7,257						
13	8113	6,510	9,262	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6329	3,519	6,606						
14	6375	4,536	4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	8271	8,350	6,112						
15	8281	7,600	7,782	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6197	4,116	5,811						
16	6637	4,758	3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7441	8,740	4,322						
17	6795	8,800	2,882	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	6171	4,799	3,155						
18	6515	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5823	4,799	2,155						
19	6287	-3,560	11,392	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4561	-1,917	7,742						

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

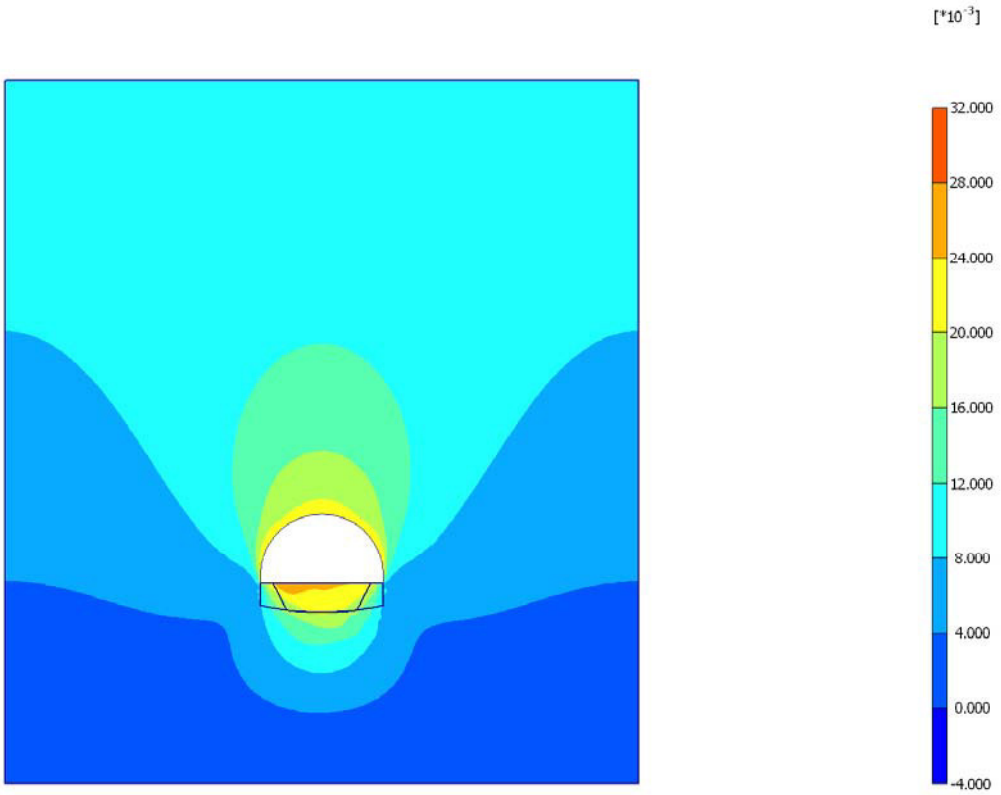


Fig. 7 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 63 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

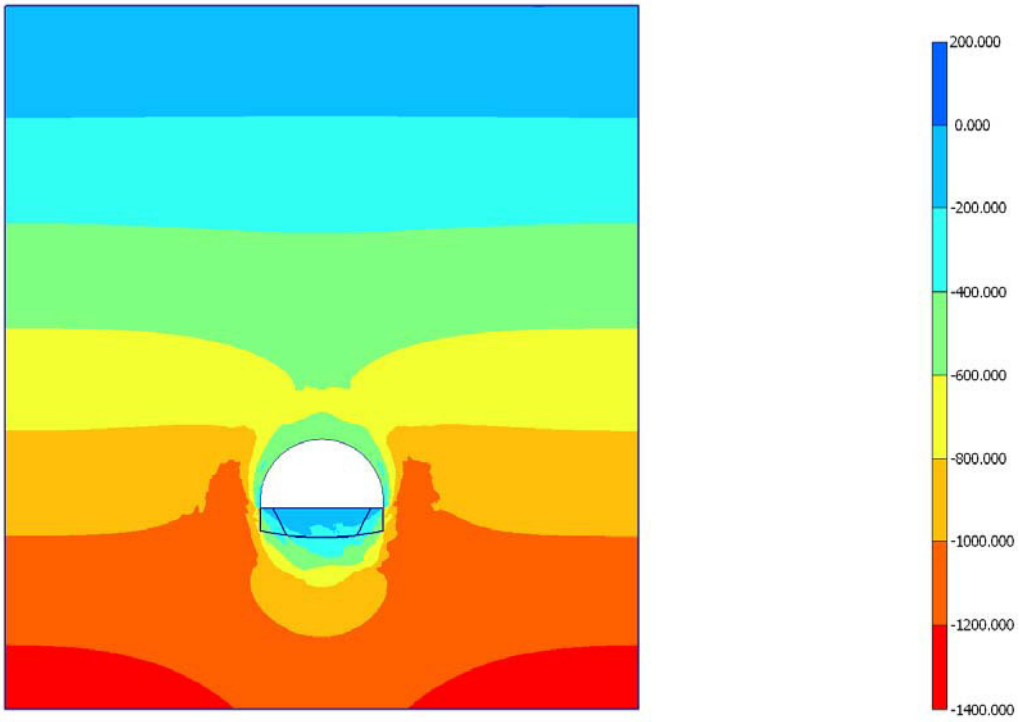


Fig. 8 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 63 - (Phase: 2)

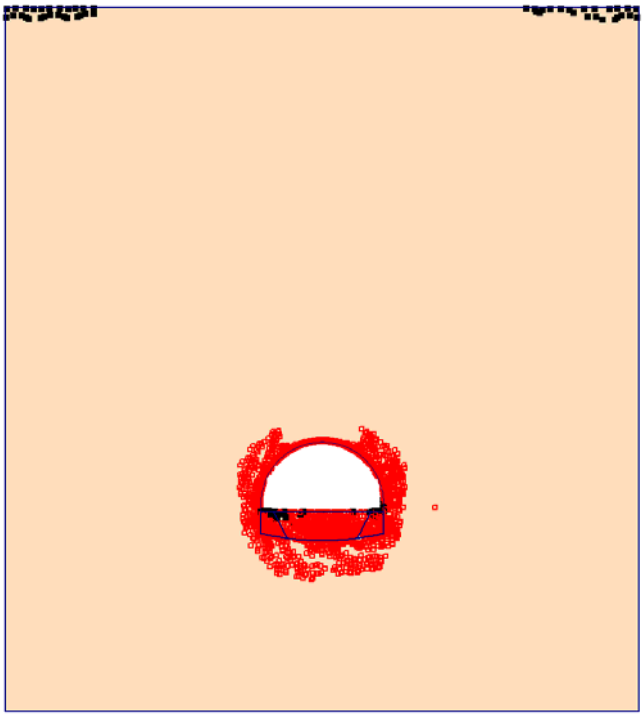


Fig. 9 Plot of plastic points
- Step no: 63 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

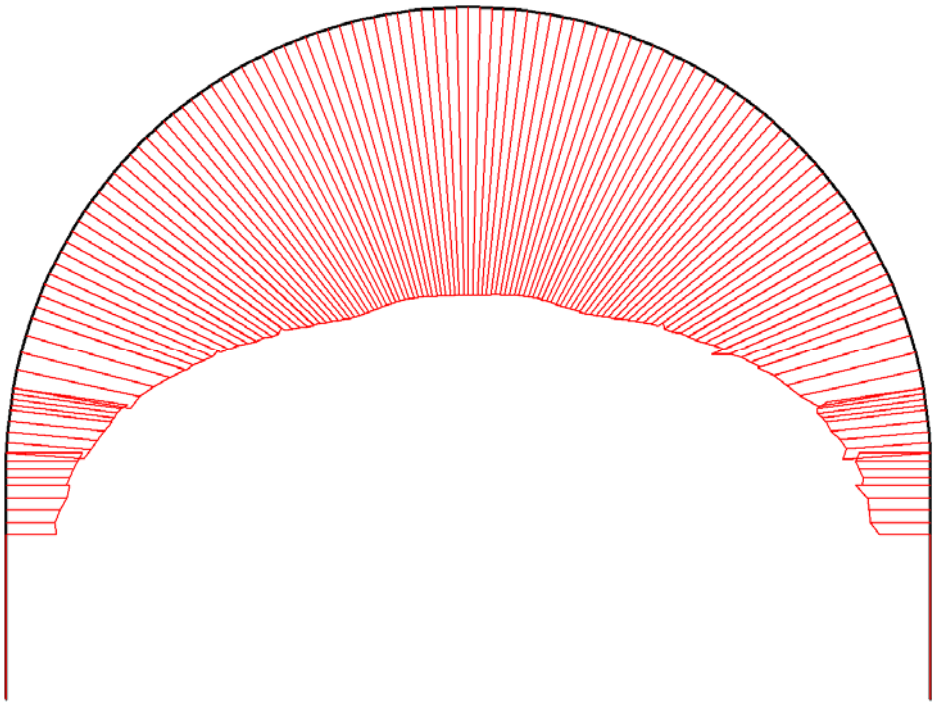


Fig. 10 Axial forces in beam
Extreme value -865,20 kN/m (Phase: 2)

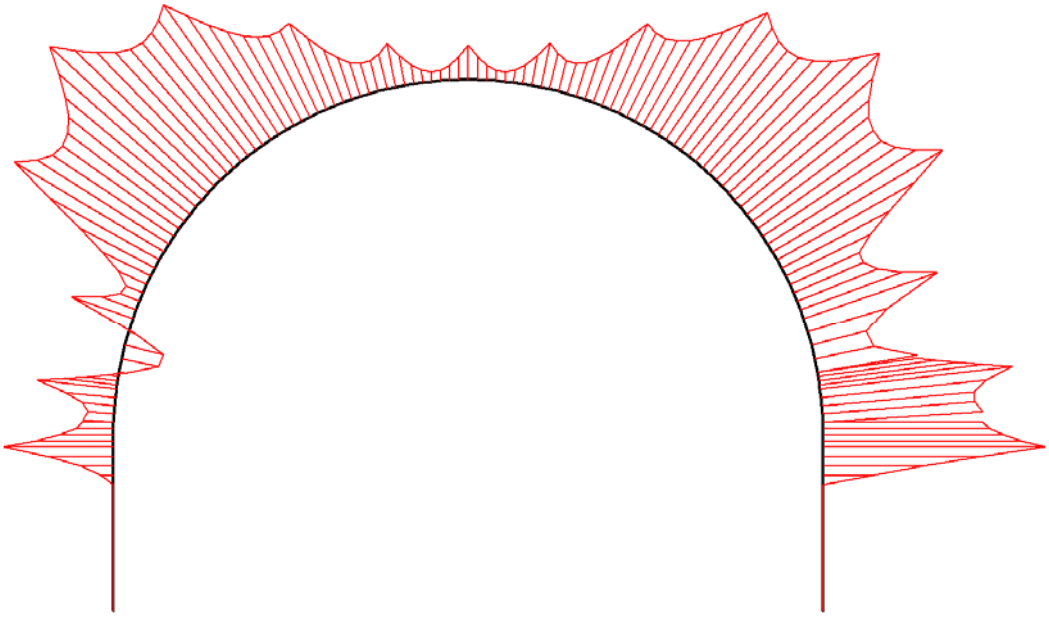


Fig. 11 Bending moments in beam
Extreme value -49,10 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1497	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1187	-4,799	2,155						
2	2063	-8,800	2,882	173,455	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1673	-4,799	3,155						
3	2603	-8,740	4,322	176,524	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2249	-4,758	3,939						
4	3169	-8,350	6,112	165,349	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2882	-4,536	4,911						
5	3731	-7,600	7,782	131,336	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3201	-4,116	5,811						
6	4713	-6,510	9,262	92,700	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3918	-3,519	6,606						
7	5195	-5,150	10,482	65,061	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4041	-2,777	7,257						
8	6297	-1,820	11,952	49,088	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4597	-0,980	8,041						
9	6955	0,000	12,142	48,845	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4861	0,000	8,142						
10	7287	1,820	11,952	49,200	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5698	0,980	8,041						
11	7647	3,560	11,392	52,436	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6057	1,917	7,742						
12	8103	5,150	10,482	65,533	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6261	2,777	7,257						
13	8113	6,510	9,262	91,902	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6329	3,519	6,606						
14	6375	4,536	4,911	163,886	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	8271	8,350	6,112						
15	8281	7,600	7,782	128,785	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6197	4,116	5,811						
16	6637	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7441	8,740	4,322						
17	6795	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	6171	4,799	3,155						
18	6515	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5823	4,799	2,155						
19	6287	-3,560	11,392	51,905	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4561	-1,917	7,742						

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

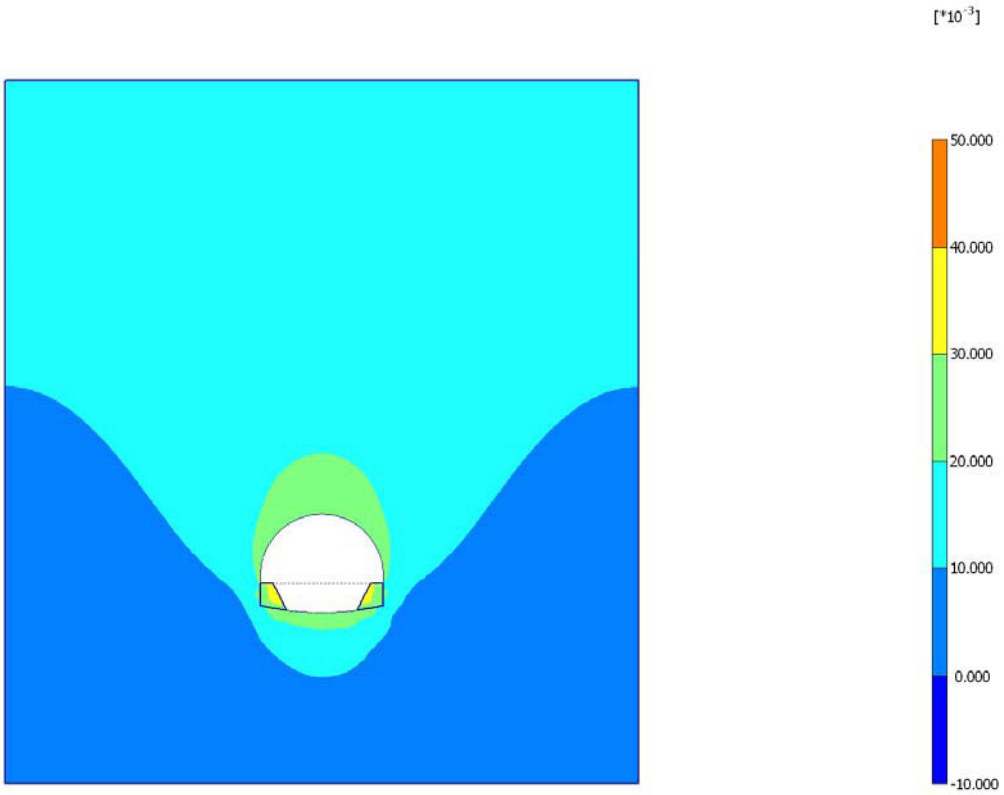


Fig. 12 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 126 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

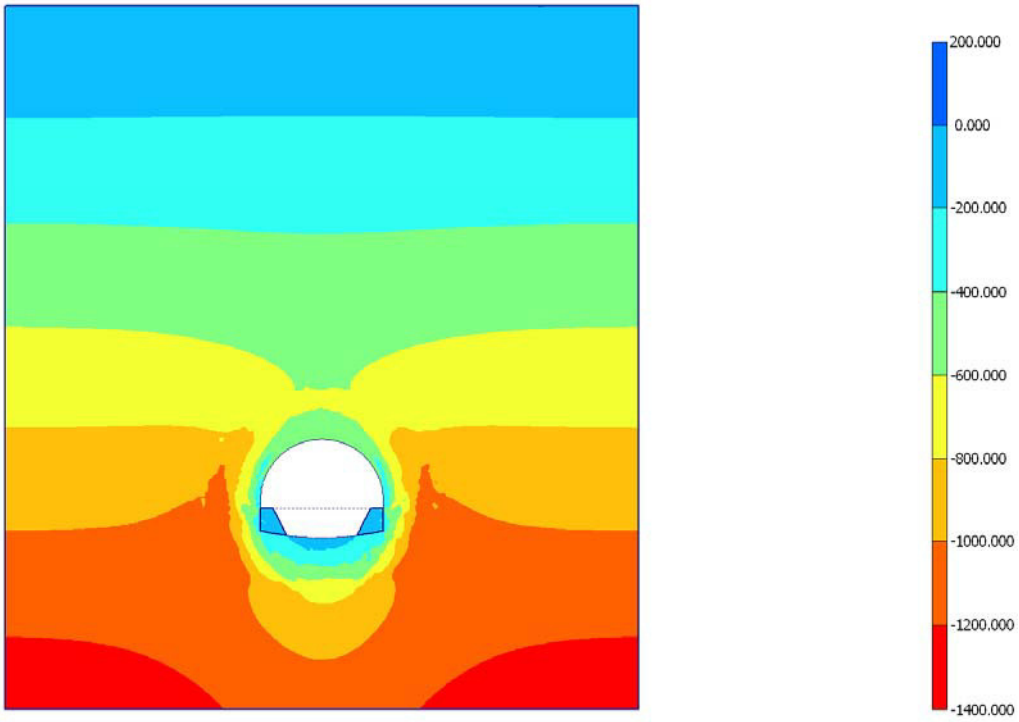


Fig. 13 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 126 - (Phase: 3)

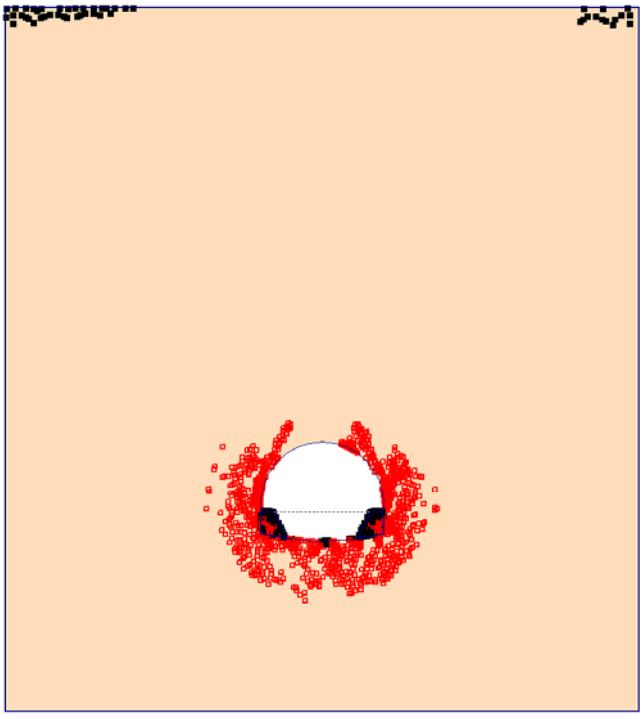


Fig. 14 Plot of plastic points
- Step no: 126 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

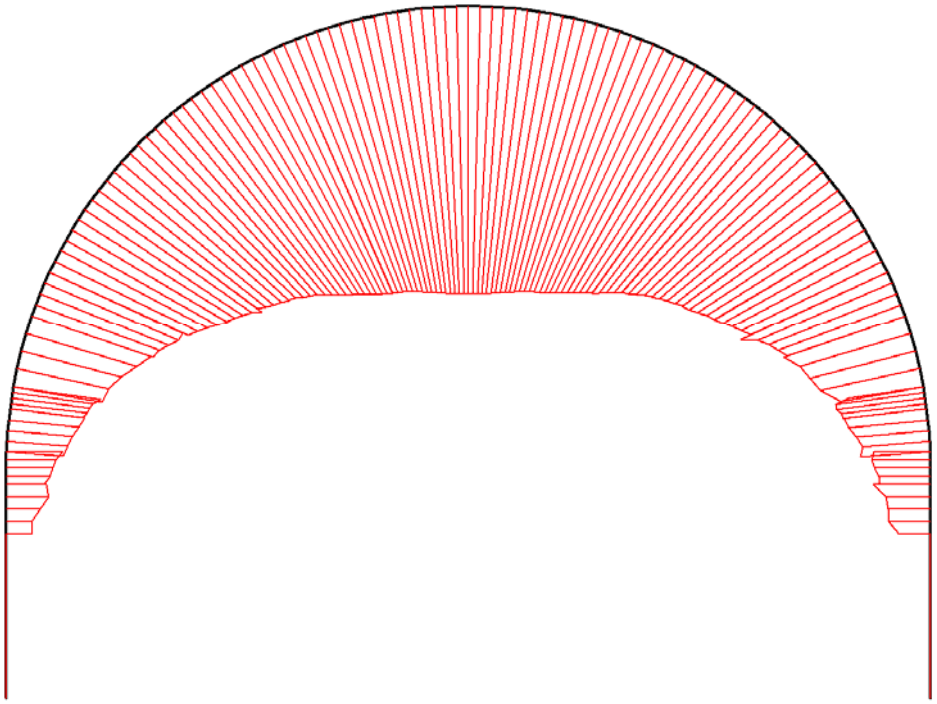


Fig. 15 Axial forces in beam
Extreme value -900,42 kN/m (Phase: 3)

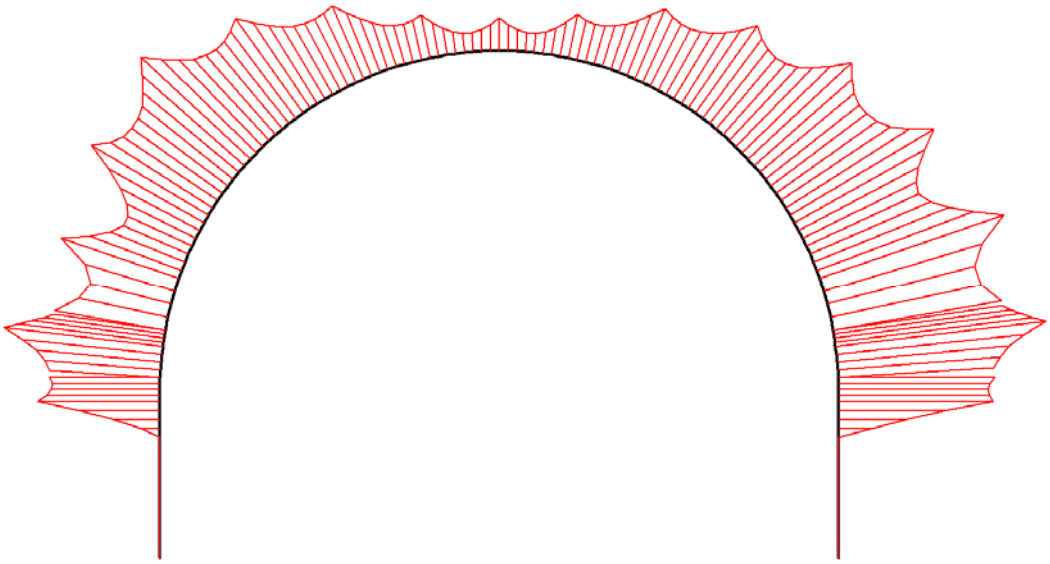


Fig. 16 Bending moments in beam
Extreme value -84,78 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1497	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1187	-4,799	2,155						
2	2063	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1673	-4,799	3,155						
3	2603	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2249	-4,758	3,939						
4	3169	-8,350	6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2882	-4,536	4,911						
5	3731	-7,600	7,782	149,558	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3201	-4,116	5,811						
6	4713	-6,510	9,262	107,280	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3918	-3,519	6,606						
7	5195	-5,150	10,482	77,512	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4041	-2,777	7,257						
8	6297	-1,820	11,952	53,719	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4597	-0,980	8,041						
9	6955	0,000	12,142	52,732	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4861	0,000	8,142						
10	7287	1,820	11,952	53,773	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5698	0,980	8,041						
11	7647	3,560	11,392	60,283	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6057	1,917	7,742						
12	8103	5,150	10,482	77,285	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6261	2,777	7,257						
13	8113	6,510	9,262	104,587	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6329	3,519	6,606						
14	6375	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	8271	8,350	6,112						
15	8281	7,600	7,782	144,002	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6197	4,116	5,811						
16	6637	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7441	8,740	4,322						
17	6795	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	6171	4,799	3,155						
18	6515	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5823	4,799	2,155						
19	6287	-3,560	11,392	59,901	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4561	-1,917	7,742						

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

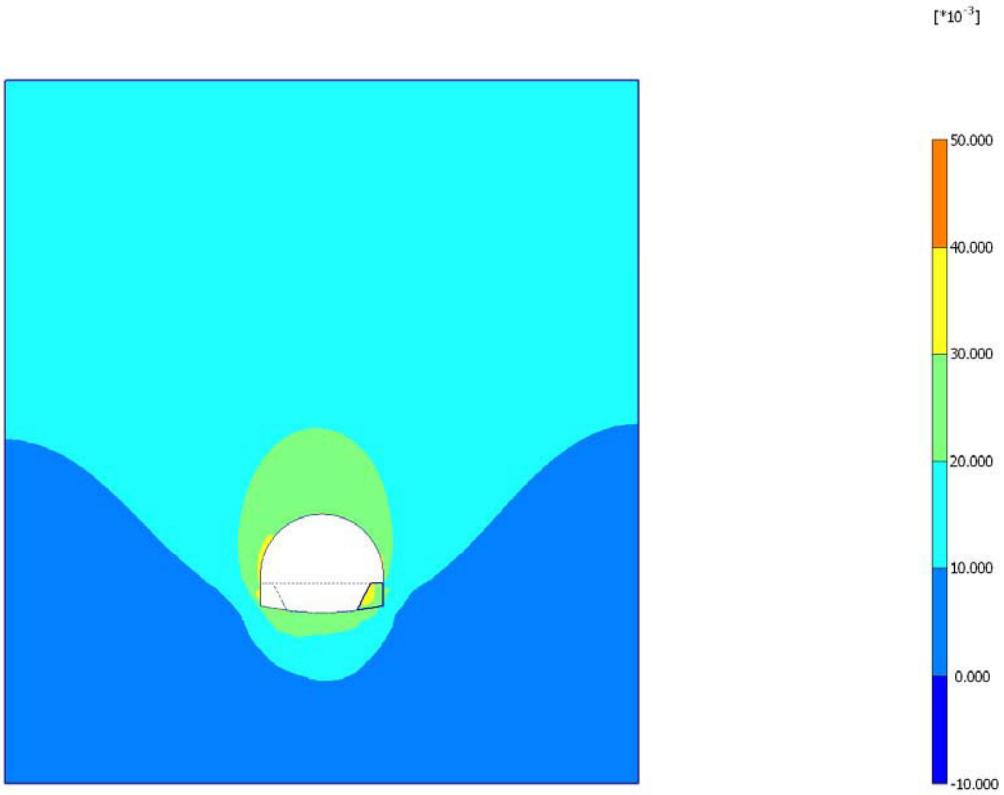


Fig. 17 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 149 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

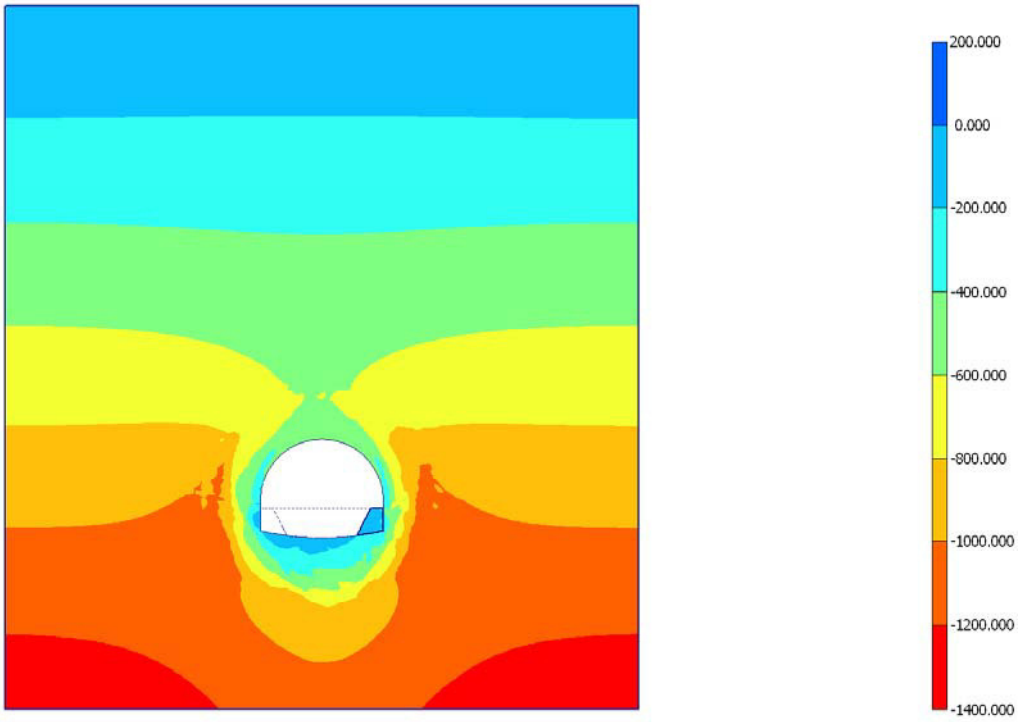


Fig. 18 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 149 - (Phase: 4)

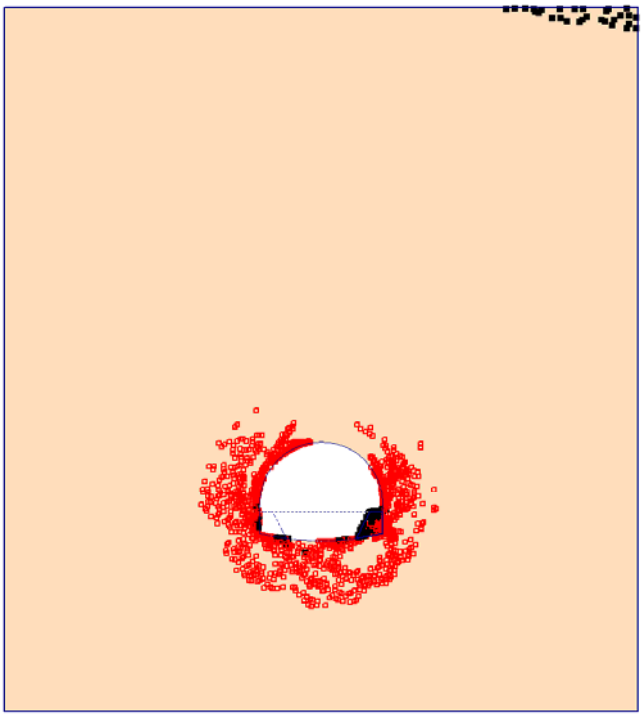


Fig. 19 Plot of plastic points
- Step no: 149 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

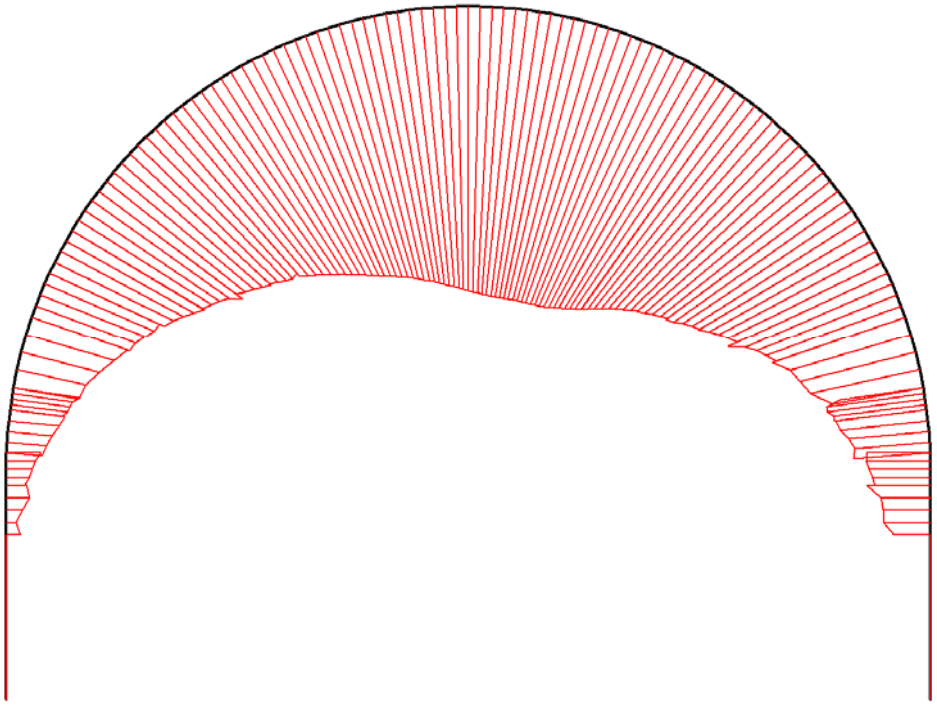


Fig. 20 Axial forces in beam
Extreme value -873,65 kN/m (Phase: 4)

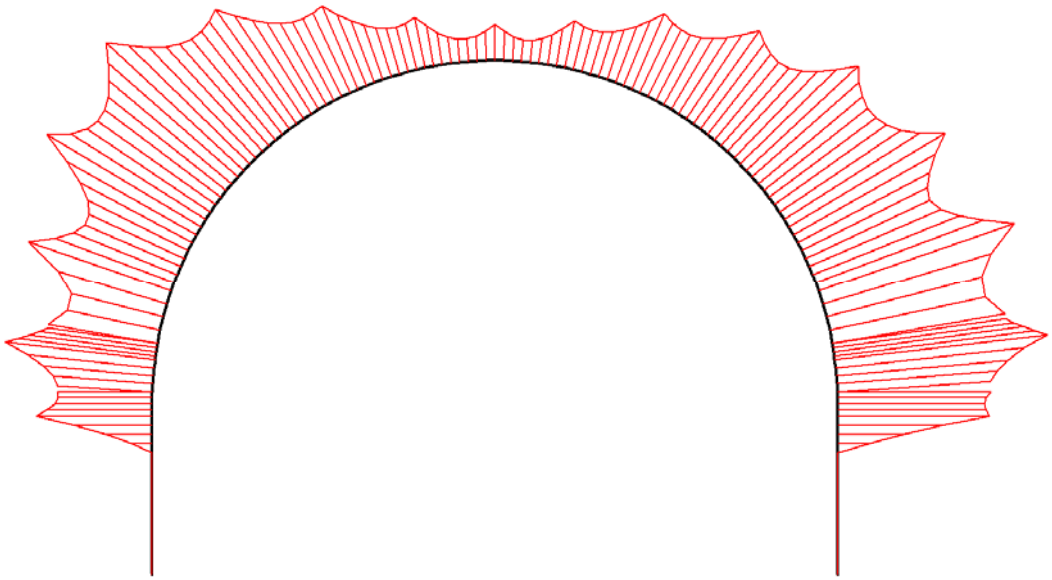


Fig. 21 Bending moments in beam
Extreme value -84,59 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1497	-8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1187	-4,799	2,155						
2	2063	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1673	-4,799	3,155						
3	2603	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2249	-4,758	3,939						
4	3169	-8,350	6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2882	-4,536	4,911						
5	3731	-7,600	7,782	183,211	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3201	-4,116	5,811						
6	4713	-6,510	9,262	118,568	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3918	-3,519	6,606						
7	5195	-5,150	10,482	82,148	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4041	-2,777	7,257						
8	6297	-1,820	11,952	55,718	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4597	-0,980	8,041						
9	6955	0,000	12,142	54,412	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4861	0,000	8,142						
10	7287	1,820	11,952	55,399	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5698	0,980	8,041						
11	7647	3,560	11,392	61,793	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6057	1,917	7,742						
12	8103	5,150	10,482	78,654	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6261	2,777	7,257						
13	8113	6,510	9,262	106,137	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6329	3,519	6,606						
14	6375	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	8271	8,350	6,112						
15	8281	7,600	7,782	146,770	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6197	4,116	5,811						
16	6637	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7441	8,740	4,322						
17	6795	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	6171	4,799	3,155						
18	6515	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5823	4,799	2,155						
19	6287	-3,560	11,392	62,965	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4561	-1,917	7,742						

10. Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

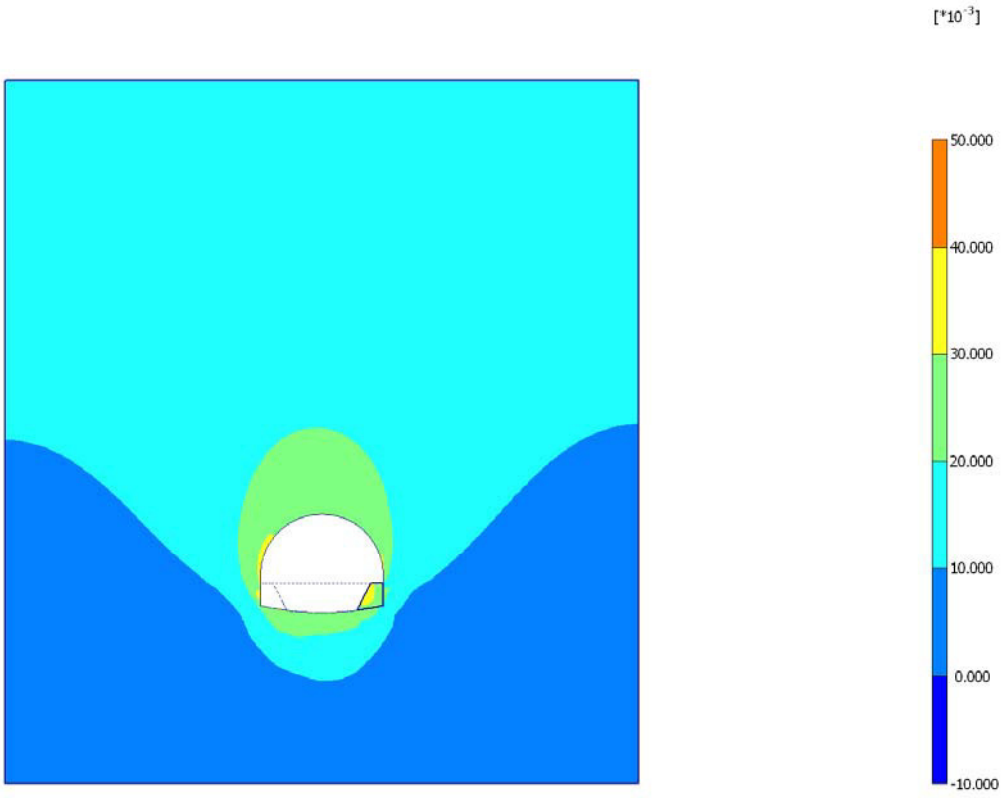


Fig. 22 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 152 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

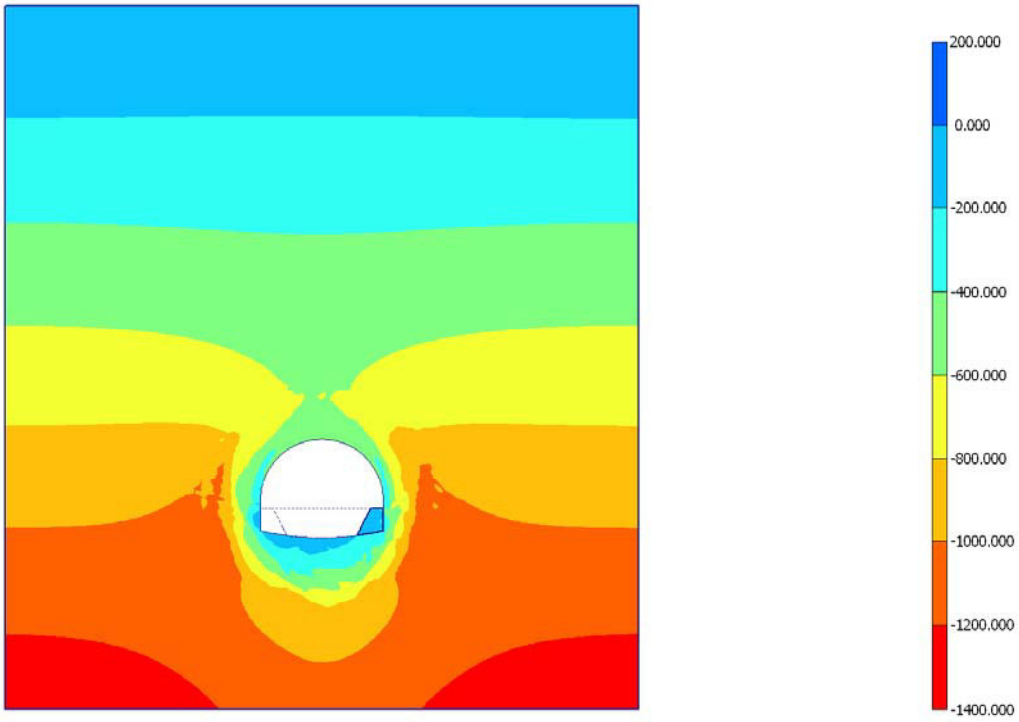


Fig. 23 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 152 - (Phase: 5)

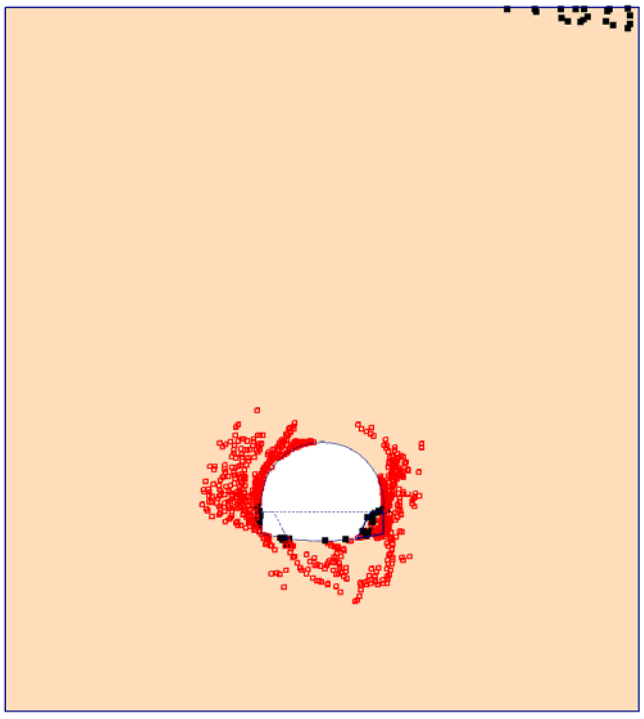


Fig. 24 Plot of plastic points
- Step no: 152 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

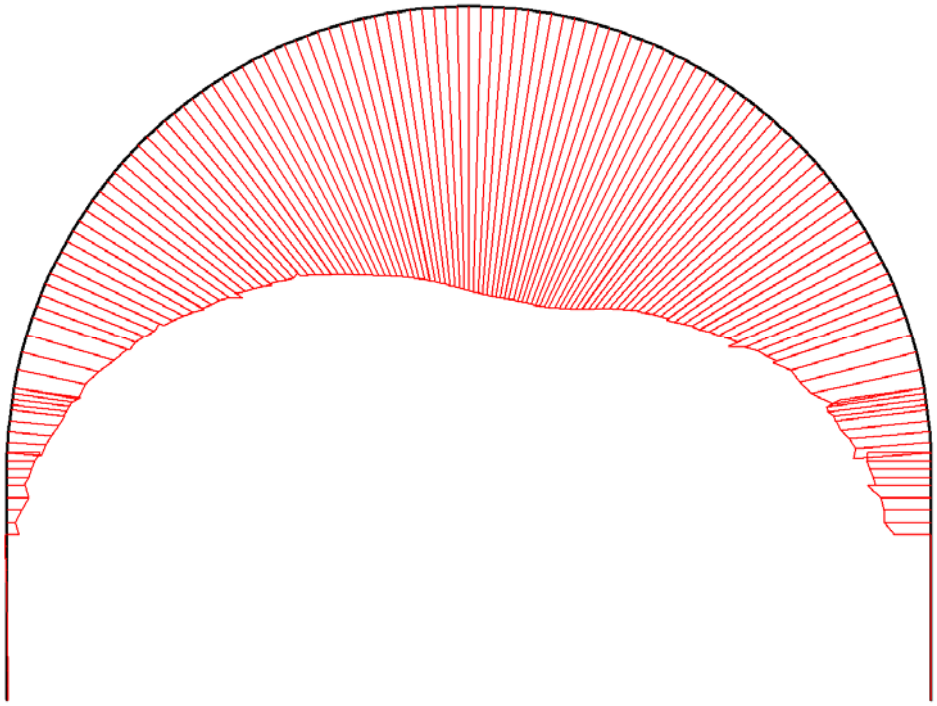


Fig. 25 Axial forces in beam
Extreme value -873,22 kN/m (Phase: 5)

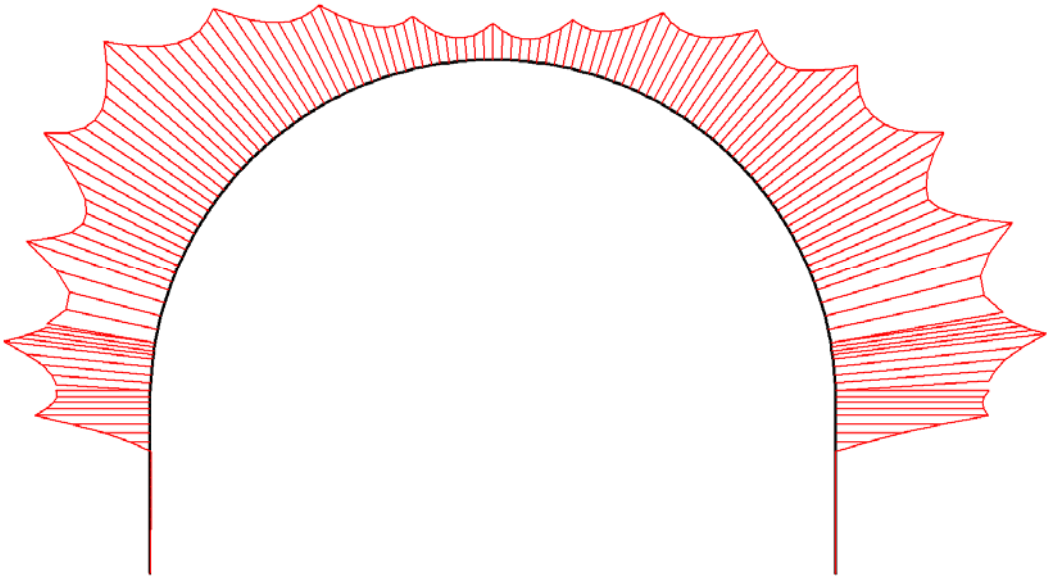


Fig. 26 Bending moments in beam
Extreme value -84,59 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1497	-8,654	1,089	0,177	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1187	-4,799	2,155						
2	2063	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1673	-4,799	3,155						
3	2603	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2249	-4,758	3,939						
4	3169	-8,350	6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2882	-4,536	4,911						
5	3731	-7,600	7,782	183,525	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3201	-4,116	5,811						
6	4713	-6,510	9,262	118,805	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3918	-3,519	6,606						
7	5195	-5,150	10,482	82,305	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4041	-2,777	7,257						
8	6297	-1,820	11,952	55,770	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4597	-0,980	8,041						
9	6955	0,000	12,142	54,444	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4861	0,000	8,142						
10	7287	1,820	11,952	55,426	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5698	0,980	8,041						
11	7647	3,560	11,392	61,815	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6057	1,917	7,742						
12	8103	5,150	10,482	78,671	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6261	2,777	7,257						
13	8113	6,510	9,262	106,151	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6329	3,519	6,606						
14	6375	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	8271	8,350	6,112						
15	8281	7,600	7,782	146,781	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6197	4,116	5,811						
16	6637	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7441	8,740	4,322						
17	6795	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	6171	4,799	3,155						
18	6515	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5823	4,799	2,155						
19	6287	-3,560	11,392	63,064	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4561	-1,917	7,742						

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

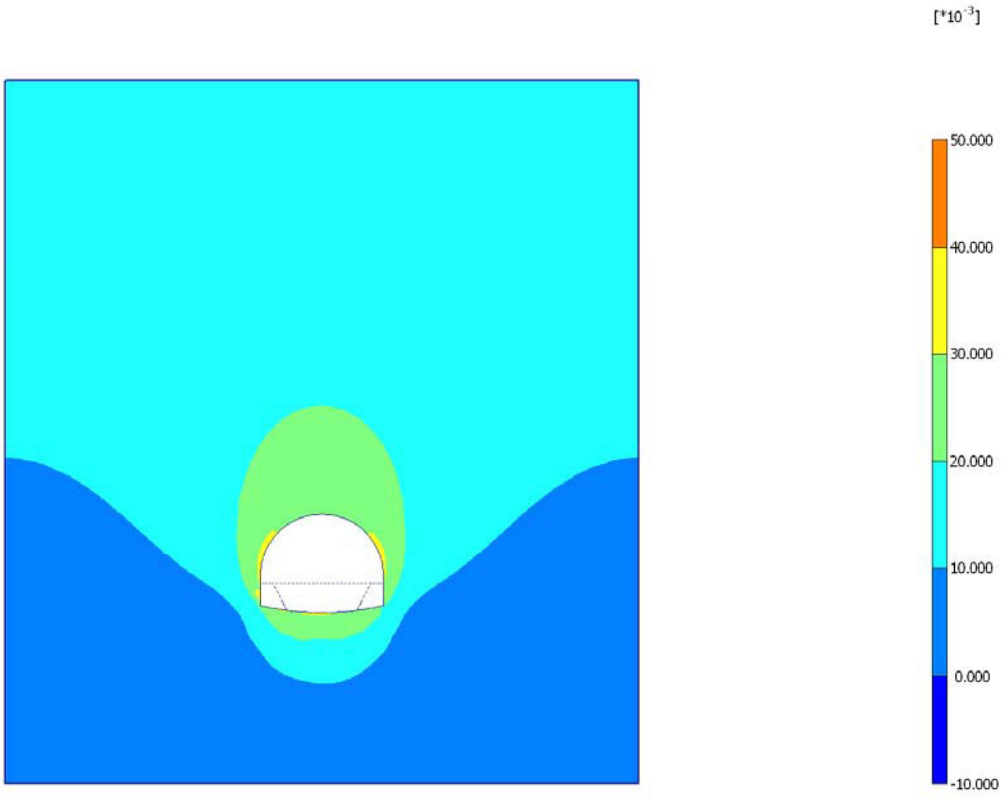


Fig. 27 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 169 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

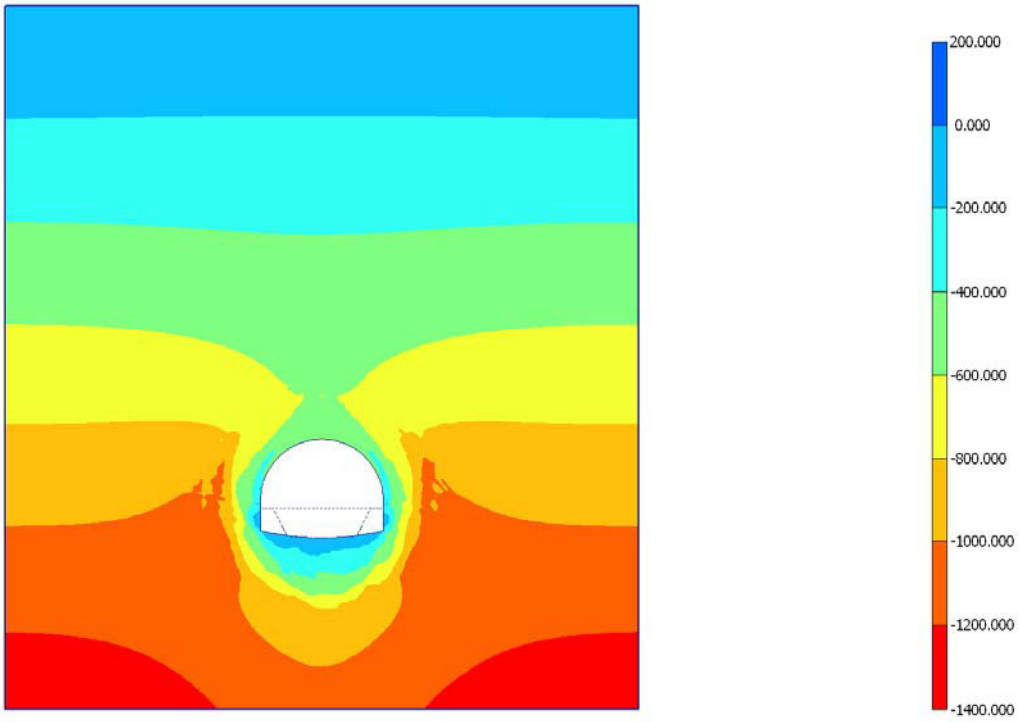


Fig. 28 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 169 - (Phase: 6)

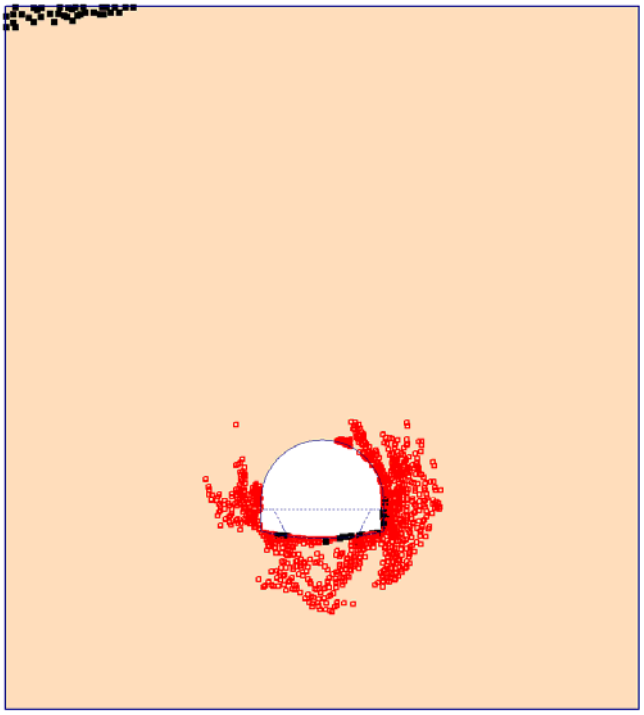


Fig. 29 Plot of plastic points
- Step no: 169 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

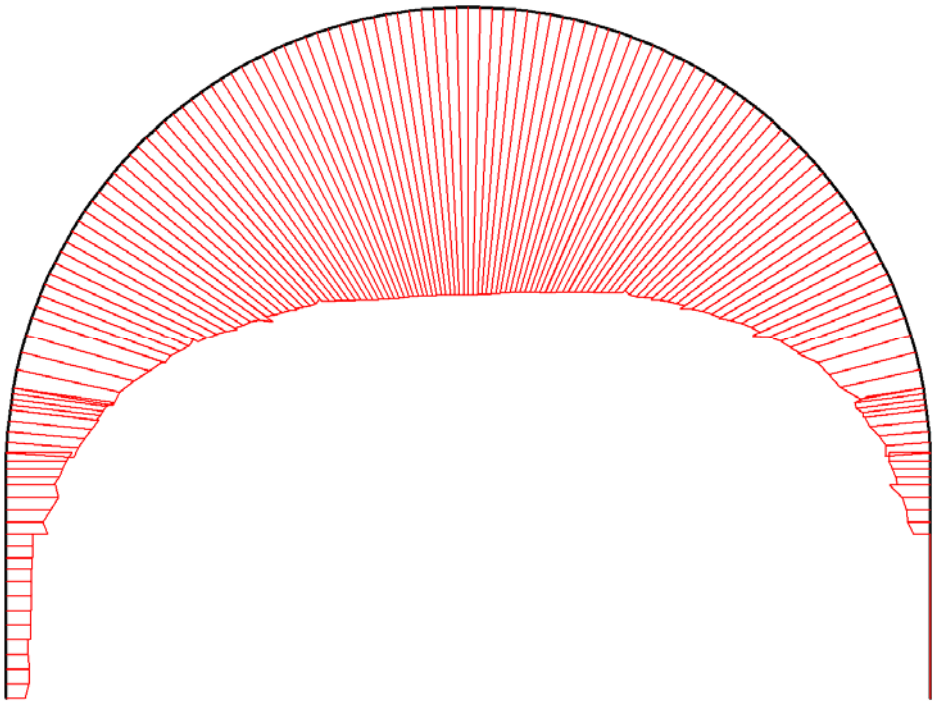


Fig. 30 Axial forces in beam
Extreme value -837,35 kN/m (Phase: 6)

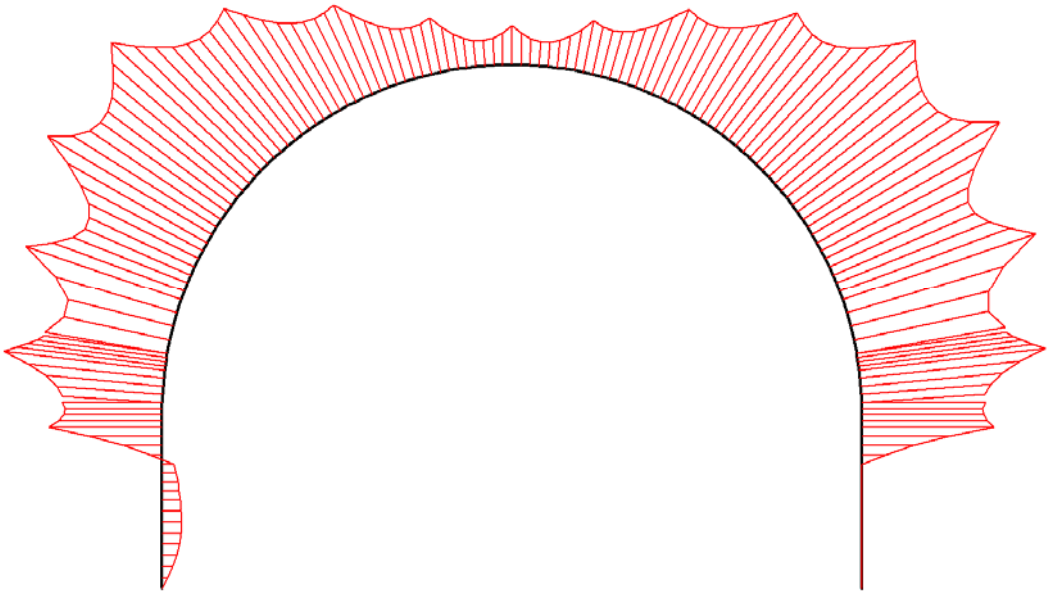


Fig. 31 Bending moments in beam
Extreme value -84,42 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1497	-8,654	1,089	2,249	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1187	-4,799	2,155						
2	2063	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1673	-4,799	3,155						
3	2603	-8,740	4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2249	-4,758	3,939						
4	3169	-8,350	6,112	183,603	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2882	-4,536	4,911						
5	3731	-7,600	7,782	182,858	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3201	-4,116	5,811						
6	4713	-6,510	9,262	118,306	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3918	-3,519	6,606						
7	5195	-5,150	10,482	82,218	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4041	-2,777	7,257						
8	6297	-1,820	11,952	56,497	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4597	-0,980	8,041						
9	6955	0,000	12,142	55,465	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4861	0,000	8,142						
10	7287	1,820	11,952	56,728	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5698	0,980	8,041						
11	7647	3,560	11,392	63,704	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6057	1,917	7,742						
12	8103	5,150	10,482	81,895	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6261	2,777	7,257						
13	8113	6,510	9,262	116,439	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6329	3,519	6,606						
14	6375	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	8271	8,350	6,112						
15	8281	7,600	7,782	175,647	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6197	4,116	5,811						
16	6637	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7441	8,740	4,322						
17	6795	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	6171	4,799	3,155						
18	6515	8,654	1,089	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5823	4,799	2,155						
19	6287	-3,560	11,392	63,399	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4561	-1,917	7,742						

12. Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

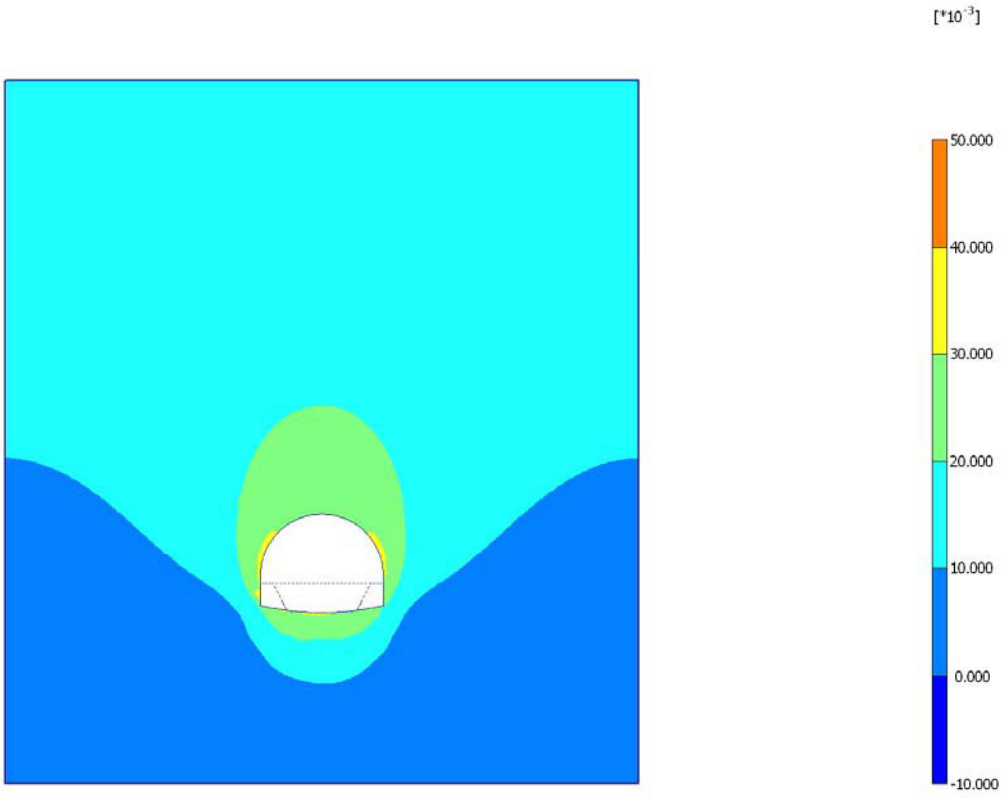


Fig. 32 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 172 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

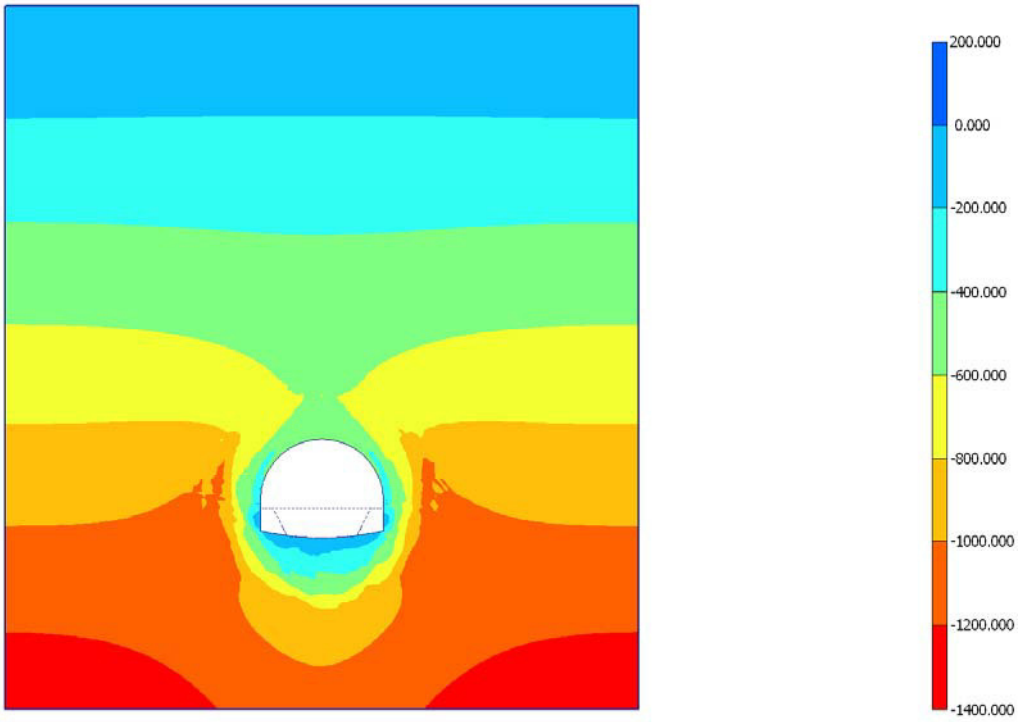


Fig. 33 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 172 - (Phase: 7)

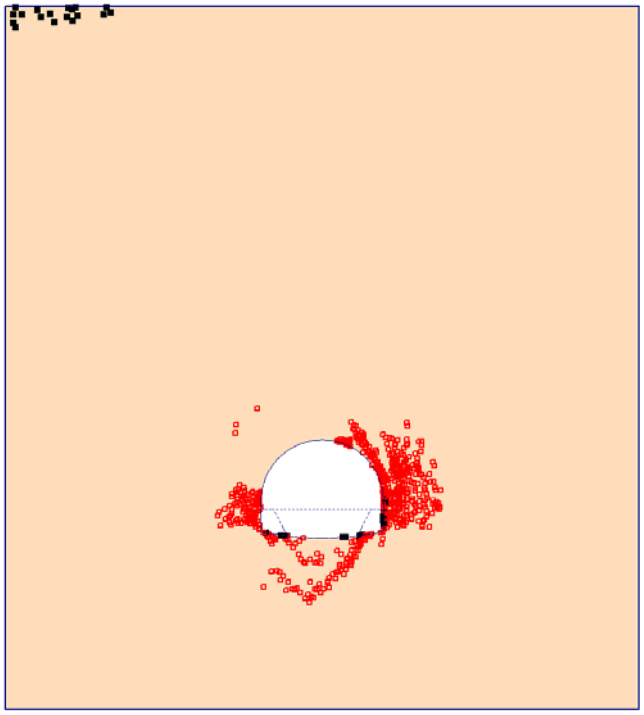


Fig. 34 Plot of plastic points
- Step no: 172 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

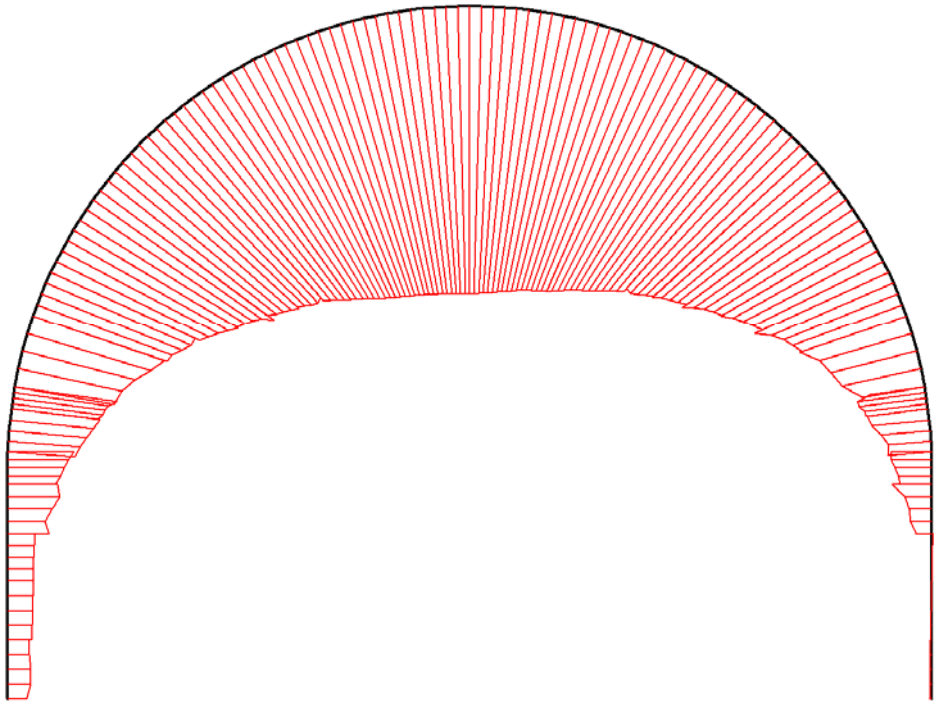


Fig. 35 Axial forces in beam
Extreme value -836,64 kN/m (Phase: 7)

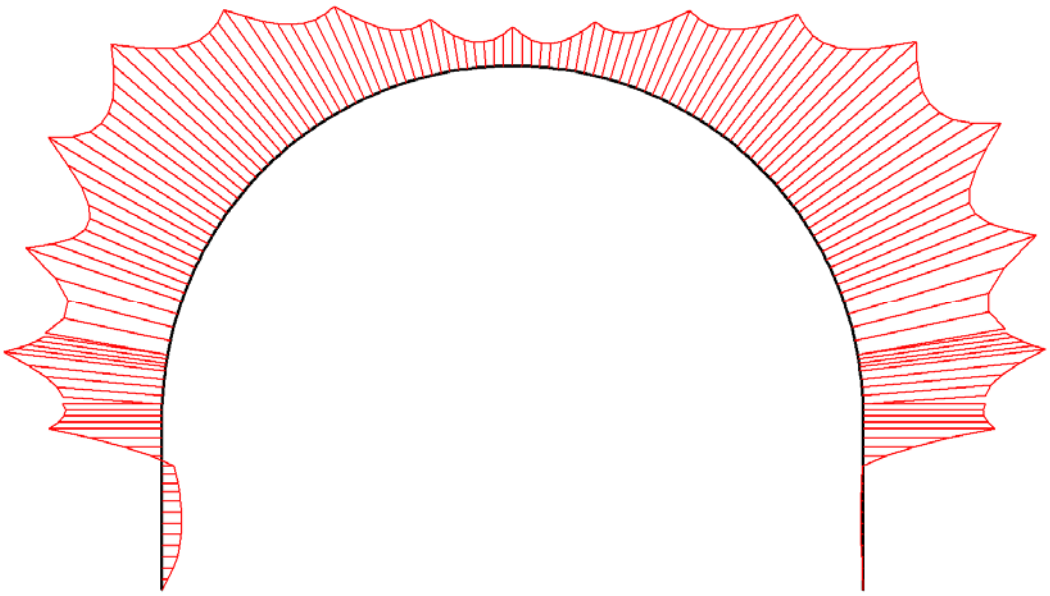


Fig. 36 Bending moments in beam
Extreme value -84,57 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	1497	-8,654	1,089	2,253	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	1187	-4,799	2,155						
2	2063	-8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	1673	-4,799	3,155						
3	2603	-8,740	4,322	183,998	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	2249	-4,758	3,939						
4	3169	-8,350	6,112	183,598	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	2882	-4,536	4,911						
5	3731	-7,600	7,782	182,857	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	3201	-4,116	5,811						
6	4713	-6,510	9,262	118,309	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	3918	-3,519	6,606						
7	5195	-5,150	10,482	82,227	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	4041	-2,777	7,257						
8	6297	-1,820	11,952	56,518	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	4597	-0,980	8,041						
9	6955	0,000	12,142	55,491	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	4861	0,000	8,142						
10	7287	1,820	11,952	56,769	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	5698	0,980	8,041						
11	7647	3,560	11,392	63,786	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6057	1,917	7,742						
12	8103	5,150	10,482	82,035	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
	6261	2,777	7,257						
13	8113	6,510	9,262	116,696	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
	6329	3,519	6,606						
14	6375	4,536	4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	8271	8,350	6,112						
15	8281	7,600	7,782	176,036	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	6197	4,116	5,811						
16	6637	4,758	3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
	7441	8,740	4,322						
17	6795	8,800	2,882	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
	6171	4,799	3,155						
18	6515	8,654	1,089	0,150	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
	5823	4,799	2,155						
19	6287	-3,560	11,392	63,413	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
	4561	-1,917	7,742						

APÉNDICE 7.9. CÁLCULOS DEL ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. CAVERNA DE LA ESTACIÓN DE GALDAKAO

RESUMEN RESULTADOS PLAXIS

CAVERNA DE ESTACIÓN

CS-5 Lutitas y areniscas **RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8**

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)
CS-5 Lutitas y areniscas	E-3 Sección A RMR = 45	4,40E-03	1830	28205,04	2328,70	8,36
	E-3 Sección B RMR = 45	4,40E-03	1820	28972,57	2400,19	8,02

CAVERNA DE ESTACIÓN Sección A con terreno RMR = 45

CS-5 Lutitas y areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO E-3
Hormigón proyectado, e = 25 cm (22+3)
Cerchas TH-29 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	3,70E-03
	I cercha (m4)	6,16E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,06600
	y2 cercha (m)	0,05800

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,25
	I gunita (m4)	1,30E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,13

EI cercha (kNm2/m)	1,29E+03
EA cercha (kN/m)	7,77E+05
EI gunita (kNm2/m)	1,89E+04
EA gunita (kN/m)	3,63E+06
EI total (kNm2/m)	2,02E+04
EA total (kN/m)	4,40E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**2,70E+05**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500**
Límite elástico hormigon gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Lutitas y areniscas	Envolvente	8,91	463,94	565,54	2,03	0,57	81,89	99,82	0,13	28205,04	OK	No tracciones	OK	8,34	382,05	465,72	1,90	2328,70	OK	No tracciones	OK
	Fase final	-3,11	349,78	389,99	-0,74	-0,20	61,74	68,84	-0,05	19111,73	OK	No tracciones	OK	-2,91	288,04	321,15	-0,69	1431,58	OK	No tracciones	OK

CAVERNA DE ESTACIÓN Sección B con terreno RMR = 45

CS-5 Lutitas y areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO E-3
Hormigón proyectado, e = 25 cm (22+3)
Cerchas TH-29 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	3,70E-03
	I cercha (m4)	6,16E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,06600
	y2 cercha (m)	0,05800

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,25
	I gunita (m4)	1,30E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,13

EI cercha (kNm2/m)	1,29E+03
EA cercha (kN/m)	7,77E+05
EI gunita (kNm2/m)	1,89E+04
EA gunita (kN/m)	3,63E+06
EI total (kNm2/m)	2,02E+04
EA total (kN/m)	4,40E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**2,70E+05**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500**
Límite elástico hormigon gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Lutitas y areniscas	Envolvente	8,30	502,28	543,42	1,70	0,53	88,66	95,92	0,11	28972,57	OK	No tracciones	OK	7,77	413,62	447,50	1,59	2400,19	OK	No tracciones	OK
	Fase final	-2,73	350,21	404,89	-0,83	-0,18	61,82	71,47	-0,05	19885,75	OK	No tracciones	OK	-2,55	288,40	333,42	-0,78	1408,26	OK	No tracciones	OK

CAVERNA DE ESTACIÓN

CS-5 Lutitas y areniscas **RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8**

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)
CS-5 Lutitas y areniscas	E-3 Sección A RMR = 20	3,05E-02	1740	63345,00	4966,83	122,49
	E-3 Sección B RMR = 20	3,13E-02	1620	66859,04	5271,17	116,99

CAVERNA DE ESTACIÓN Sección A con terreno RMR = 20

CS-5 Lutitas y areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO E-3
Hormigón proyectado, e = 25 cm (22+3)
Cerchas TH-29 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	3,70E-03
	I cercha (m4)	6,16E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,06600
	y2 cercha (m)	0,05800

CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,25
	I gunita (m4)	1,30E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,13

EI cercha (kNm2/m)	1,29E+03
EA cercha (kN/m)	7,77E+05
EI gunita (kNm2/m)	1,89E+04
EA gunita (kN/m)	3,63E+06
EI total (kNm2/m)	2,02E+04
EA total (kN/m)	4,40E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**2,70E+05**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500**
Límite elástico hormigon gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Lutitas y areniscas	Envolvente	-35,14	355,93	1126,44	-13,98	-2,25	62,83	198,83	-0,90	63345,00	OK	-4235,99	OK	-32,89	293,11	927,61	-13,09	4966,83	OK	-1984,70	OK
	Fase final	-35,14	355,93	887,83	-8,18	-2,25	62,83	156,71	-0,52	47972,29	OK	-4235,99	OK	-32,89	293,11	731,12	-7,65	4329,55	OK	-1984,70	OK

CAVERNA DE ESTACIÓN Sección B con terreno RMR = 20

CS-5 Lutitas y areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO E-3
Hormigón proyectado, e = 25 cm (22+3)
Cerchas TH-29 c/1 m

CARACTERÍSTICAS CERCHAS	**A cercha (m2)**	3,70E-03
	I cercha (m4)	6,16E-06
	E cercha (kN/m2)	2,10E+08
	y1 cercha (m)	0,06600
	y2 cercha (m)	0,05800

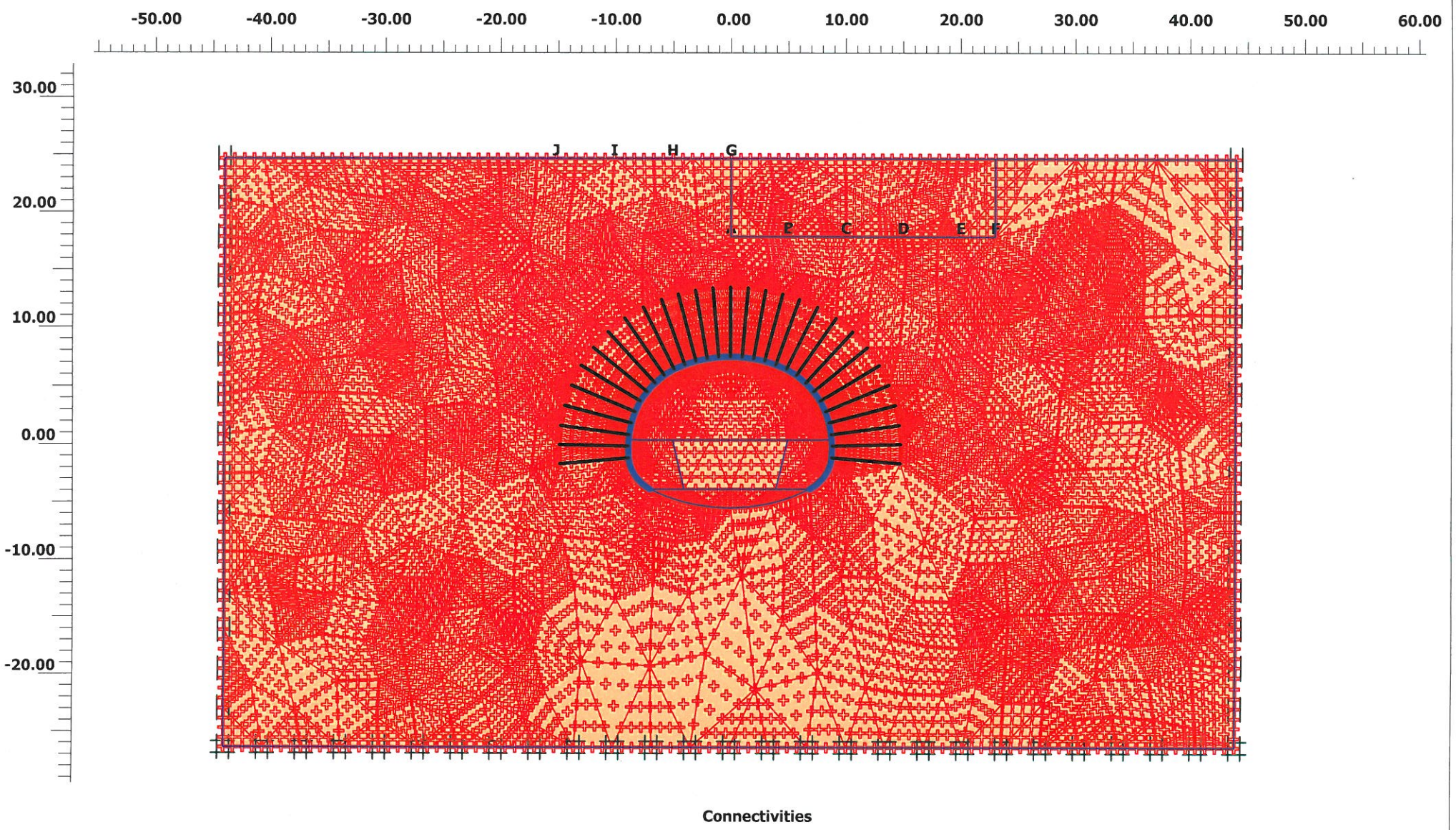
CARACTERÍSTICAS GUNITA	**A gunita (m2)**	0,25
	I gunita (m4)	1,30E-03
	E gunita (kN/m2)	1,45E+07
	y gunita (m)	0,13

EI cercha (kNm2/m)	1,29E+03
EA cercha (kN/m)	7,77E+05
EI gunita (kNm2/m)	1,89E+04
EA gunita (kN/m)	3,63E+06
EI total (kNm2/m)	2,02E+04
EA total (kN/m)	4,40E+06

Tensión máxima admisible en cercha: 75% L.E.	**2,70E+05**
Límite elástico acero cerchas (kN/m2):	360000,00
Tensión máxima admisible en gunita: 75% L.E.	**22500**
Límite elástico hormigon gunita (kN/m2):	30000,00
Tensión máxima admisible a flexotracción en gunita (kN/m2):	**-4000**

FORMACIÓN	ESFUERZOS	TOTALES				CERCHAS								GUNITA							
		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max cercha (kN/m2)		σ t max cercha (kN/m2)		Mmax (kNm/m)	N (kN/m)	Nmax (kN/m)	M (kNm/m)	σ c max gunita (kN/m2)		σ t max gunita (kN/m2)	
CS-5 Lutitas y areniscas	Envolvente	-35,27	347,65	1179,15	-15,44	-2,26	61,36	208,13	-0,99	66859,04	OK	-4709,76	OK	-33,01	286,28	971,02	-14,45	5271,17	OK	-2023,68	OK
	Fase final	-35,07	353,11	860,98	-18,70	-2,25	62,33	151,97	-1,20	53922,38	OK	-4328,35	OK	-32,82	290,78	709,01	-17,50	4516,30	OK	-1987,71	OK

GRÁFICOS DESPLAZAMIENTOS

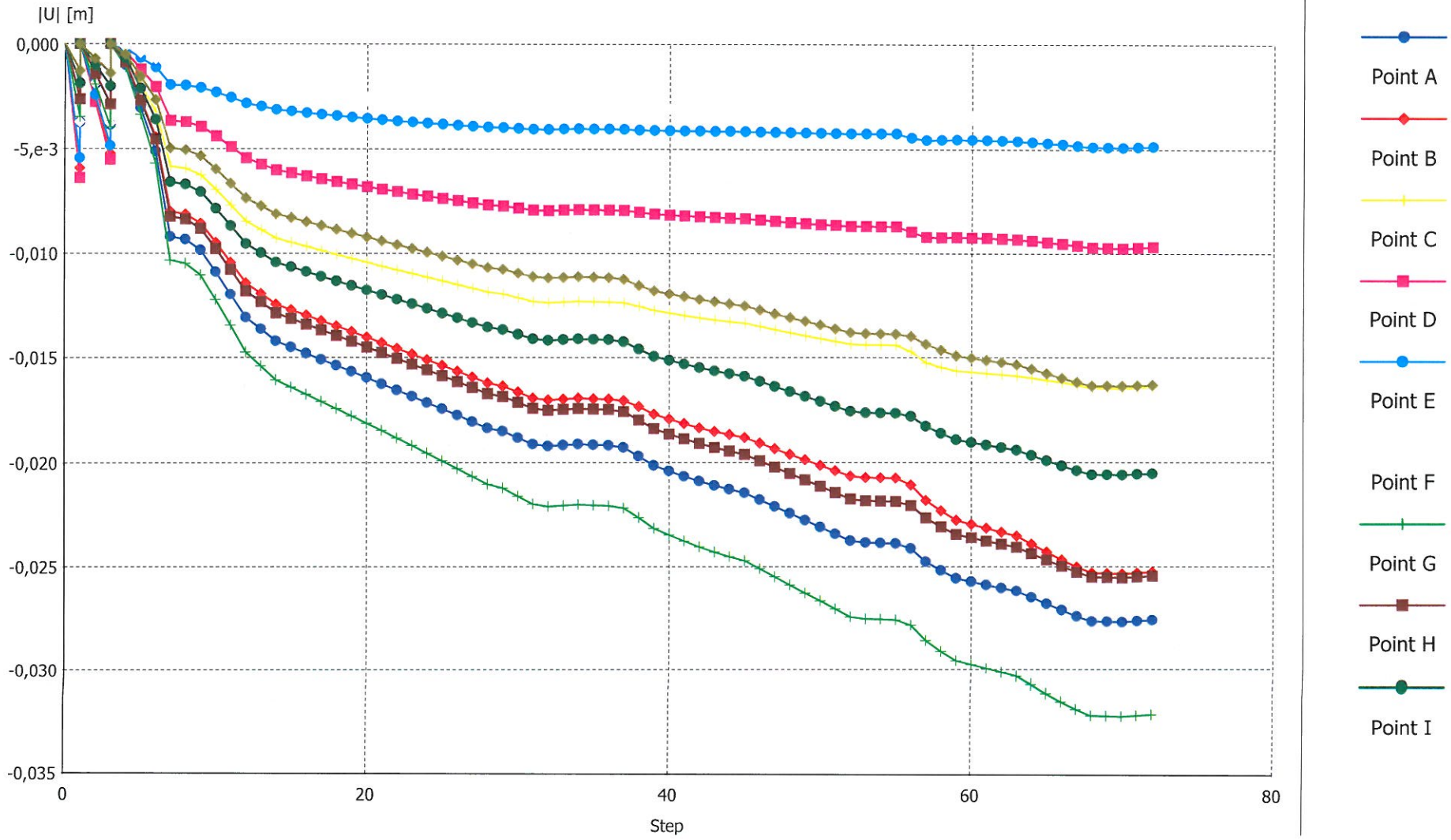


Connectivities

PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description
CAVERNA ESTACION GALDAKAO. Sostenimiento E-3, Secc. A, RMR = 20

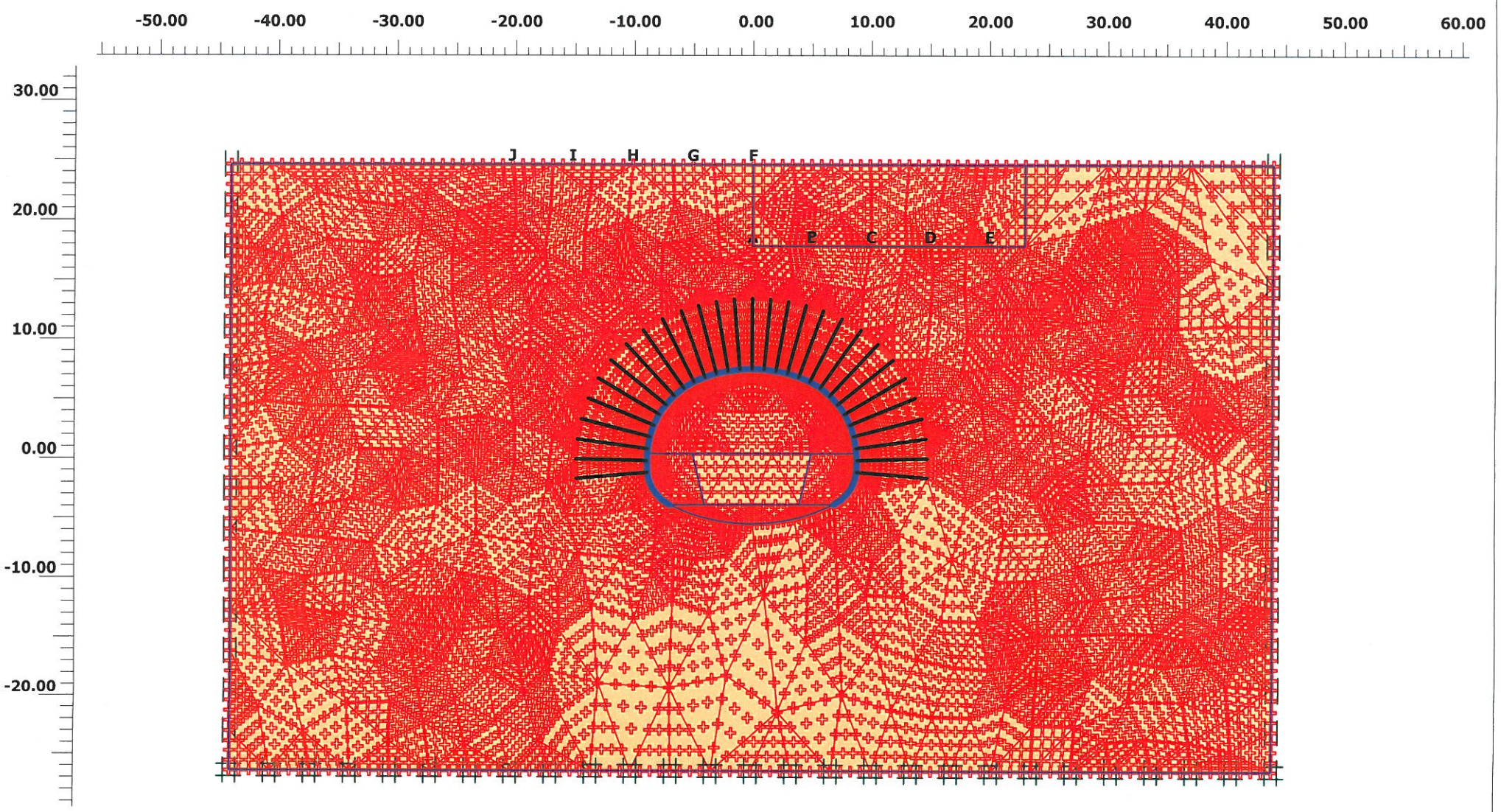
Project name	*Step*	*Date*	*User name*
Cav E_III CS_5...	0	04/03/13	EPTISA



PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description
CAVERNA ESTACION GALDAKAO. Sostenimiento E-3, Secc. A, RMR...

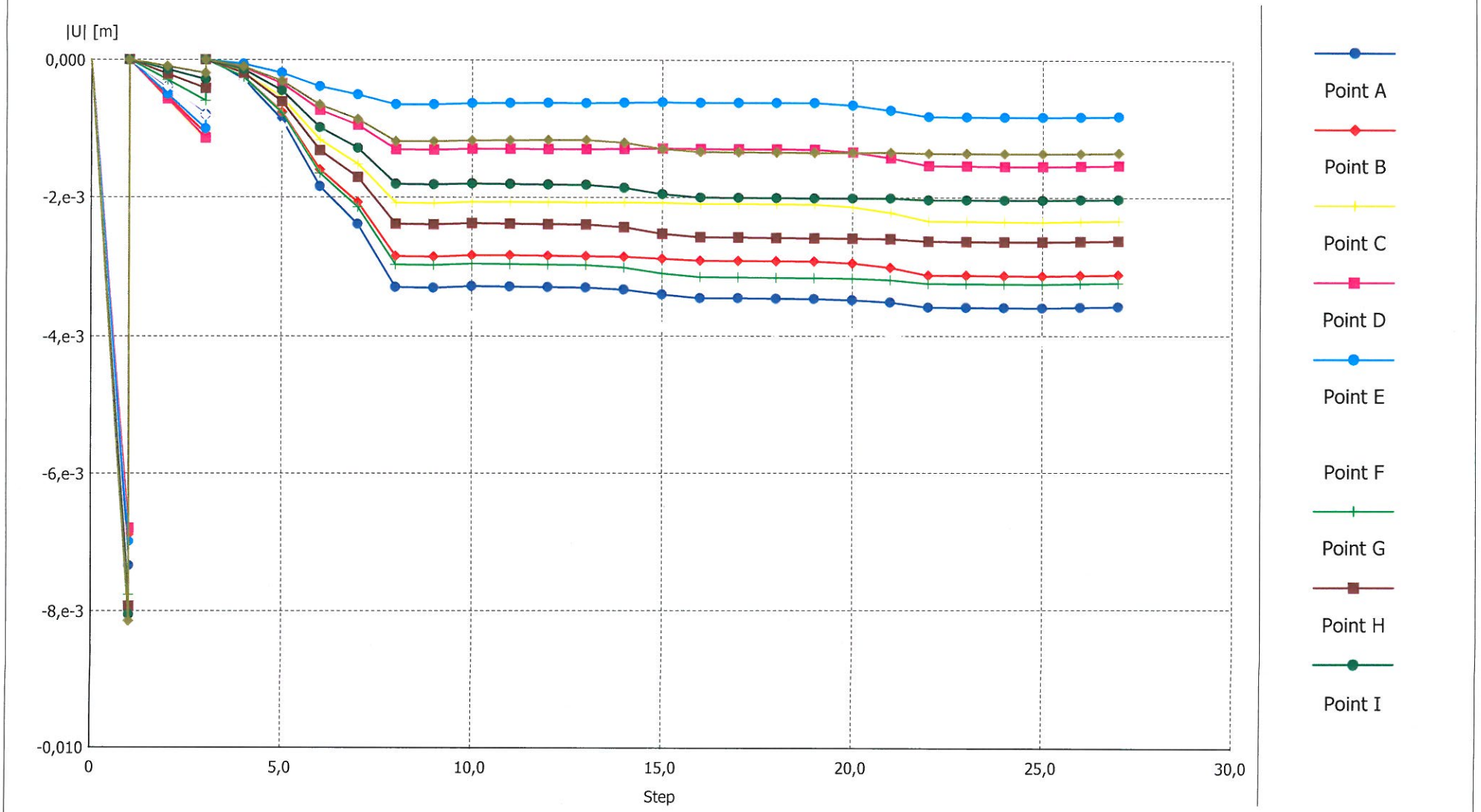
Project name	*Date*	*User name*
Cav E_III CS_5...	04/03/13	



Connectivities

PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

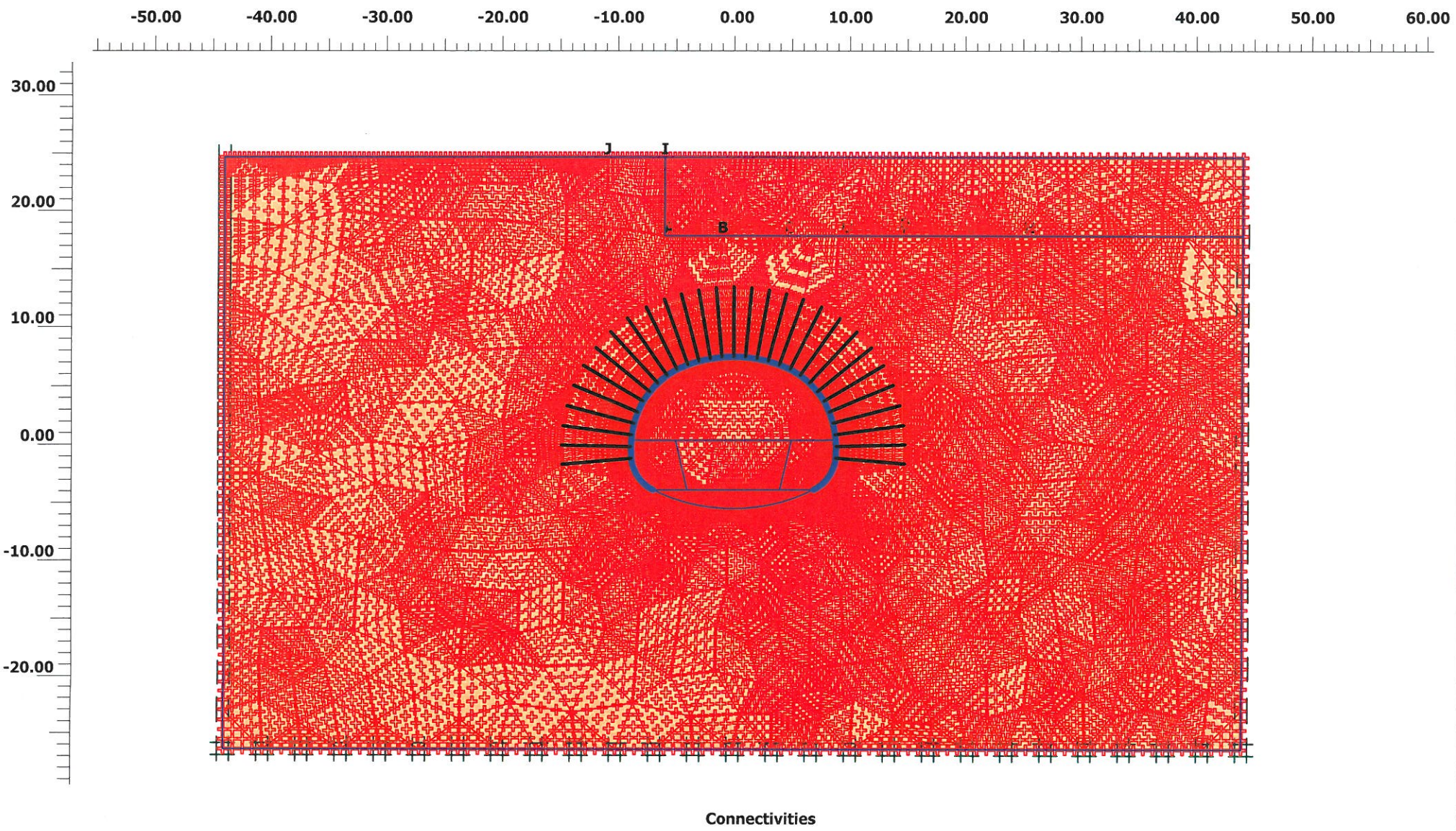
Project description			
CAVERNA SOST. E-3 SECCIÓN A CON RMR = 45			
Project name	*Step*	*Date*	*User name*
Cav E_III CS_5...	0	04/03/13	EPTISA



PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description
CAVERNA SOST. E-3 SECCIÓN A CON RMR = 45

Project name	*Date*	*User name*
Cav E_III CS_5...	04/03/13	

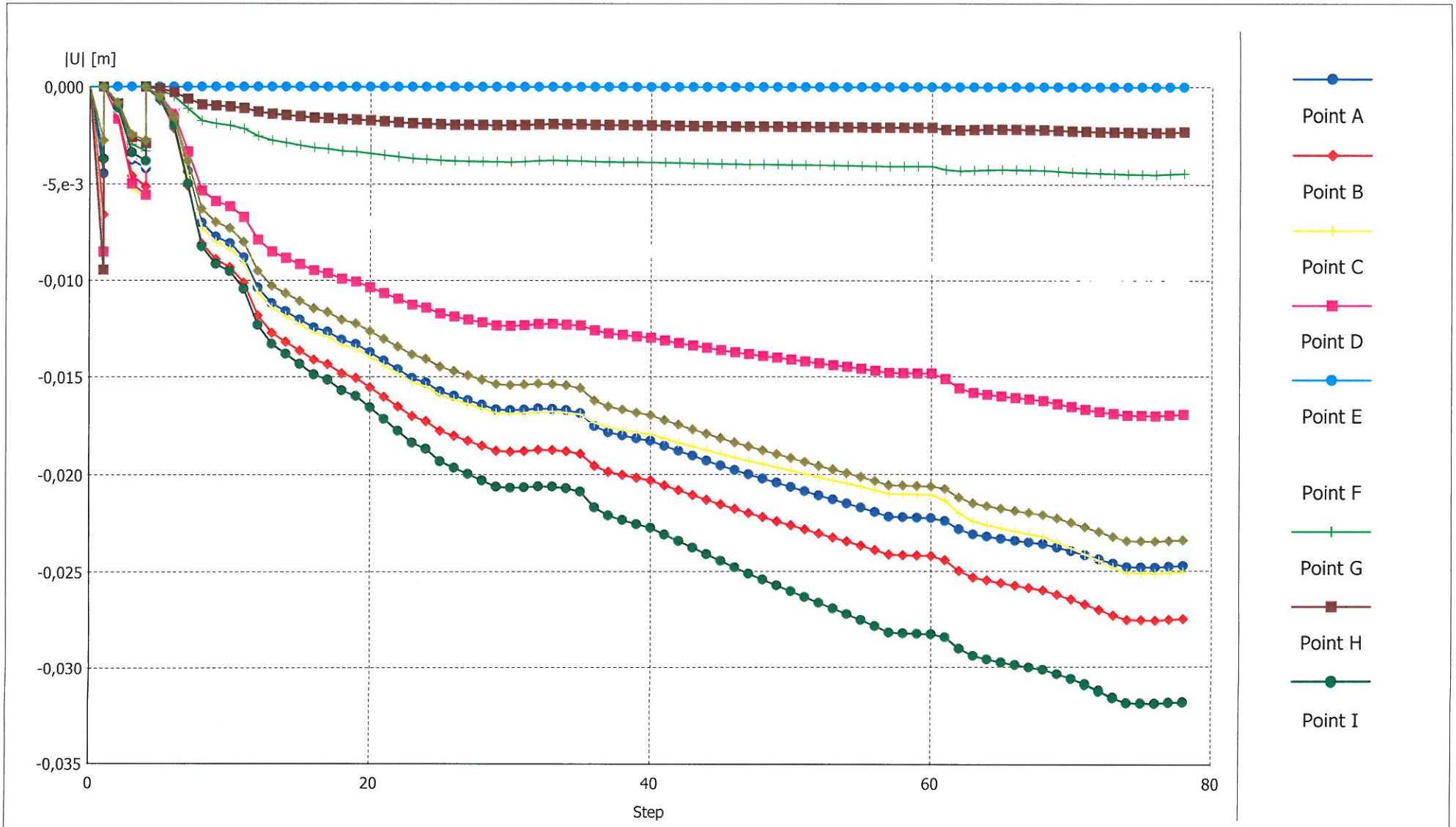


Connectivities

PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description
CAVERNA ESTACION GALDAKAO. Sostenimiento E-3, Secc. B, RMR = 20

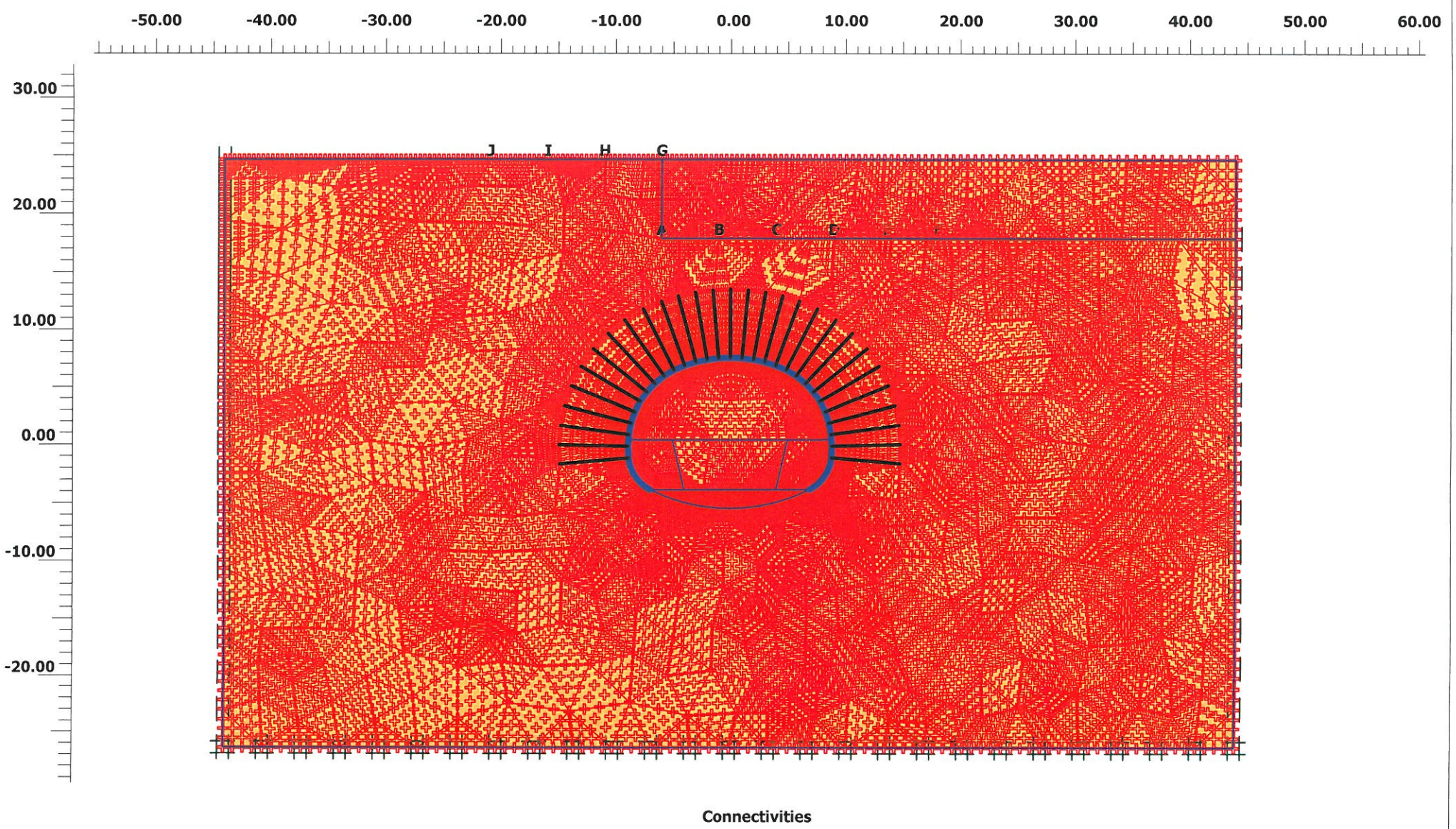
Project name	*Step*	*Date*	*User name*
Cav E_III CS_5...	0	04/03/13	EPTISA



PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description
CAVERNA ESTACION GALDAKAO. Sostenimiento E-3, Secc. A, RMR...

Project name	*Date*	*User name*
Cav E_III CS_5...	04/03/13	

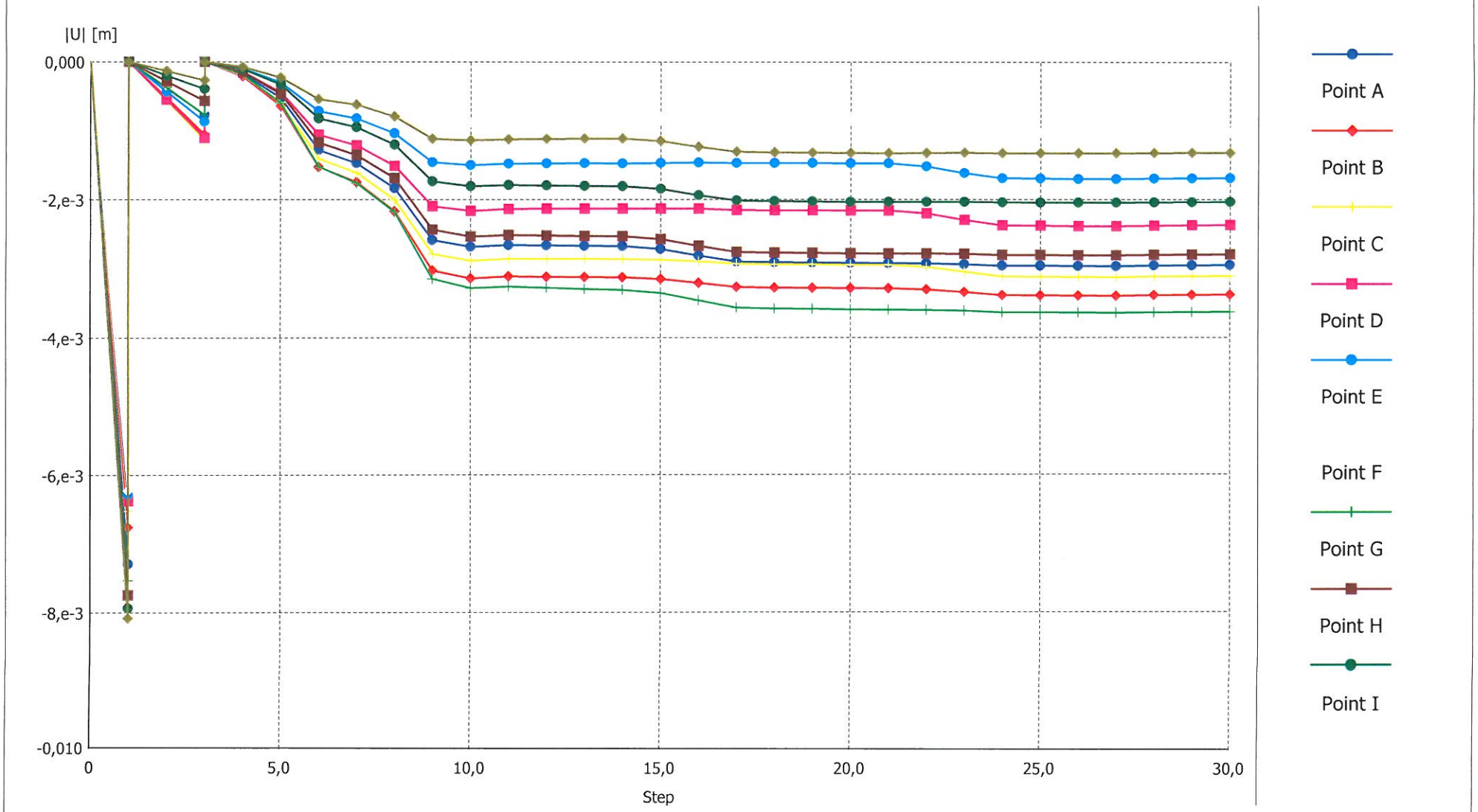


Connectivities

PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description
CAVERNA ESTACION GALDAKAO. Sostenimiento E-3, Secc. B, RMR = 45

Project name	*Step*	*Date*	*User name*
Cav E_III CS_5...	0	04/03/13	EPTISA



PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description
CAVERNA ESTACION GALDAKAO. Sostenimiento E-3, Secc. B, RMR...

Project name	*Date*	*User name*
Cav E_III CS_5...	04/03/13	

REPORTES PLAXIS

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: CAVERNA ESTACION GALDAKAO. Sostenimiento E-3, Secc. A, RMR = 20

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-44,000	44,000
Y	-26,400	24,620

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

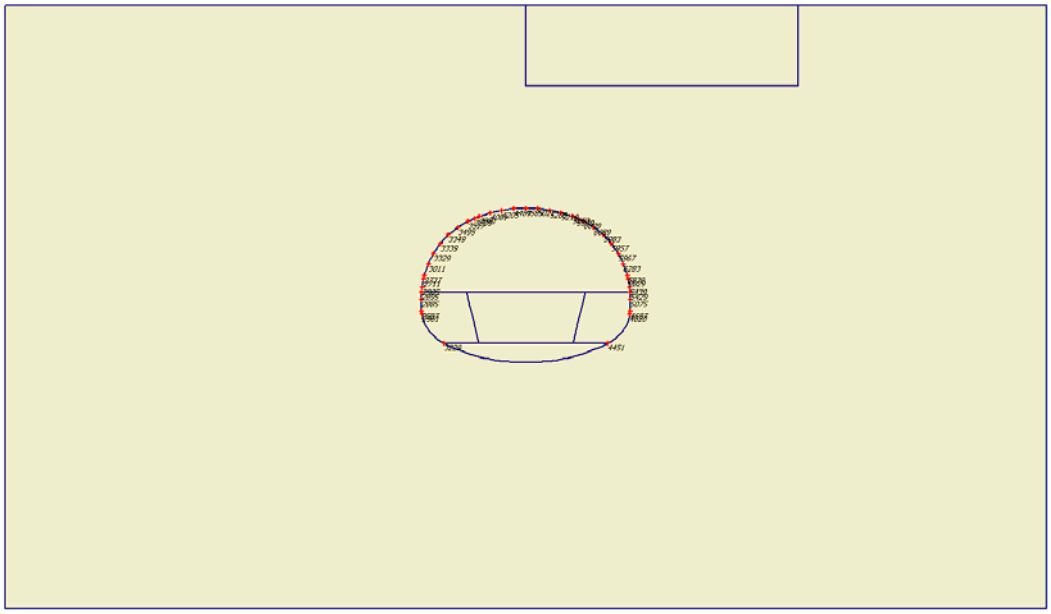


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

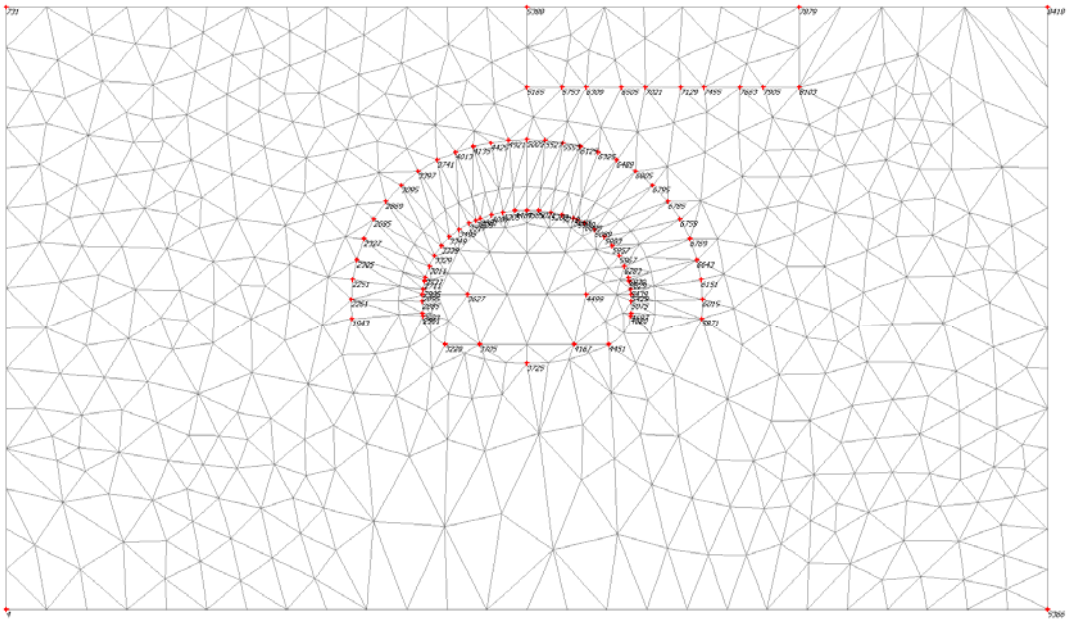


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

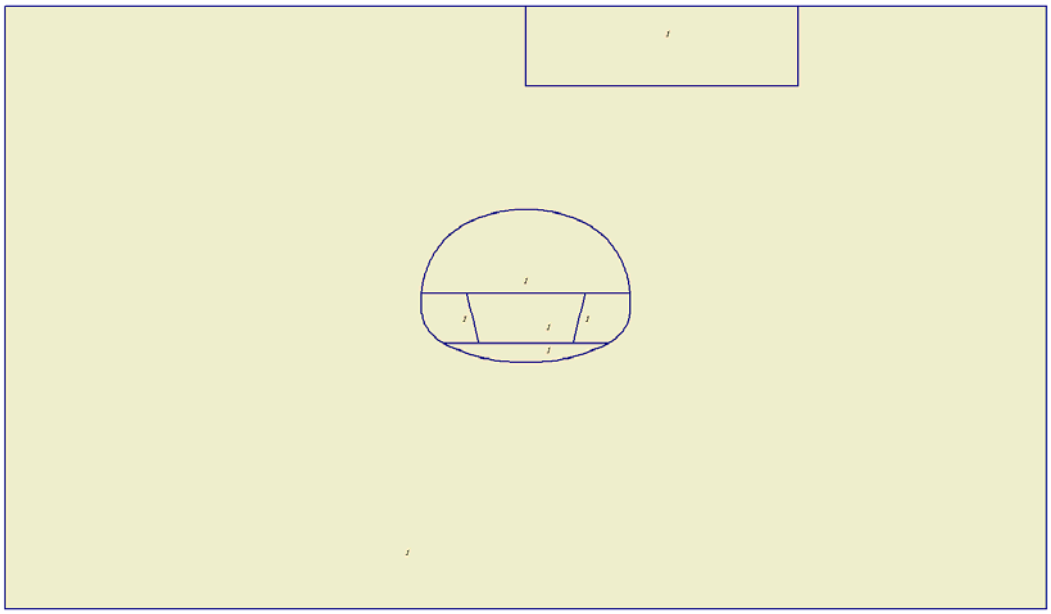


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1** **Lut-are RMR20**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,50
γ_{sat}	[kN/m³]	26,50
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	640000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	246153,846
E_{oed}	[kN/m²]	861538,462
c_{ref}	[kN/m²]	90,00
φ	[°]	35,00
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	**Identification**	**EA** [kN/m]	**EI** [kNm²/m]	**w** [kN/m/m]	**ν** [-]	**Mp** [kNm/m]	**Np** [kN/m]
1	Gunita 25+cercha TH29 c1m	4,4E6	20200,00	6,53	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	**Identification**	**EA** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**L spacing** [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Total multipliers	1	1
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	2	3
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	4	8
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	9	32
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	33	36
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	37	53
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	54	55
<Phase 8>	8	7	Plastic analysis	Staged construction	56	68
<Phase 9>	9	8	Plastic analysis	Staged construction	69	70
<Phase 10>	10	9	Plastic analysis	Staged construction	71	72

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

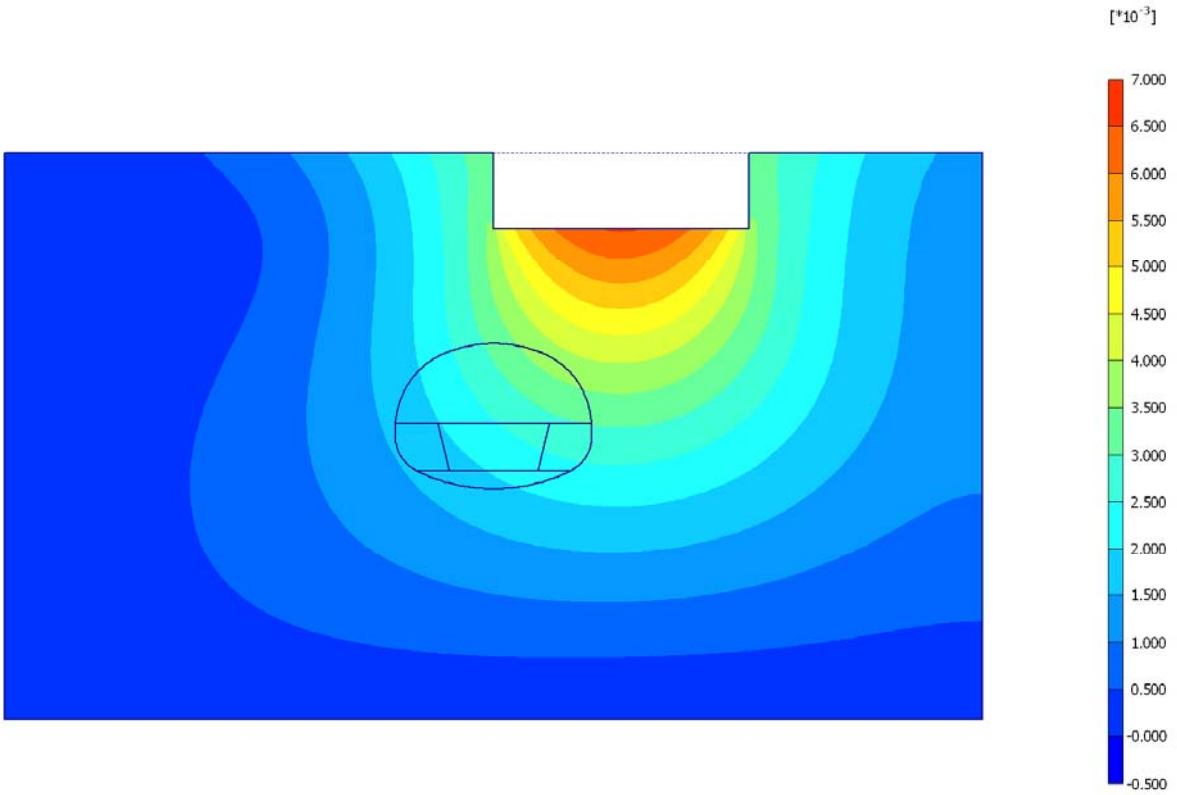


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 1 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

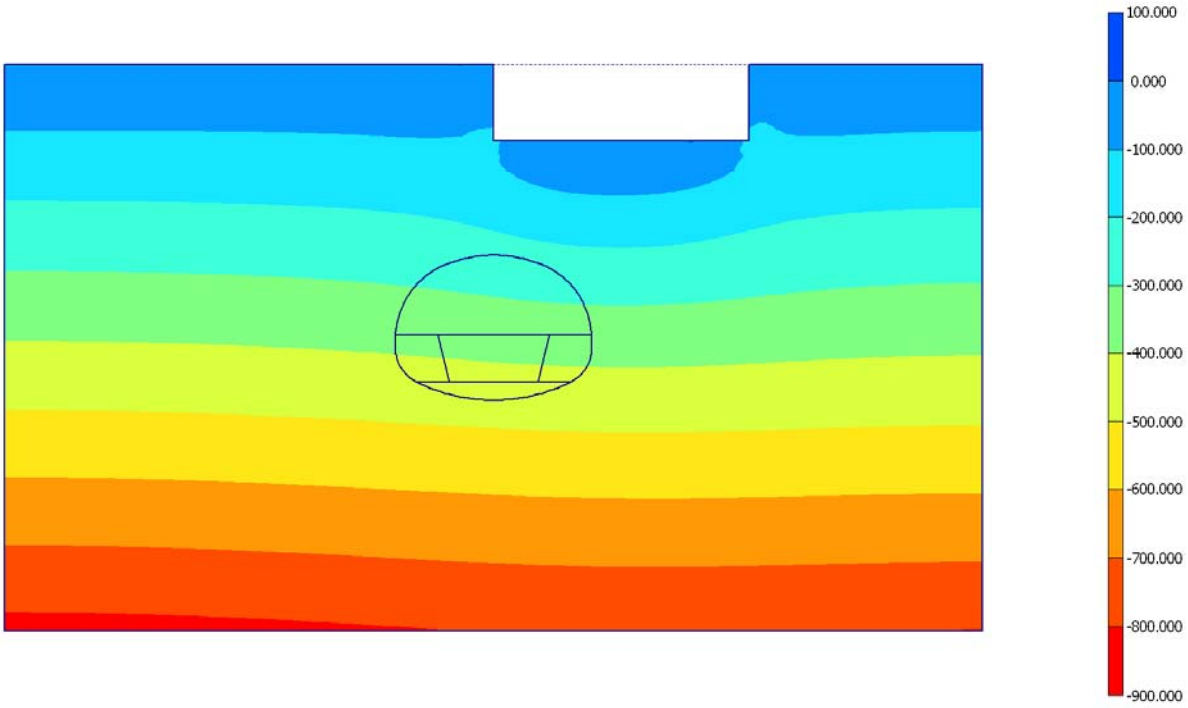


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 1 - (Phase: 1)

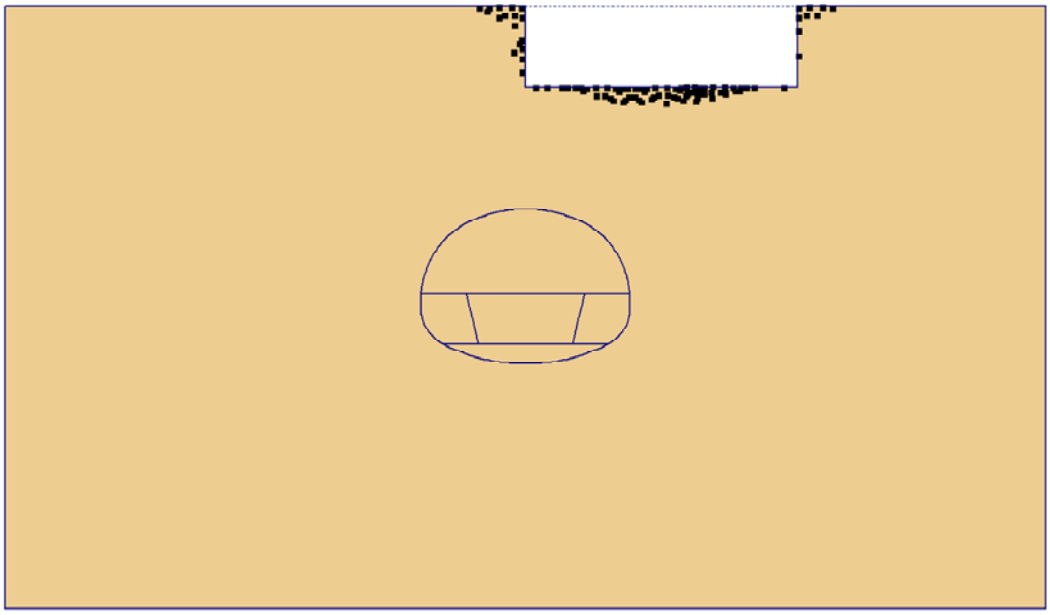


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 1 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

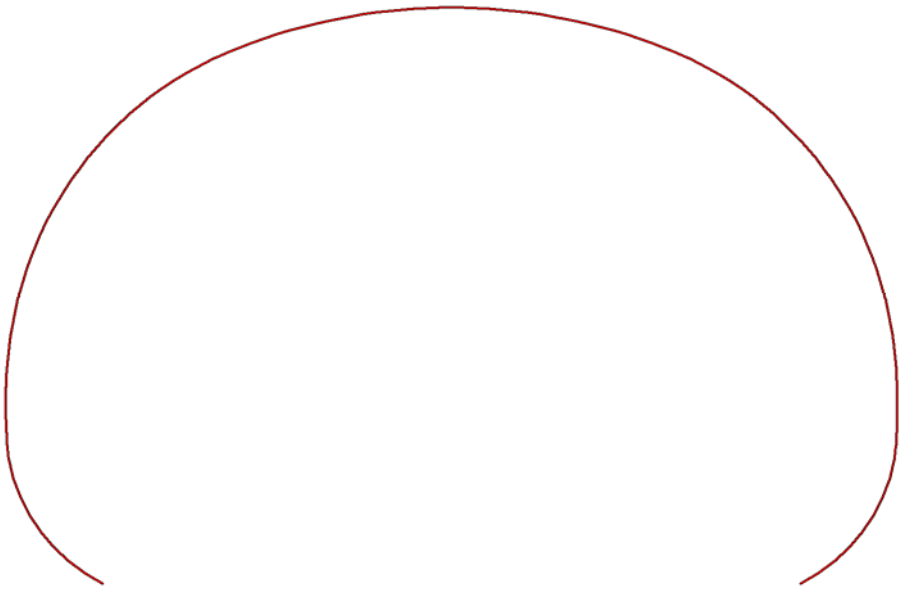


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

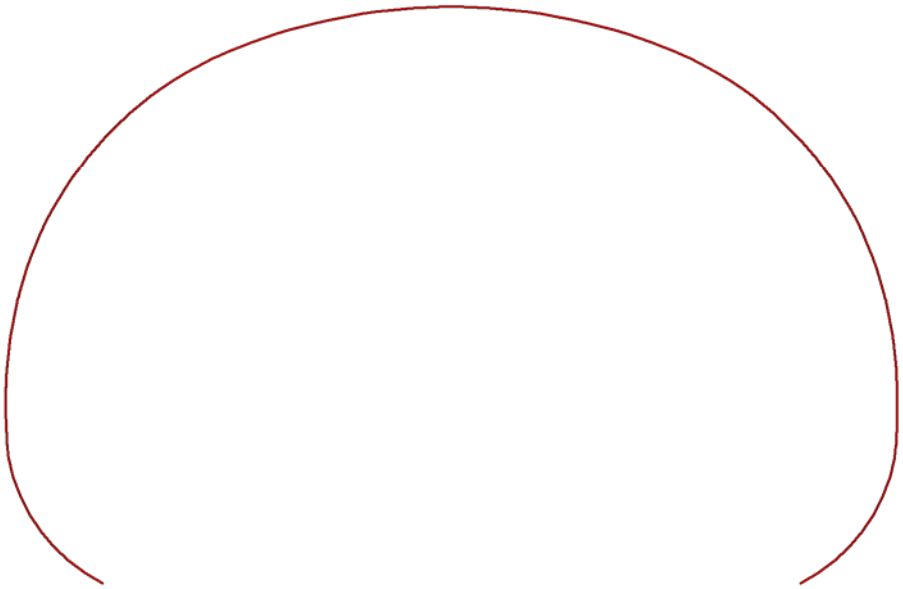


Fig. 8 Bending moments in beam

Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

6.3.2 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135	-4,540	12,816	0,000	184,00	184,00	103000,0	N/A	5,996

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
	4081	-2,993	7,023				0		
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

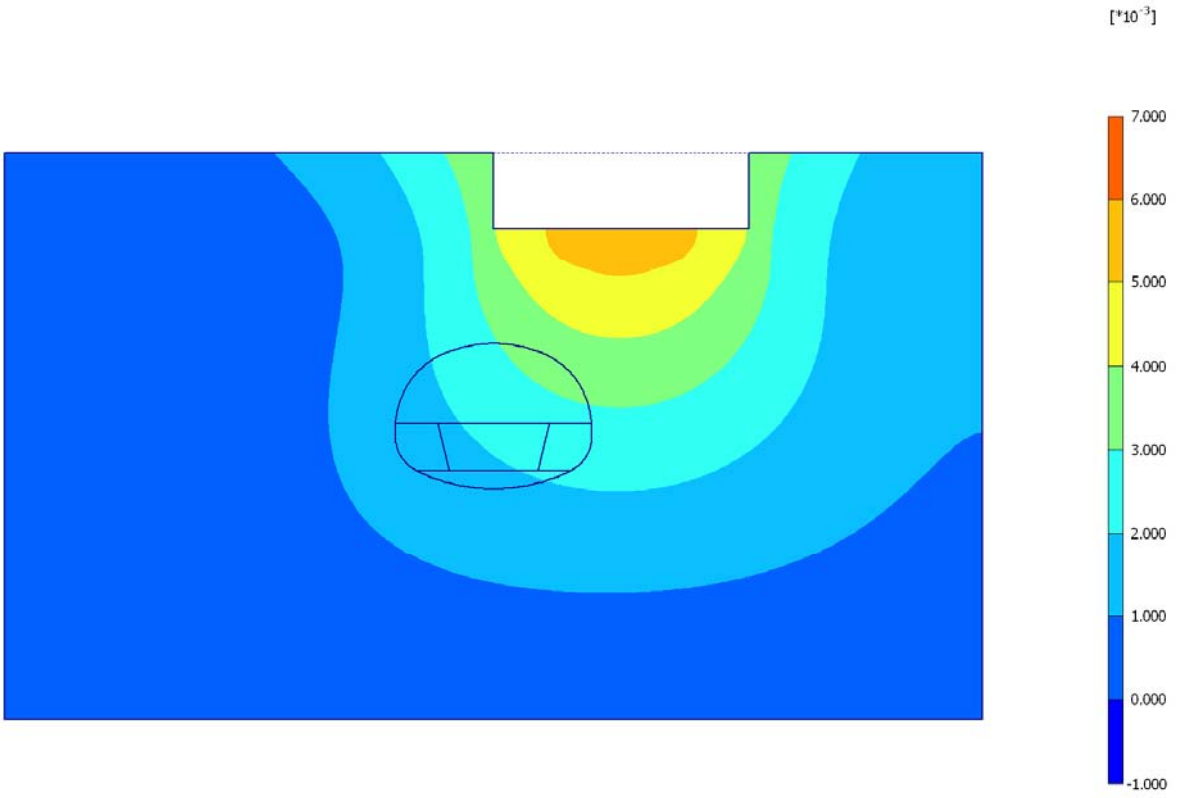


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

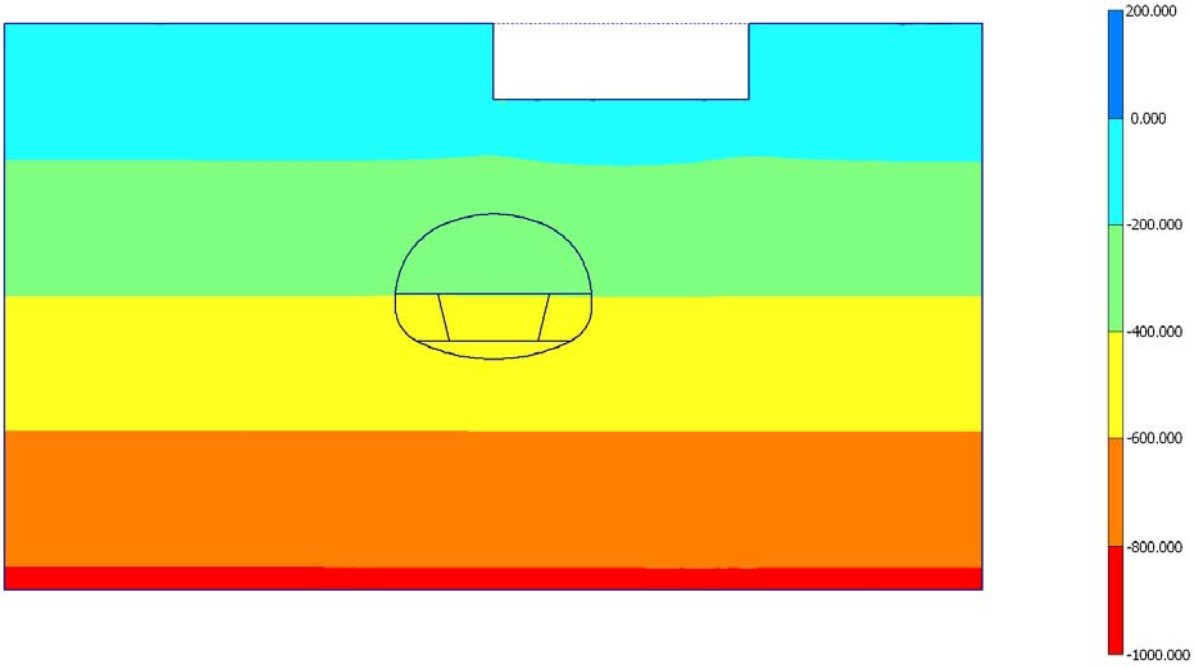


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 2)

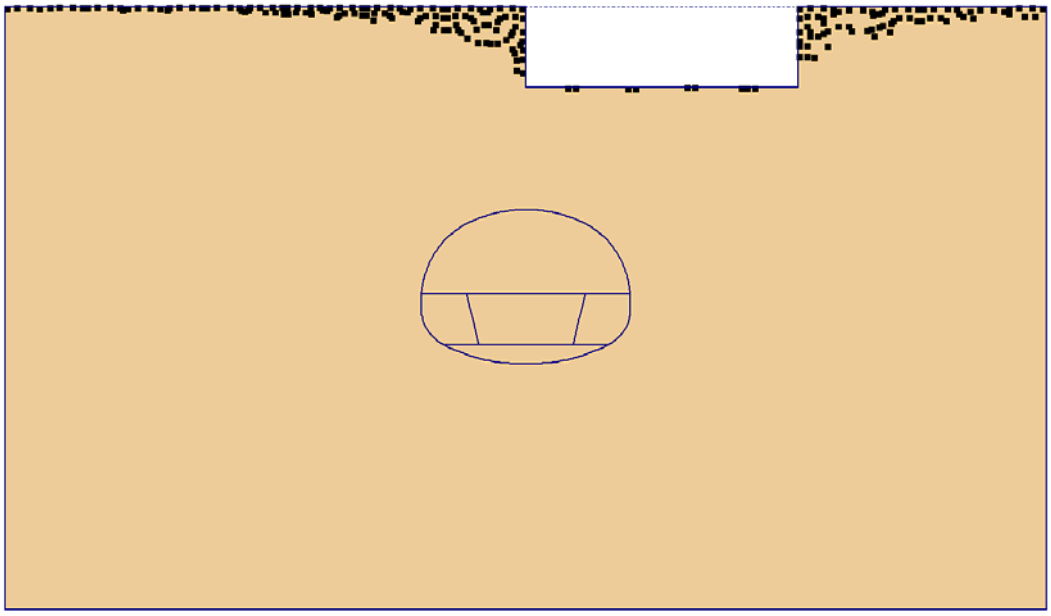


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 3 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

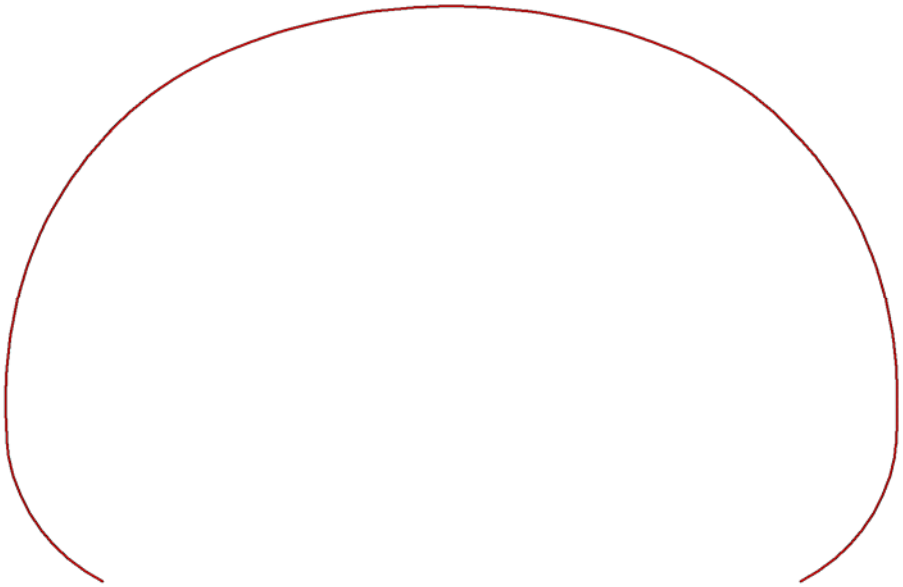


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 2)

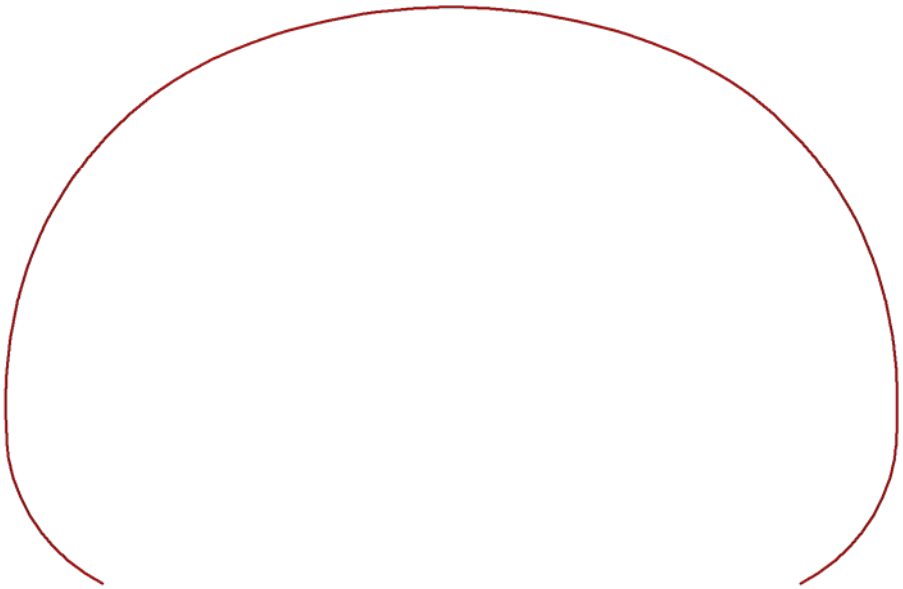


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 7.6.8. Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

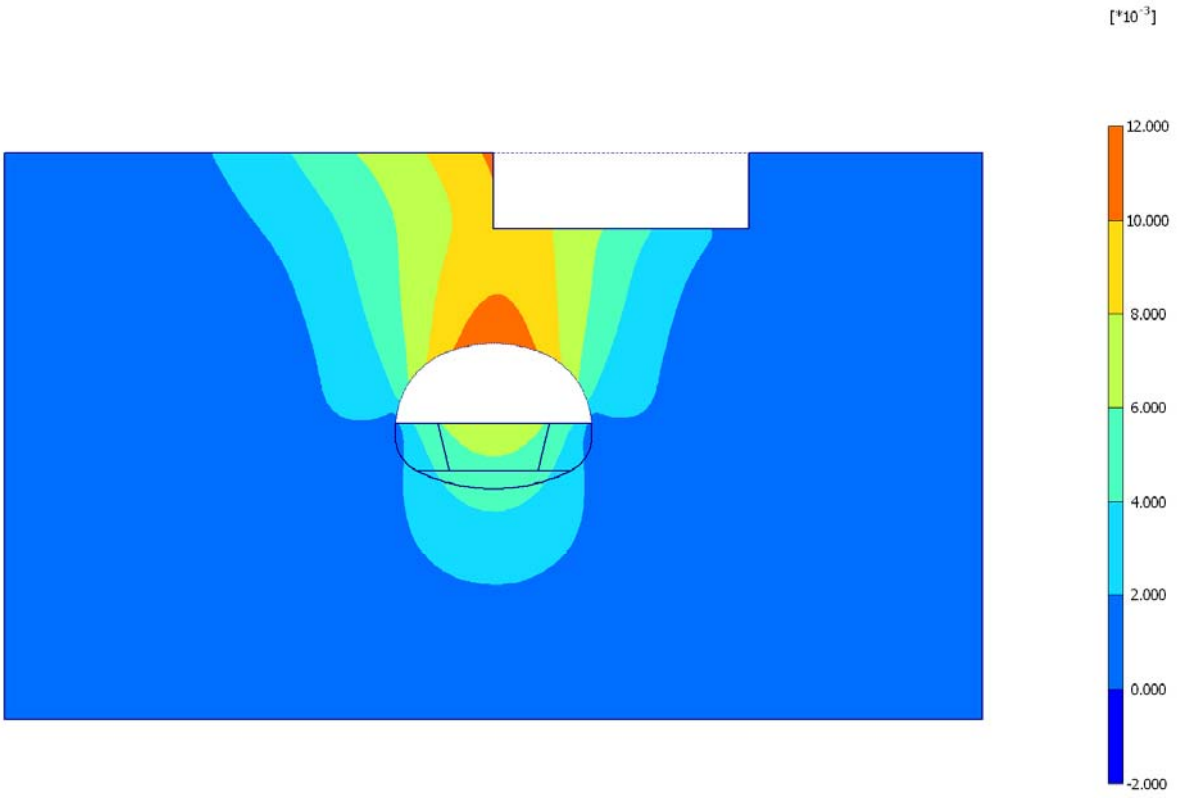


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

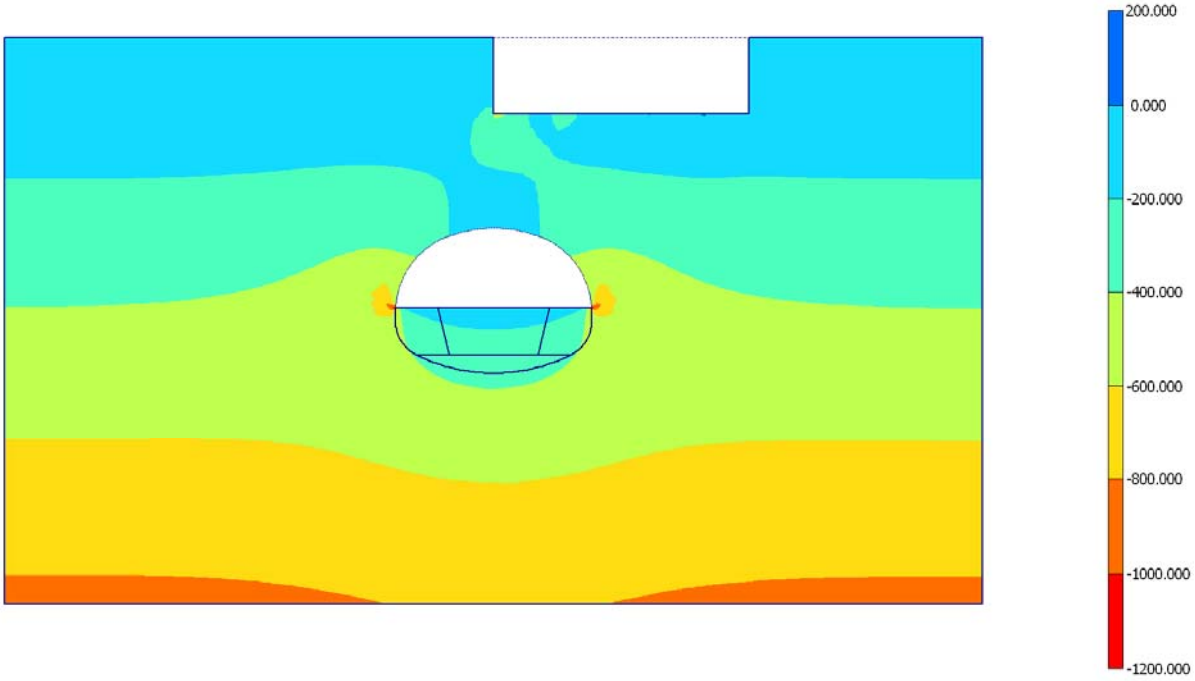


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 3)

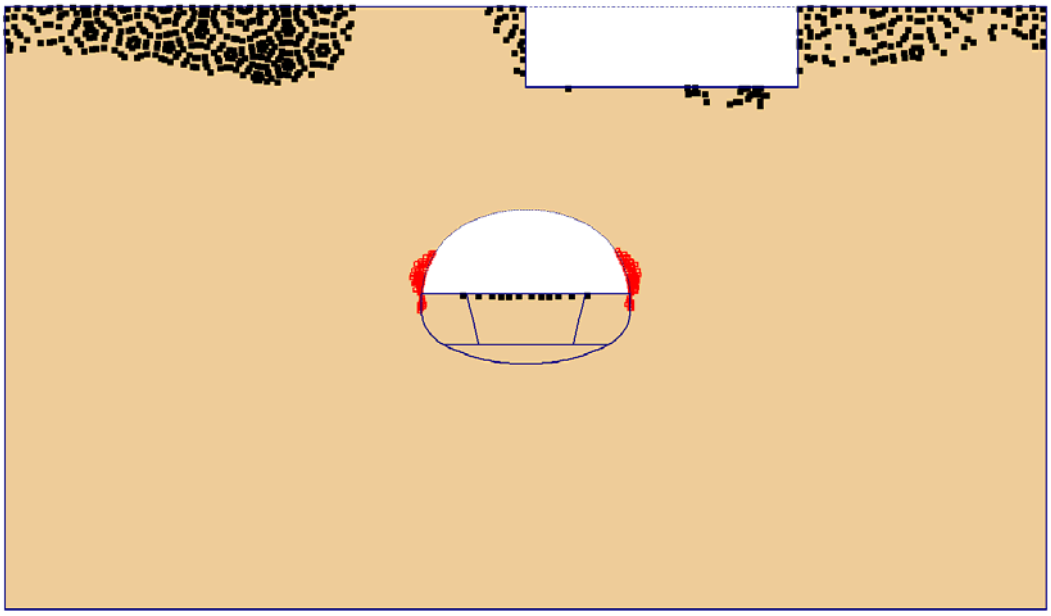


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 8 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

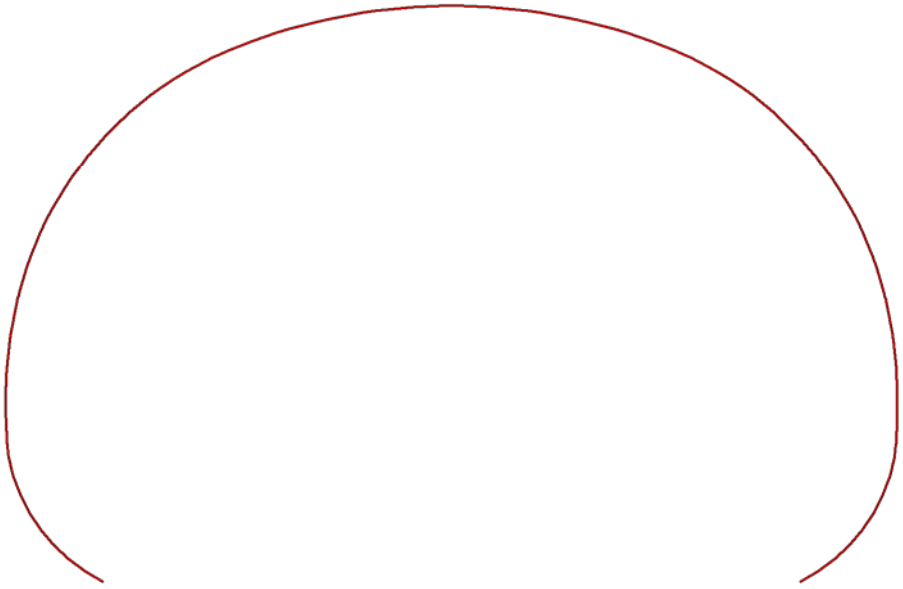


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 3)

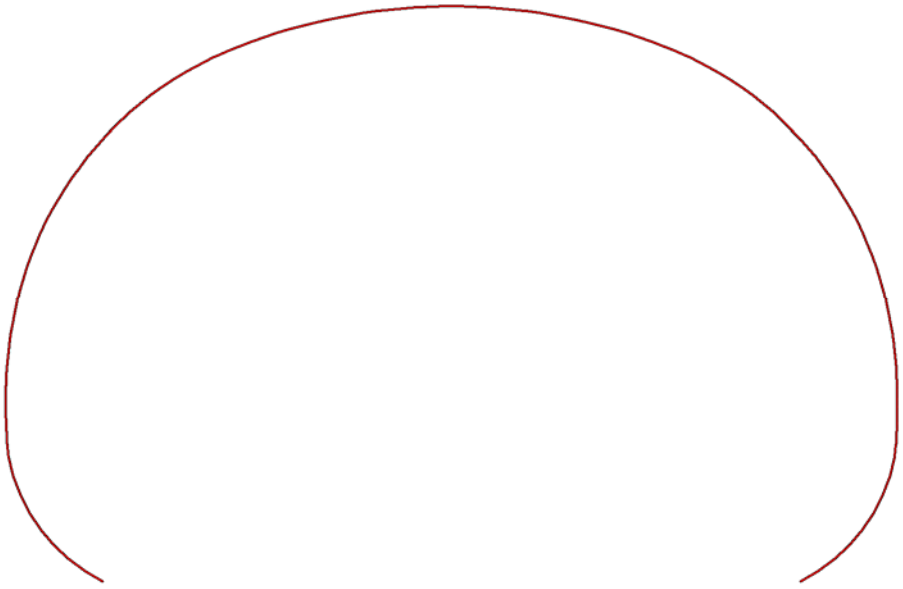


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 8.9.12. Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

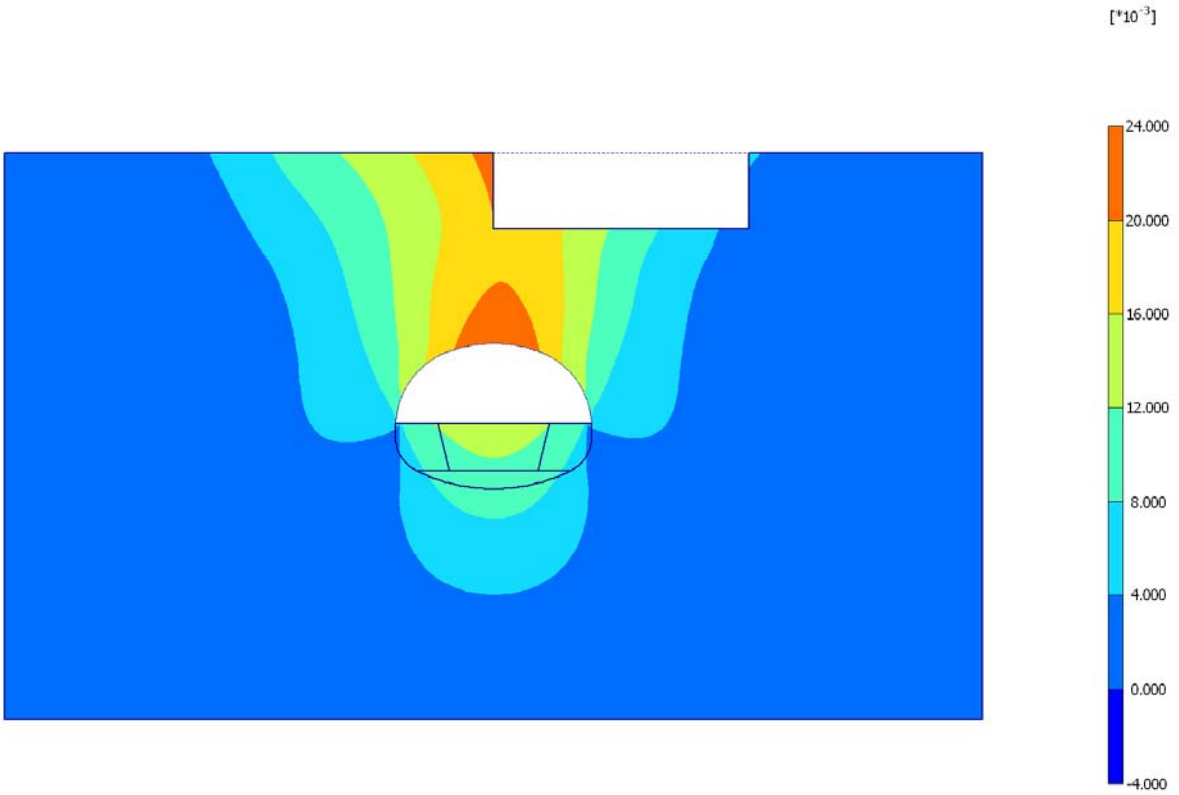


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

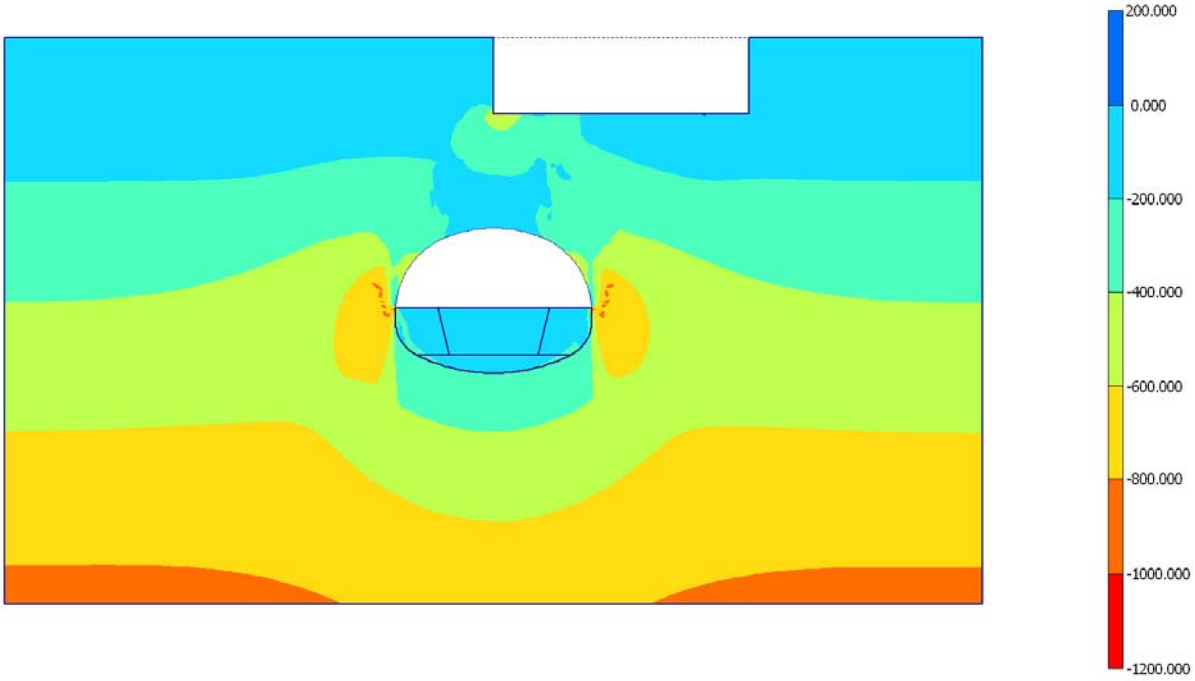


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 4)



Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 32 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

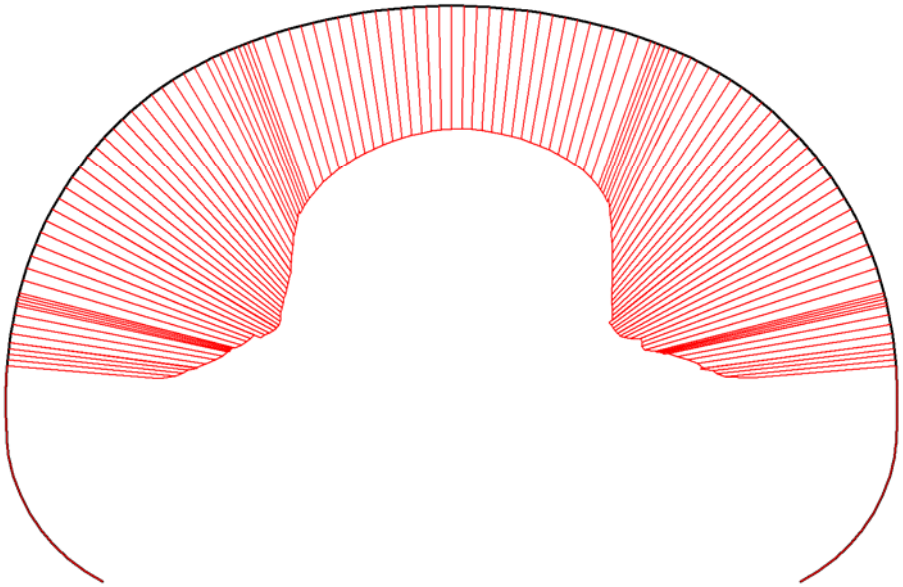


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -923,75 kN/m (Phase: 4)

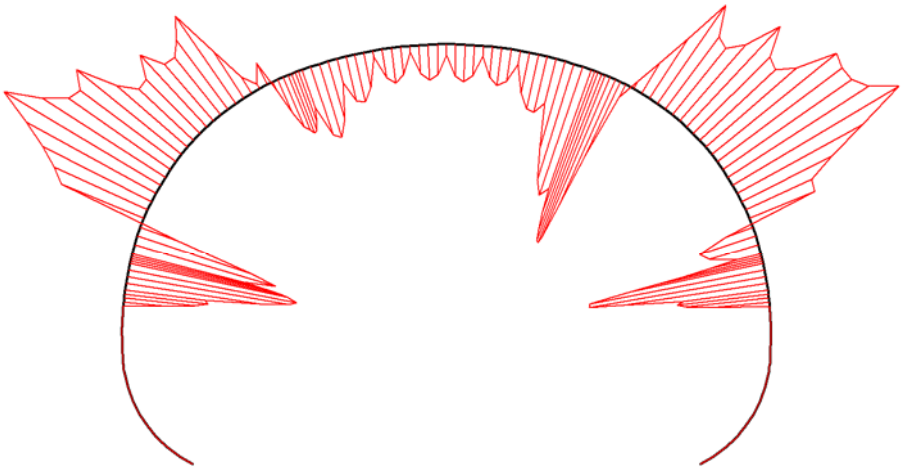


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -12,31 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	14,292	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	14,321	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	16,209	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	19,312	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	25,744	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	28,630	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	26,151	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	24,078	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	21,659	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	23,228	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	29,974	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	35,094	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	33,614	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	15,939	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	18,435	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	20,738	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	23,545	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	22,521	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	19,157	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	17,582	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	18,598	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	22,941	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	31,702	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	38,223	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	35,005	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

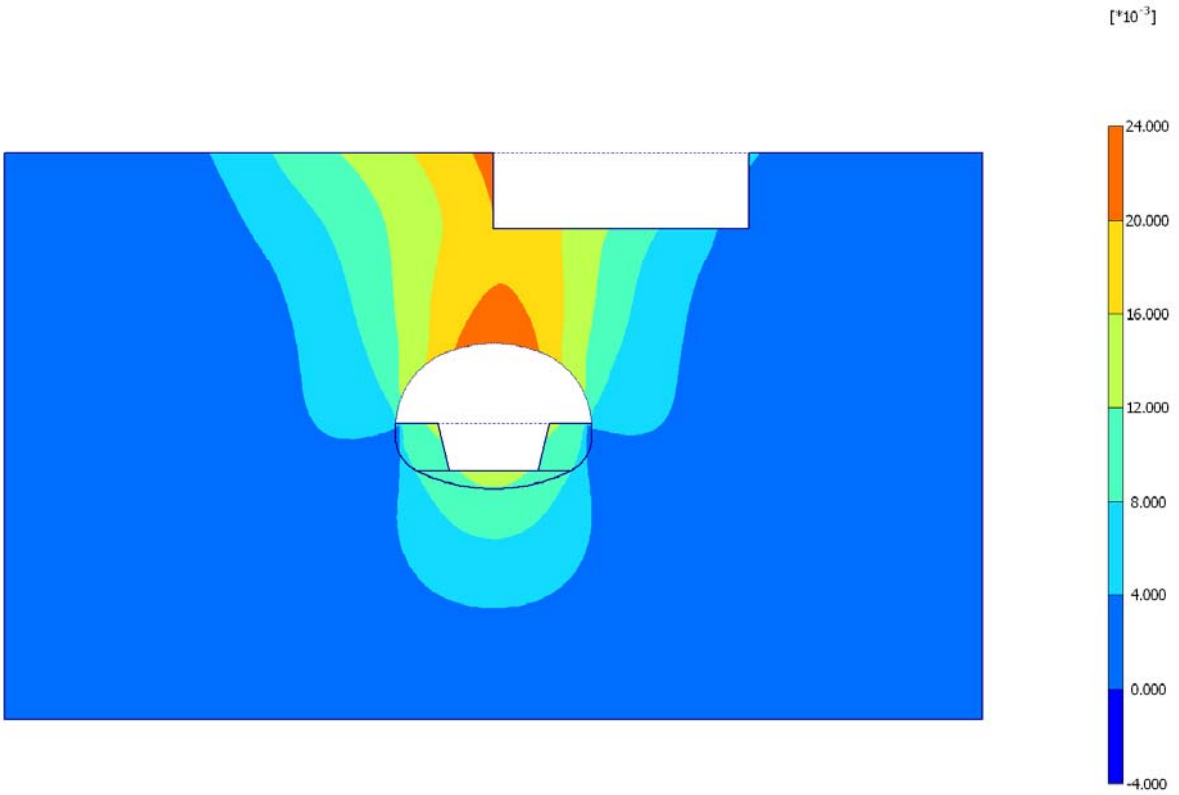


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

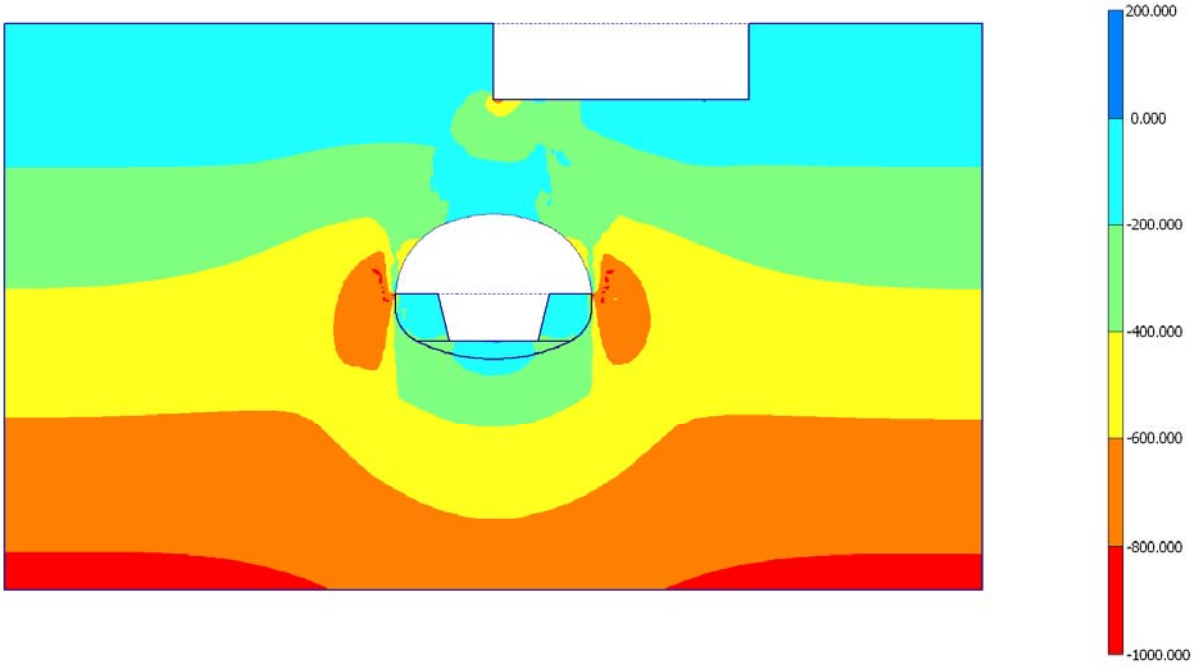


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 5)

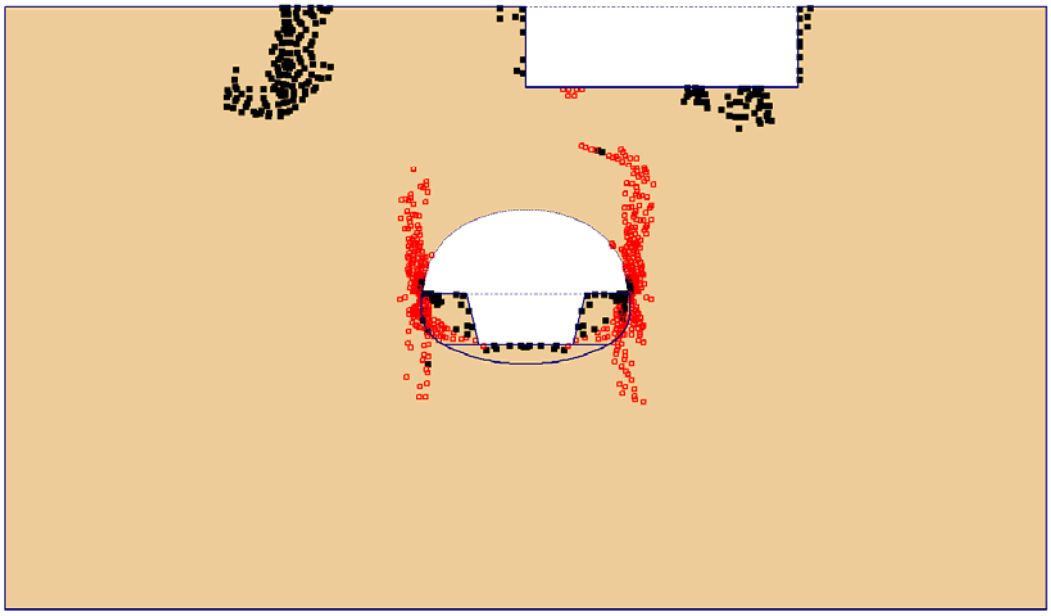


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 36 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

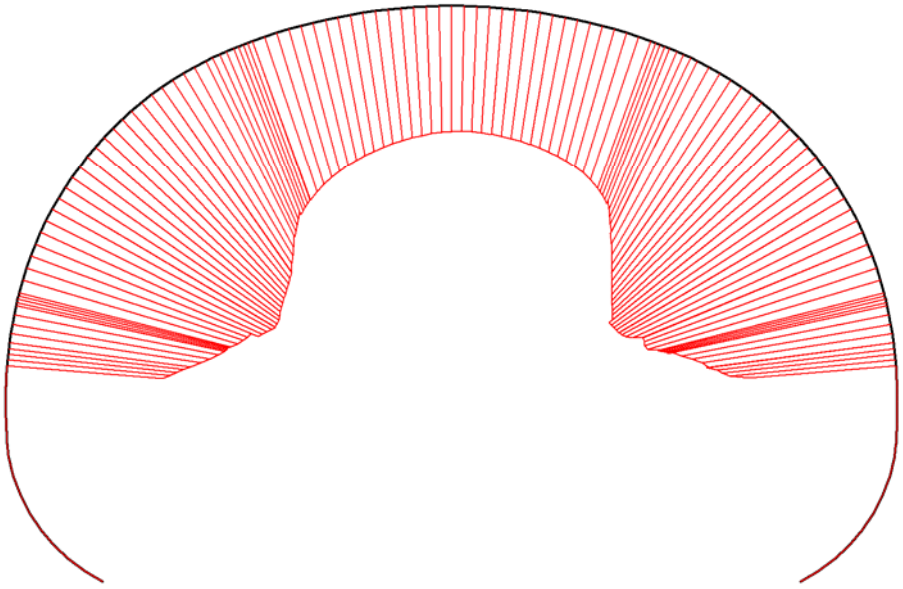


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -925,64 kN/m (Phase: 5)

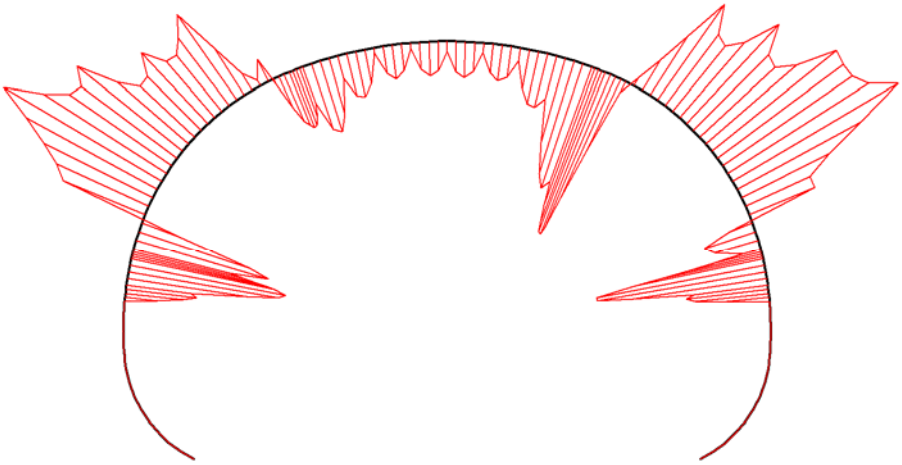


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -12,60 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	14,282	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	14,312	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	16,204	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	19,316	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	25,770	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	28,700	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	26,279	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	24,487	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	22,305	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	24,197	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	31,343	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	36,873	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	36,015	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	15,931	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	18,432	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	20,746	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	23,574	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	22,586	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	19,310	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	17,955	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	19,302	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	23,975	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	33,191	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	40,118	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	37,698	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

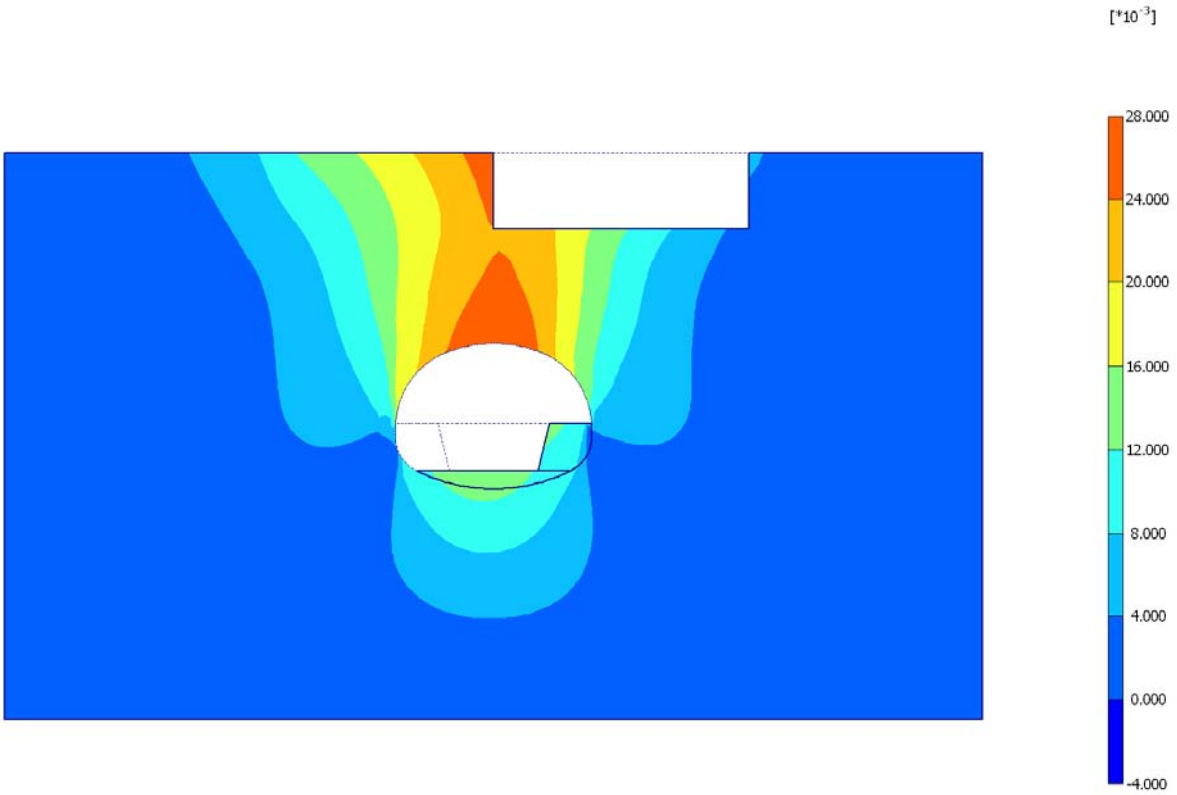


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 53 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

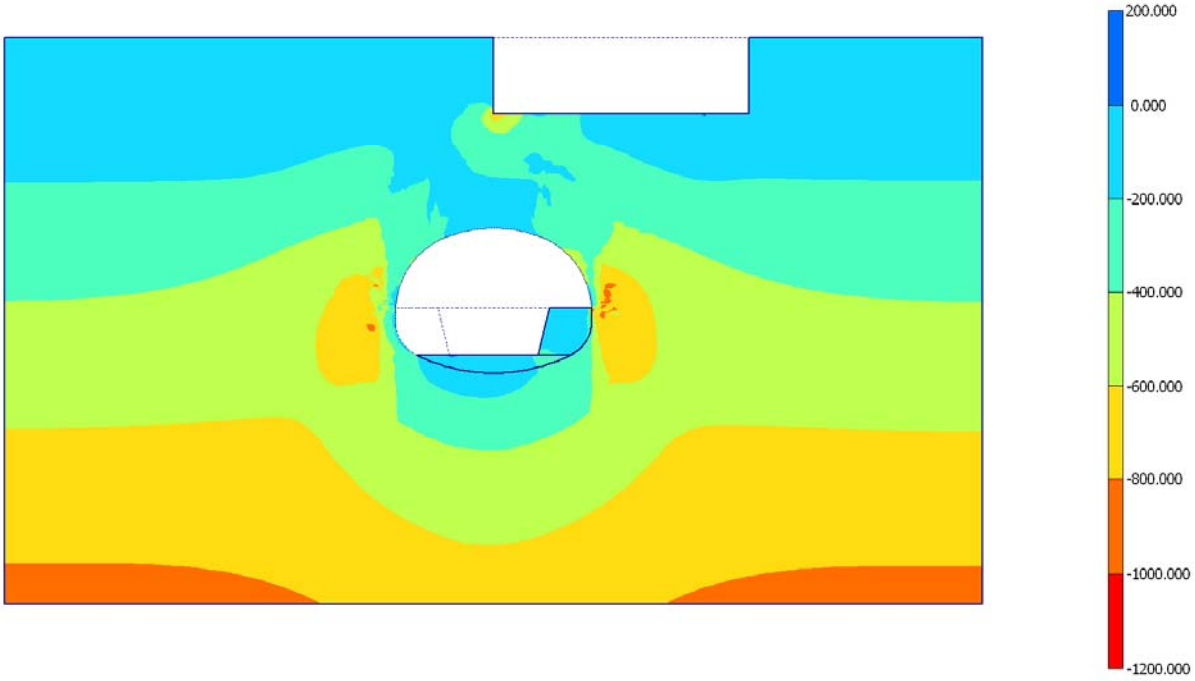


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 53 - (Phase: 6)



Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 53 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

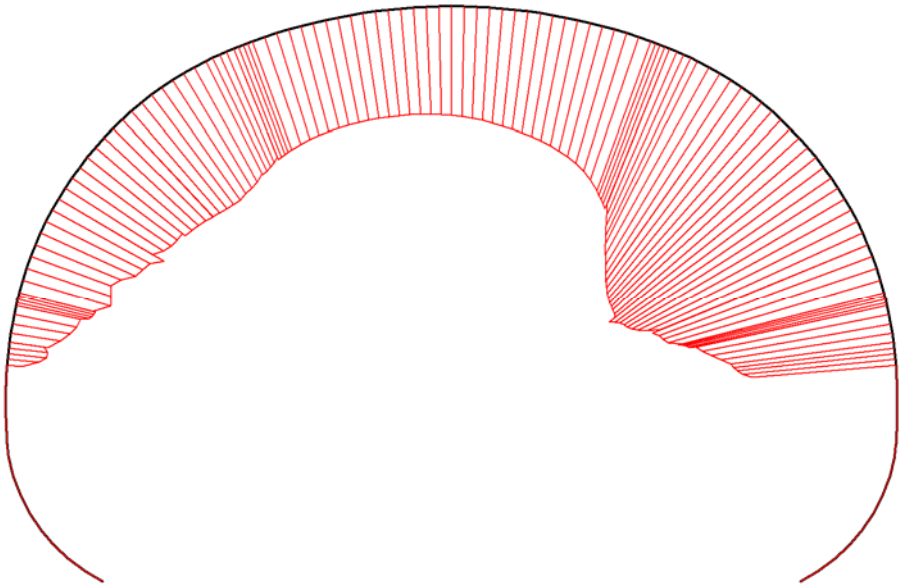


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -1,12*10^3 kN/m (Phase: 6)

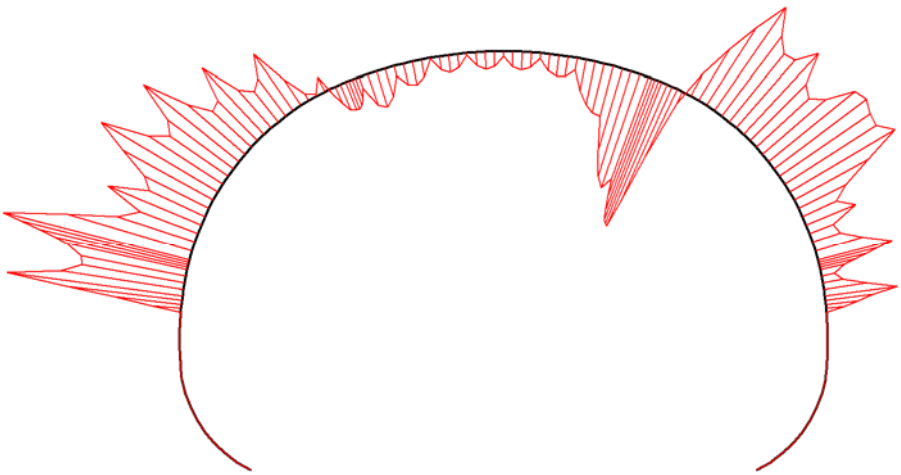


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -24,13 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	13,826	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	14,525	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	17,572	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	21,022	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	37,509	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	39,959	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	34,503	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	37,534	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	33,347	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	32,748	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	38,420	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	43,765	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	50,795	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	16,178	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	20,273	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	23,019	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	29,833	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	29,275	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	37,361	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	54,658	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	57,361	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	62,763	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	72,896	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	86,238	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	111,253	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

12. Results for phase 7

12.1 *. Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

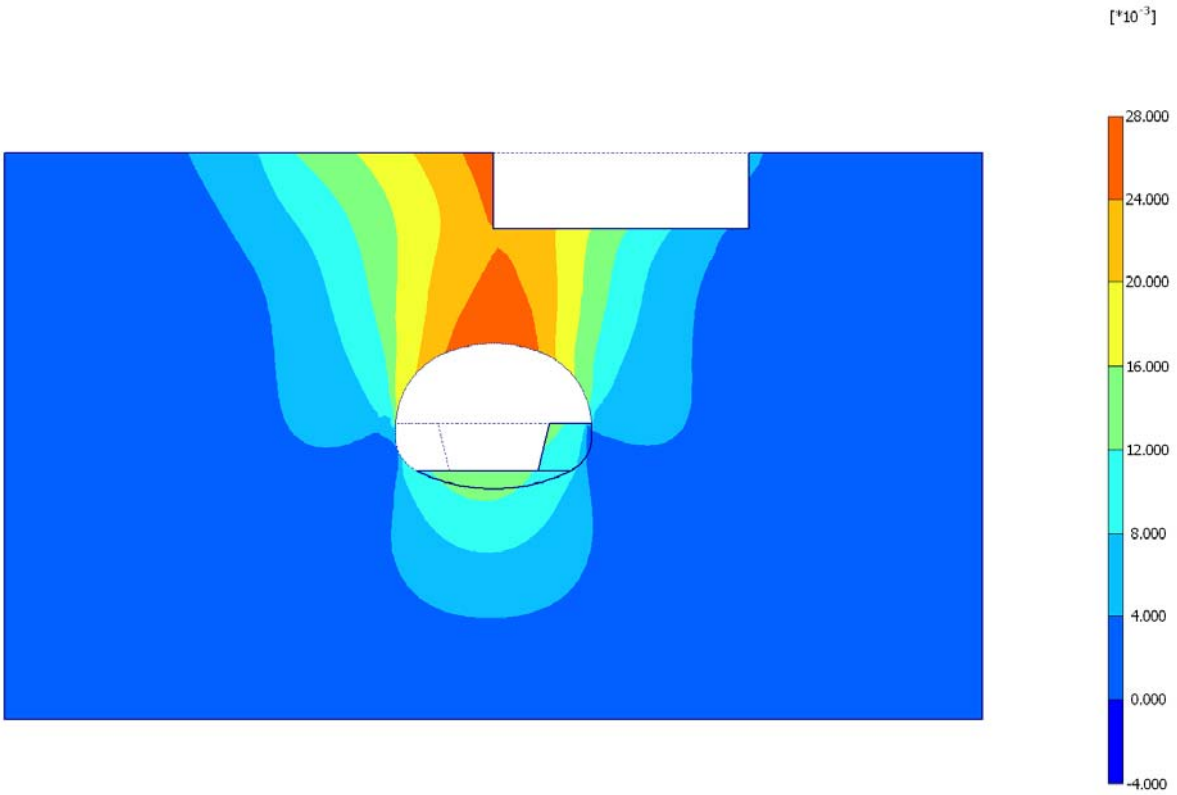


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 55 - (Phase: 7)

12.1.2 Plot of total stresses

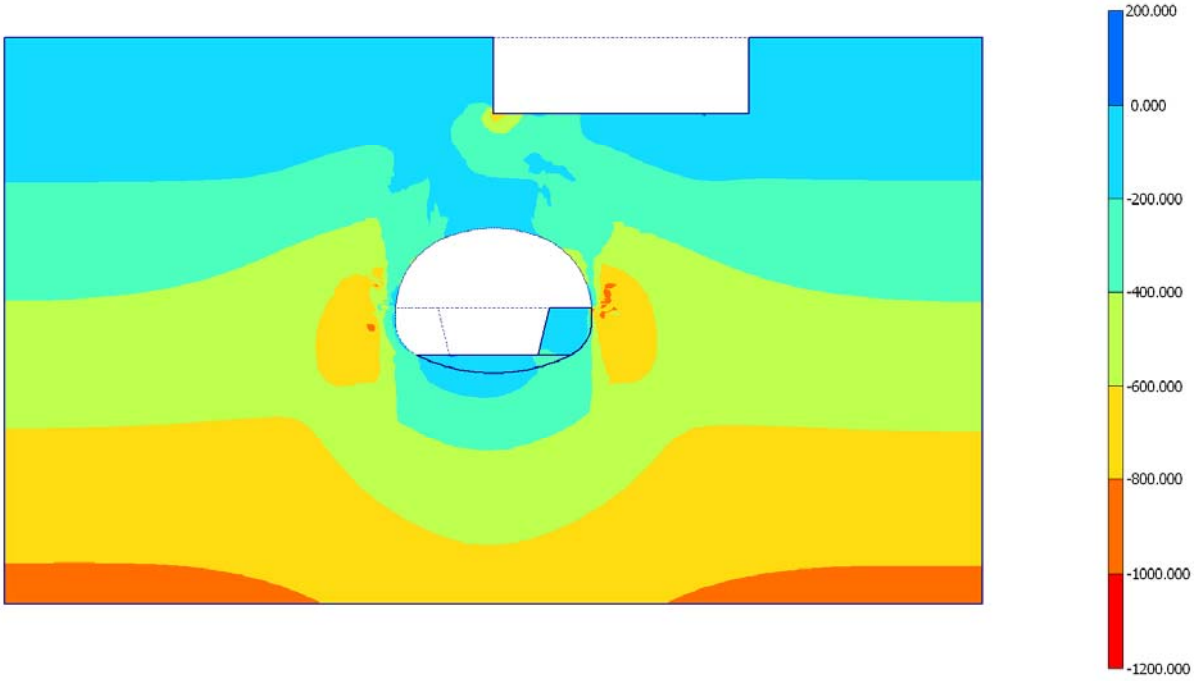


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 55 - (Phase: 7)



Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 55 - (Phase: 7)

12.2 *Structures*

12.2.1 Beams

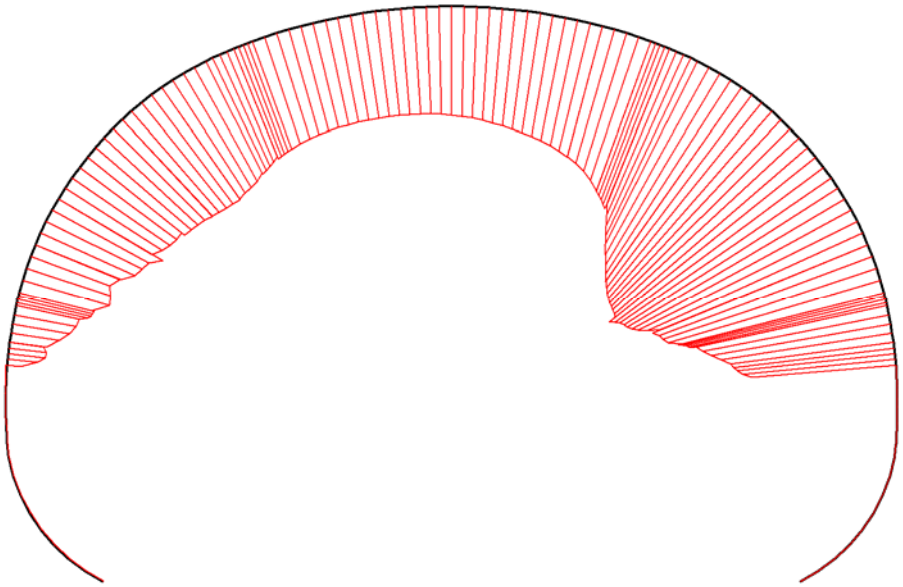


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -1,13*10^3 kN/m (Phase: 7)

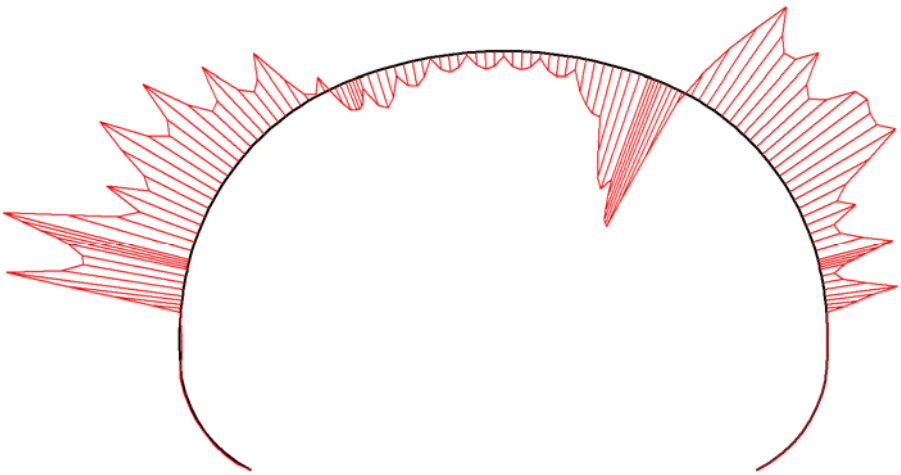


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -24,01 kNm/m (Phase: 7)

12.2.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	13,821	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	14,530	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	17,592	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	21,089	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	37,564	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	40,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	34,550	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	37,564	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	33,359	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	32,748	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	38,419	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	43,769	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	50,803	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	16,175	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	20,281	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	23,040	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	29,868	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	29,310	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	37,491	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	54,803	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	57,512	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	62,934	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	73,129	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	86,565	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	111,571	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,273	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,090	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

13.Results for phase 8

13.1 *Deformations*

13.1.1 Plot of total displacements

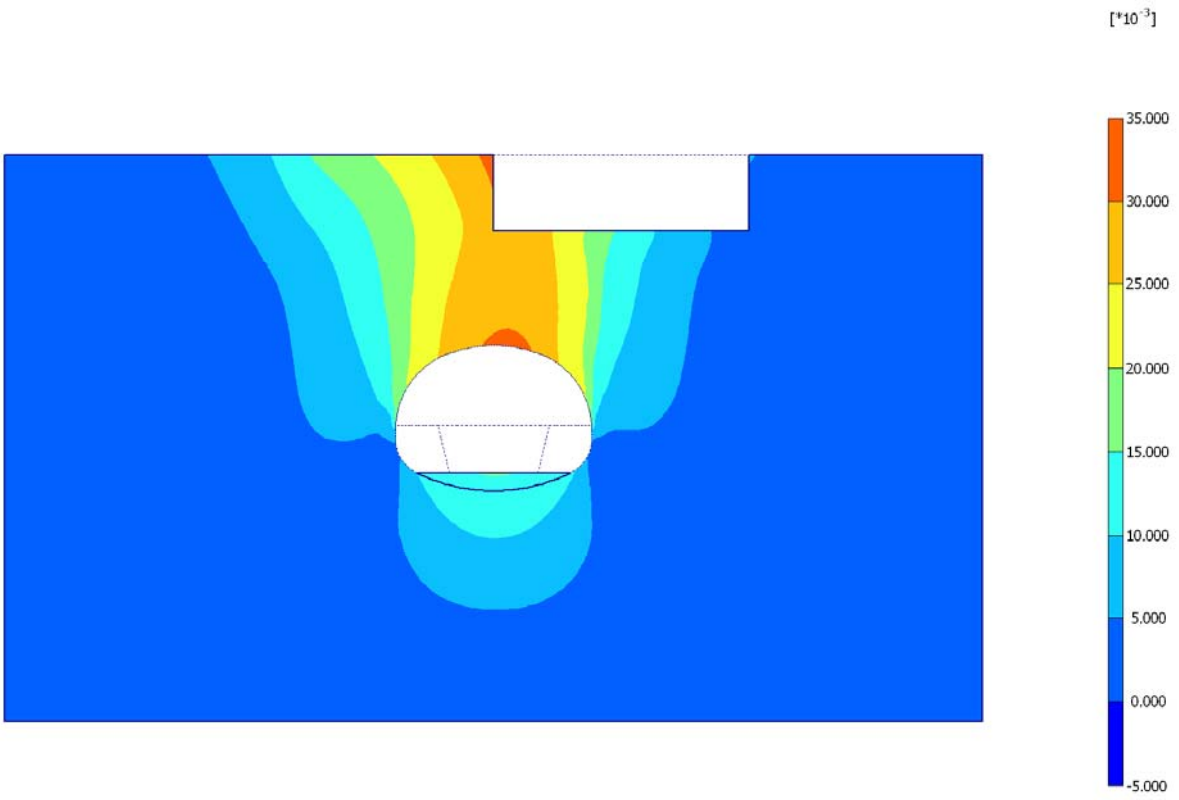


Fig. 39 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 68 - (Phase: 8)

13.2 *Stresses*

13.2.1 Plot of total stresses

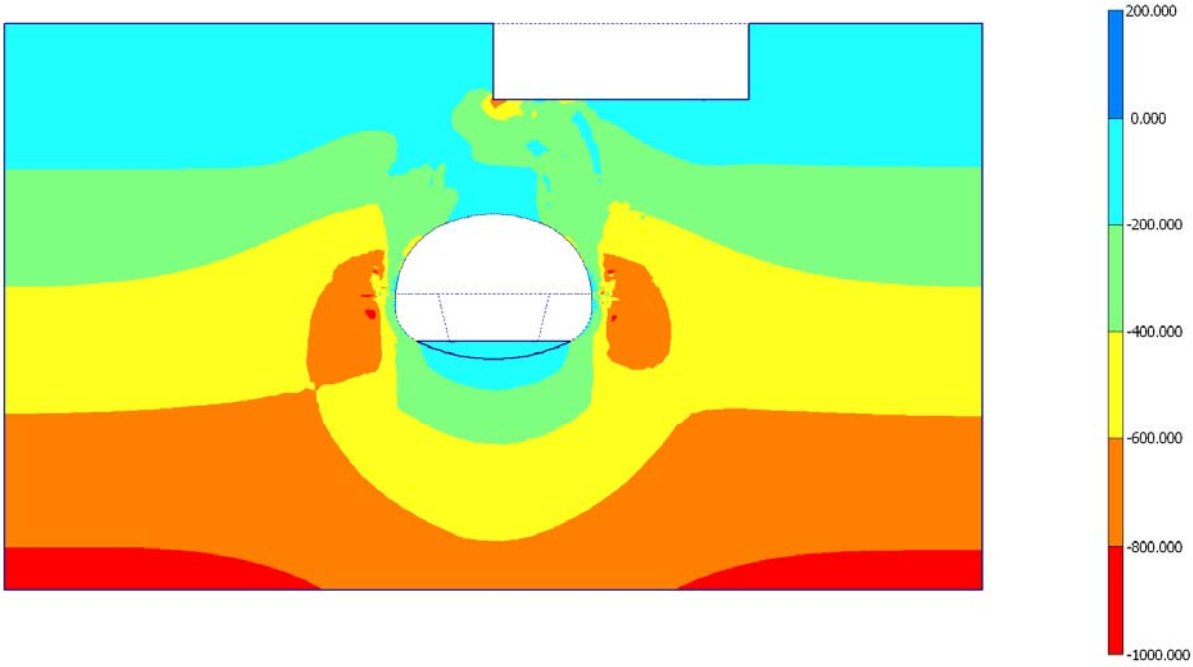


Fig. 40 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 68 - (Phase: 8)

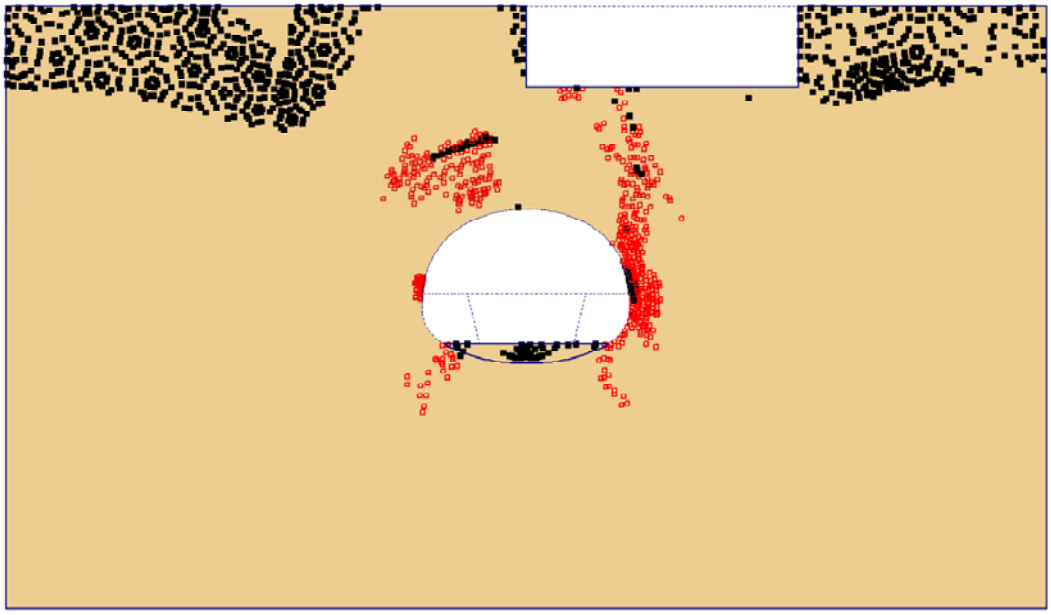


Fig. 41 Plot of plastic points
- Step no: 68 - (Phase: 8)

13.3 *Structures*

13.3.1 Beams

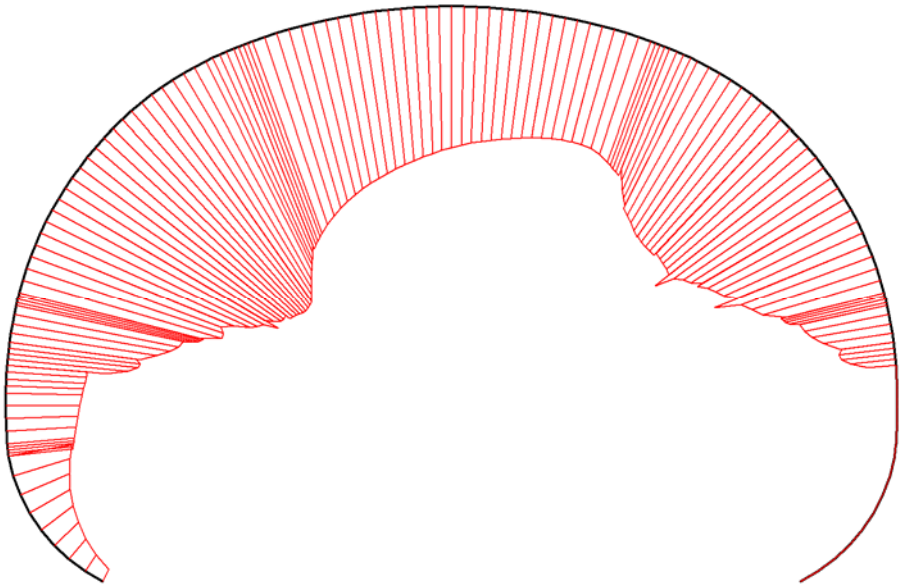


Fig. 42 Axial forces in beam
Extreme value -882,95 kN/m (Phase: 8)

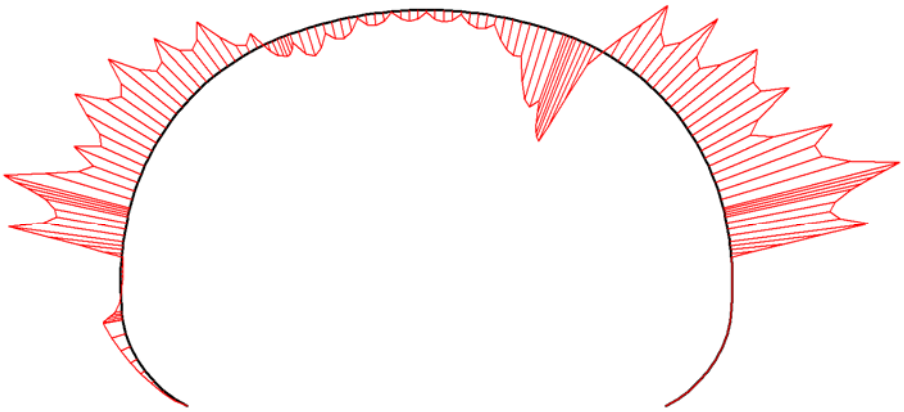


Fig. 43 Bending moments in beam
Extreme value -35,23 kNm/m (Phase: 8)

13.3.2 Anchors

Table [15] Anchors phase no: 8

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	15,704	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	16,155	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	19,416	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	23,825	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	41,510	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	45,490	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	55,337	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	92,527	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	83,528	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	76,986	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	78,170	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	89,679	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	122,227	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	18,229	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	21,344	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	24,423	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4013	-6,000	12,366	32,493	184,00	184,00	103000,0	N/A	6,004

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
	3881	-3,954	6,721				0		
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	30,006	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	36,704	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	54,397	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	56,257	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	61,075	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	70,938	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	84,258	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	109,552	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-1,701	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-2,374	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

14.Results for phase 9

14.1 *Deformations*

14.1.1 Plot of total displacements

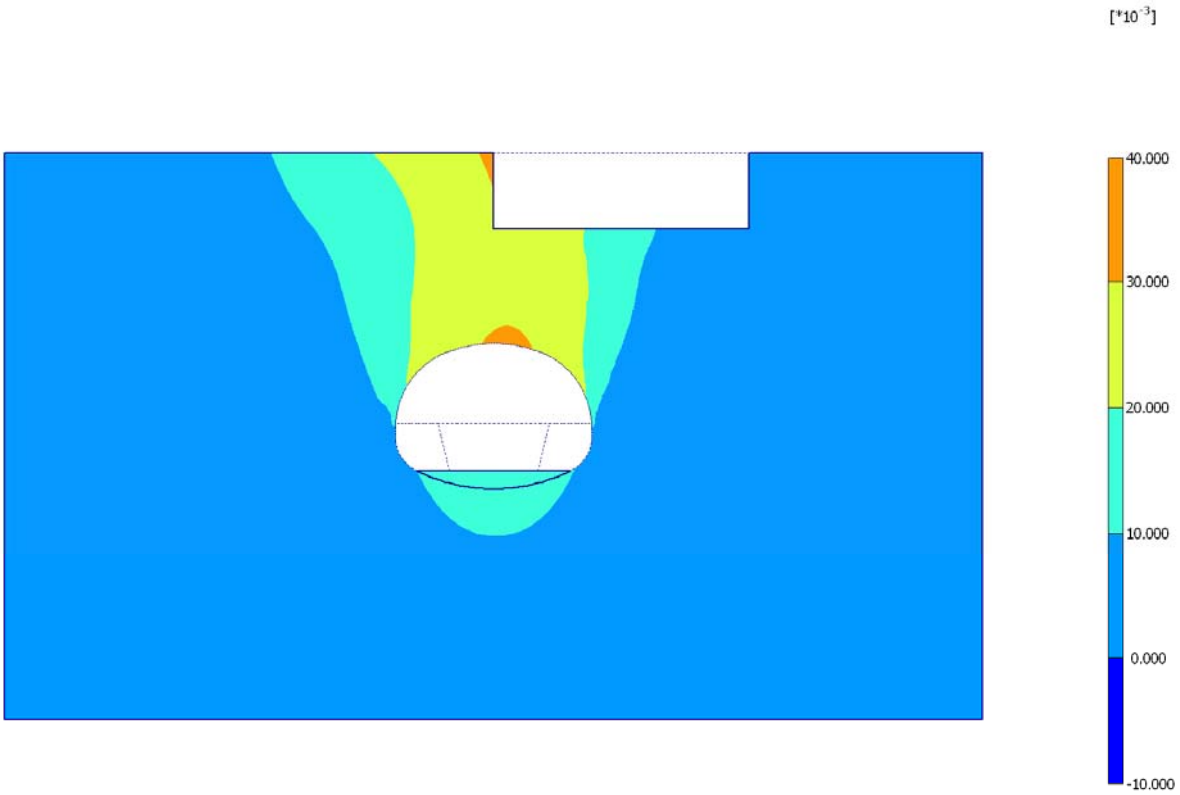


Fig. 44 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 70 - (Phase: 9)

14.2 *Stresses*

14.2.1 Plot of total stresses

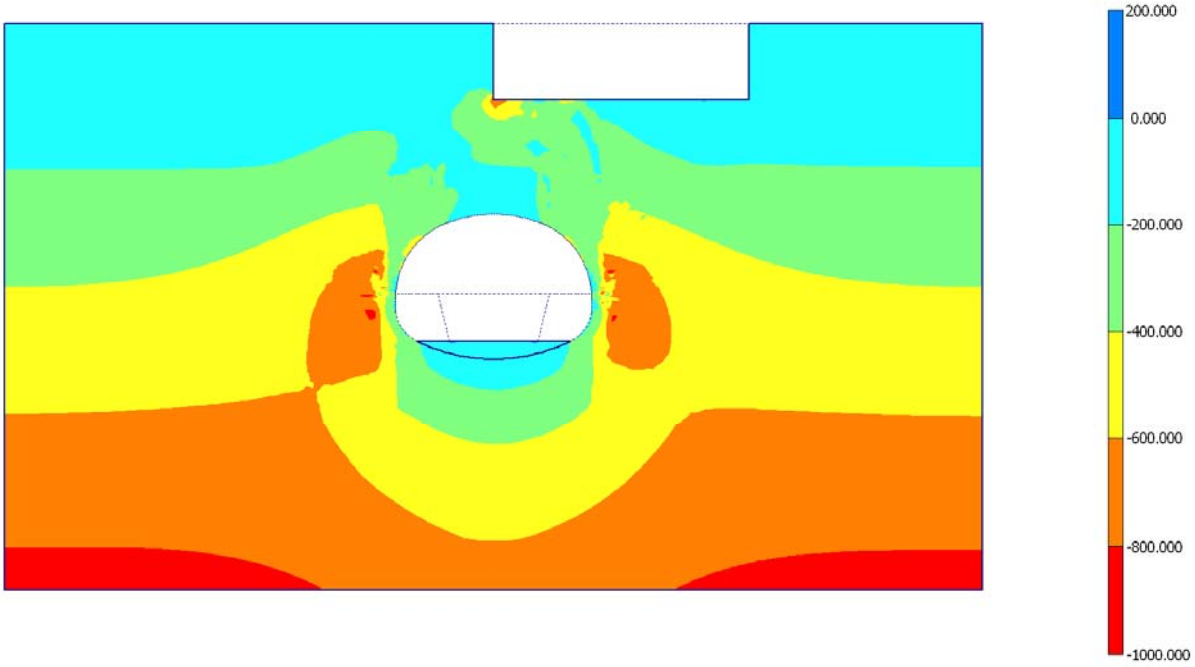


Fig. 45 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 70 - (Phase: 9)

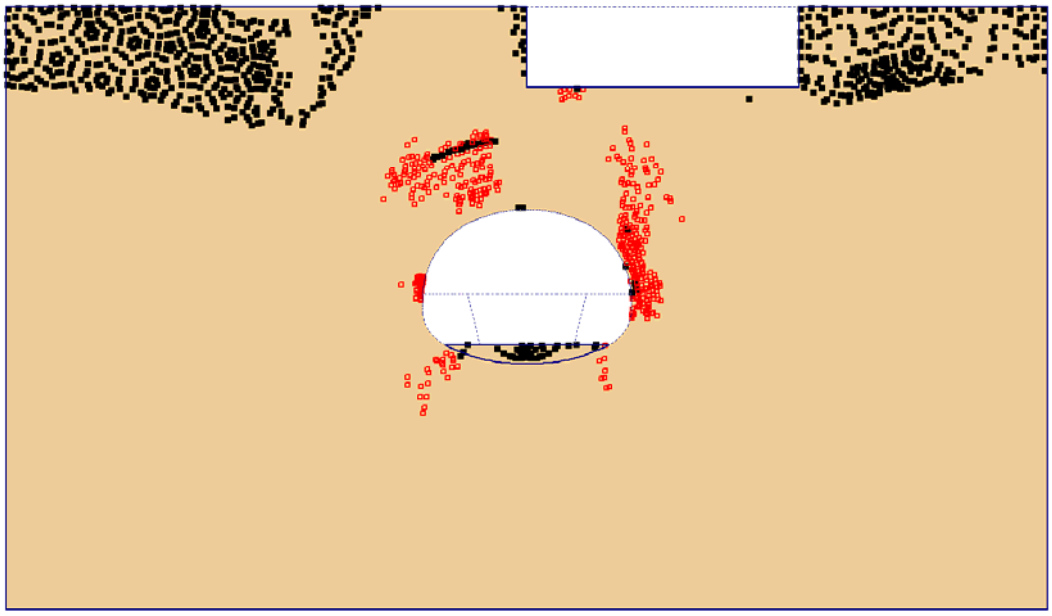


Fig. 46 Plot of plastic points
- Step no: 70 - (Phase: 9)

14.3 *Structures*

14.3.1 Beams

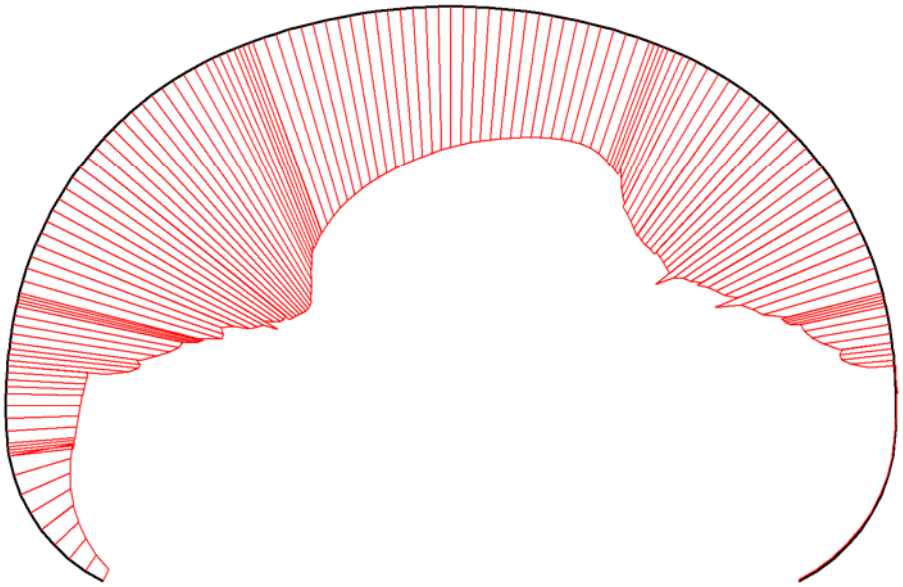


Fig. 47 Axial forces in beam
Extreme value -885,58 kN/m (Phase: 9)

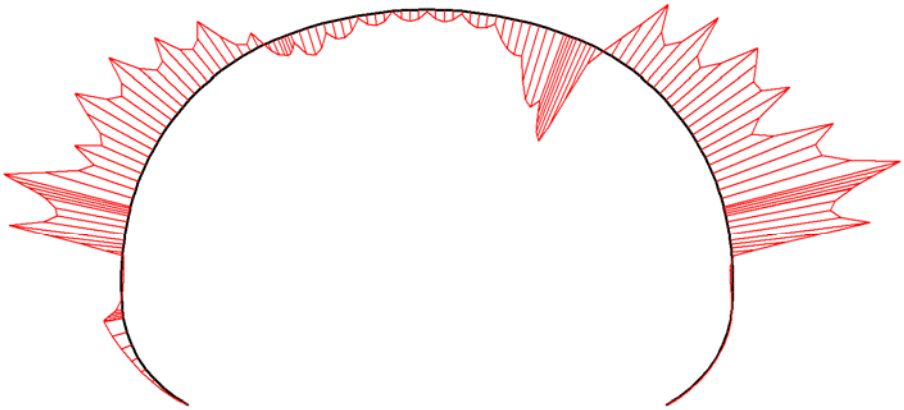


Fig. 48 Bending moments in beam
Extreme value -35,11 kNm/m (Phase: 9)

14.3.2 Anchors

Table [16] Anchors phase no: 9

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	15,722	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	16,164	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	19,421	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	23,836	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	41,536	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	45,534	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	55,422	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	92,616	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	83,647	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	77,139	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	78,382	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	89,970	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	122,524	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,347	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,151	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	18,255	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	21,367	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	24,475	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4013	-6,000	12,366	32,537	184,00	184,00	103000,0	N/A	6,004

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
	3881	-3,954	6,721				0		
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	30,025	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	36,707	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	54,393	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	56,245	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	61,060	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	70,923	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	84,243	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	109,542	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-1,708	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-2,384	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

15.Results for phase 10

15.1 *Deformations*

15.1.1 Plot of total displacements

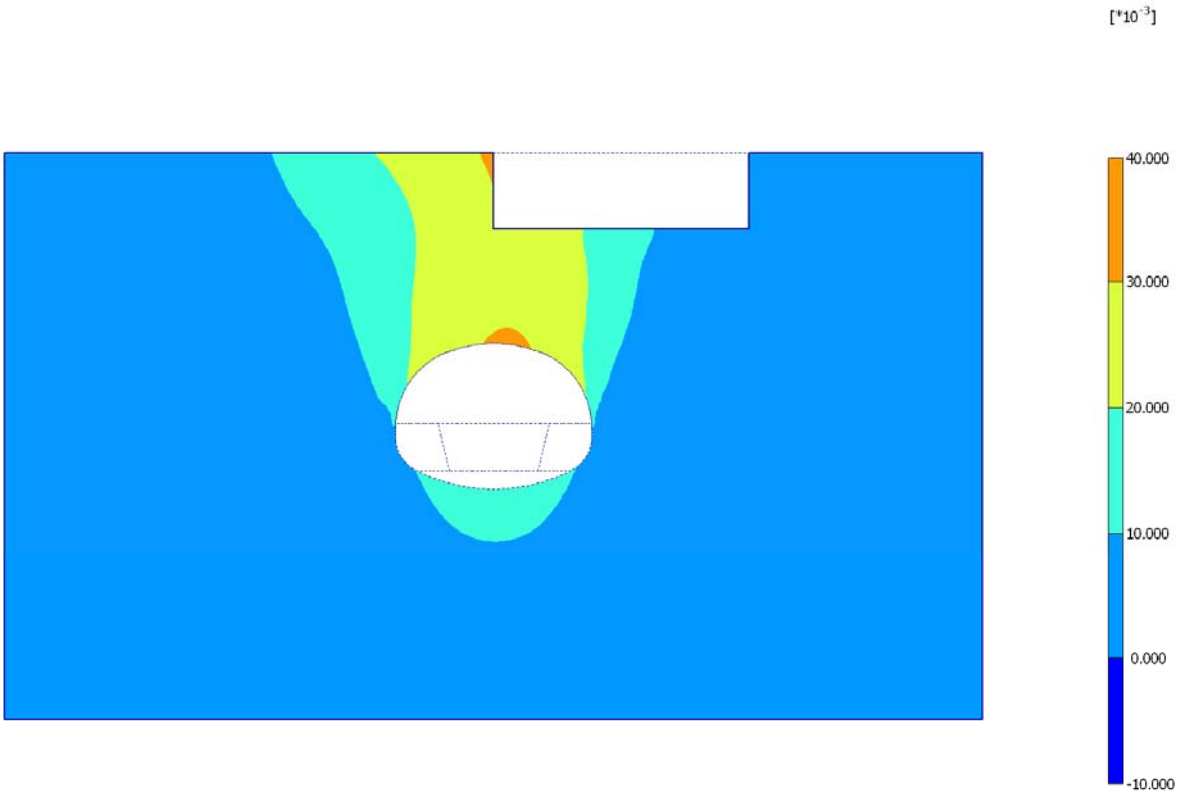


Fig. 49 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 72 - (Phase: 10)

15.2 *Stresses*

15.2.1 Plot of total stresses

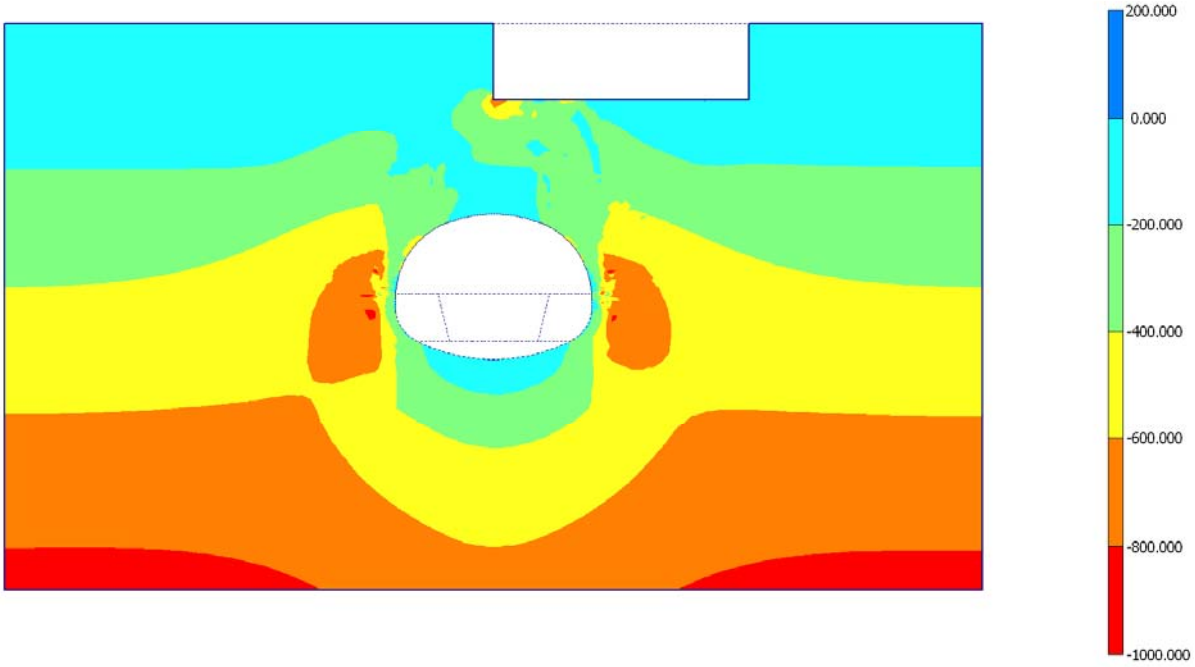


Fig. 50 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 72 - (Phase: 10)

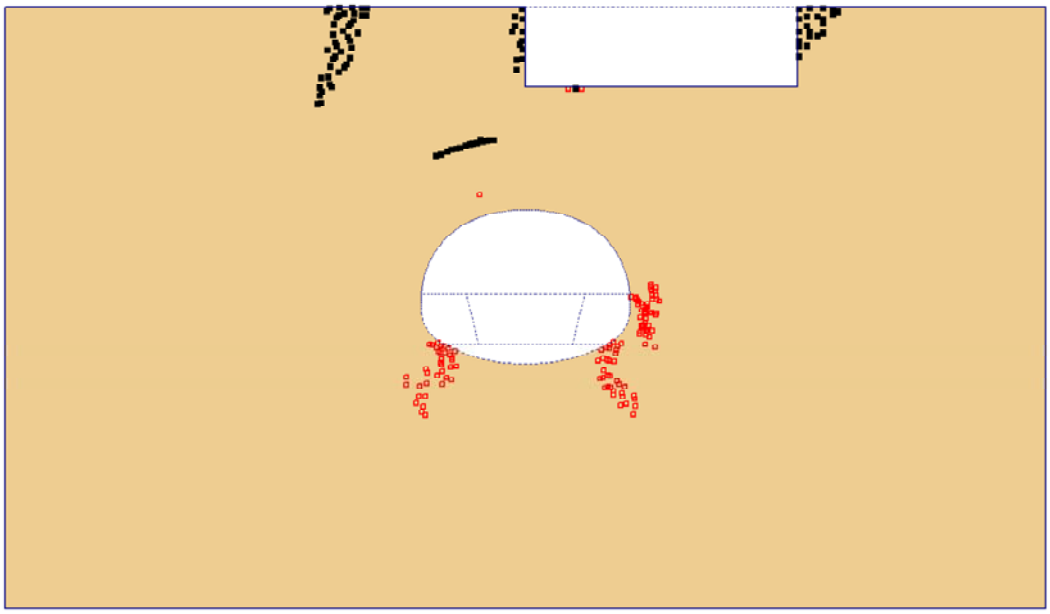


Fig. 51 Plot of plastic points
- Step no: 72 - (Phase: 10)

15.3 *Structures*

15.3.1 Beams

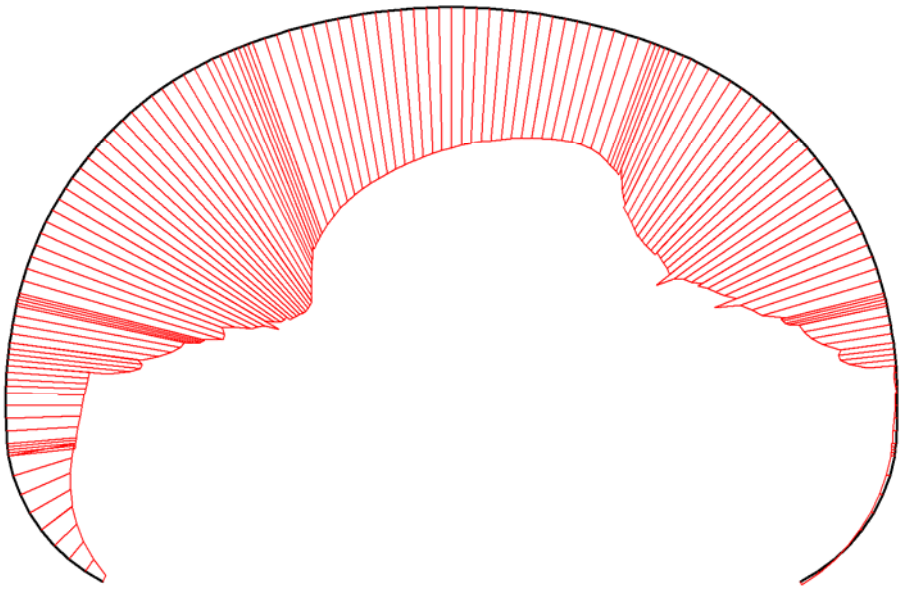


Fig. 52 Axial forces in beam
Extreme value -887,83 kN/m (Phase: 10)

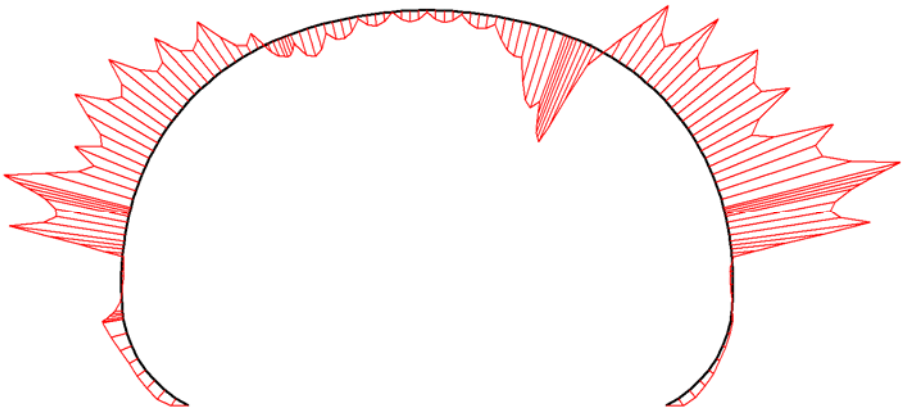


Fig. 53 Bending moments in beam
Extreme value -35,14 kNm/m (Phase: 10)

15.3.2 Anchors

Table [17] Anchors phase no: 10

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	15,705	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	16,147	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	19,398	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	23,804	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	41,490	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	45,470	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	55,340	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	92,516	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	83,533	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	77,020	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	78,273	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	89,895	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	122,494	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,391	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,286	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	18,232	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	21,329	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	24,430	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	32,485	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	29,958	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	36,629	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	54,309	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	56,157	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	60,975	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	70,851	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	84,199	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	109,539	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-1,652	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-2,226	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: CAVERNA ESTACION GALDAKAO. Sostenimiento E-3, Secc. A, RMR = 45

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-44,000	44,000
Y	-26,400	24,620

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

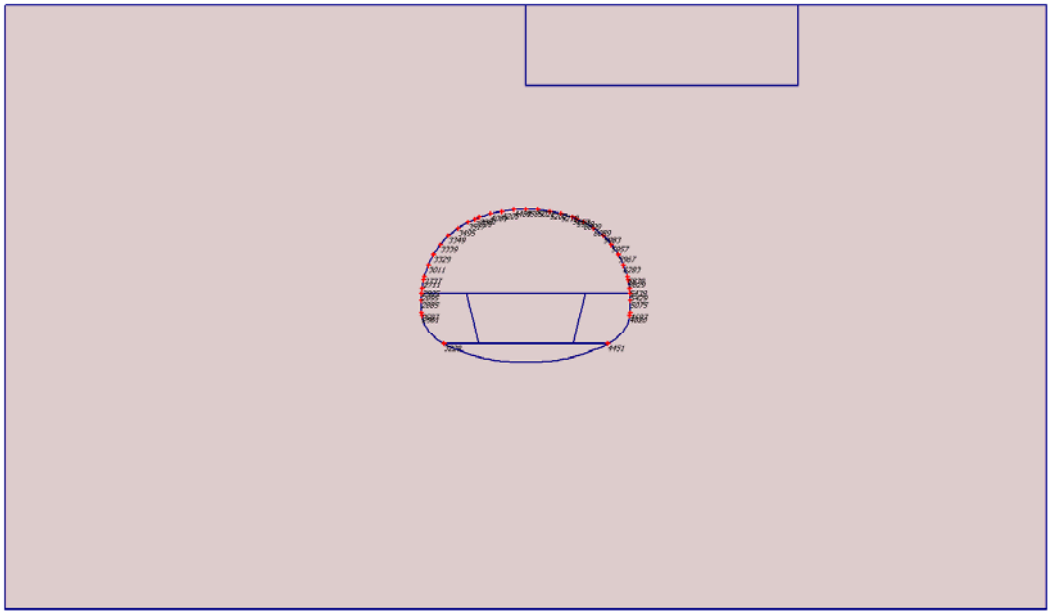


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

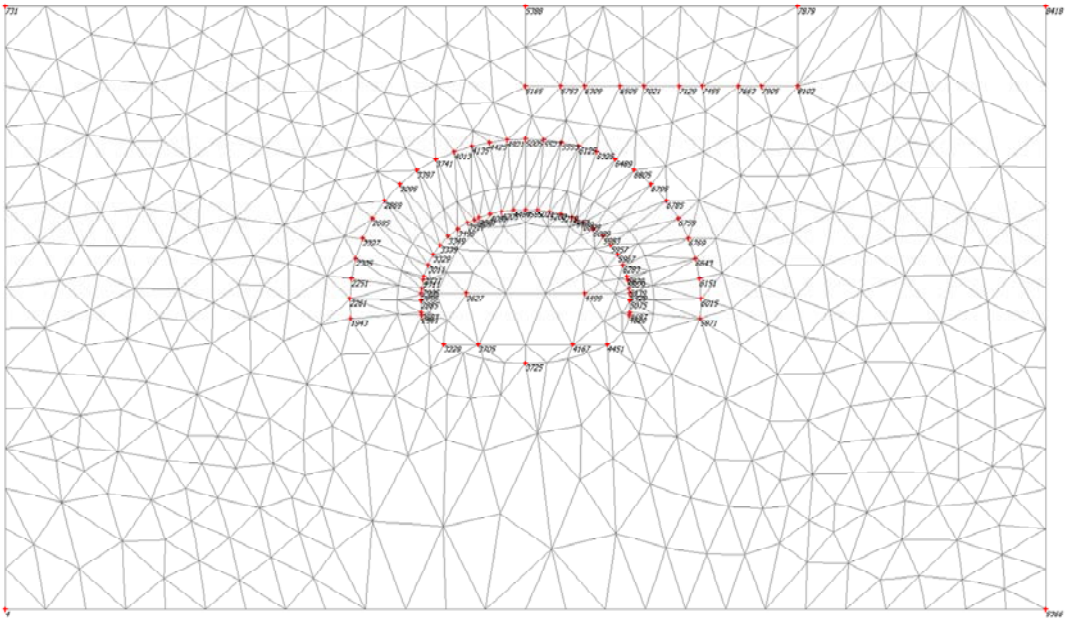


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

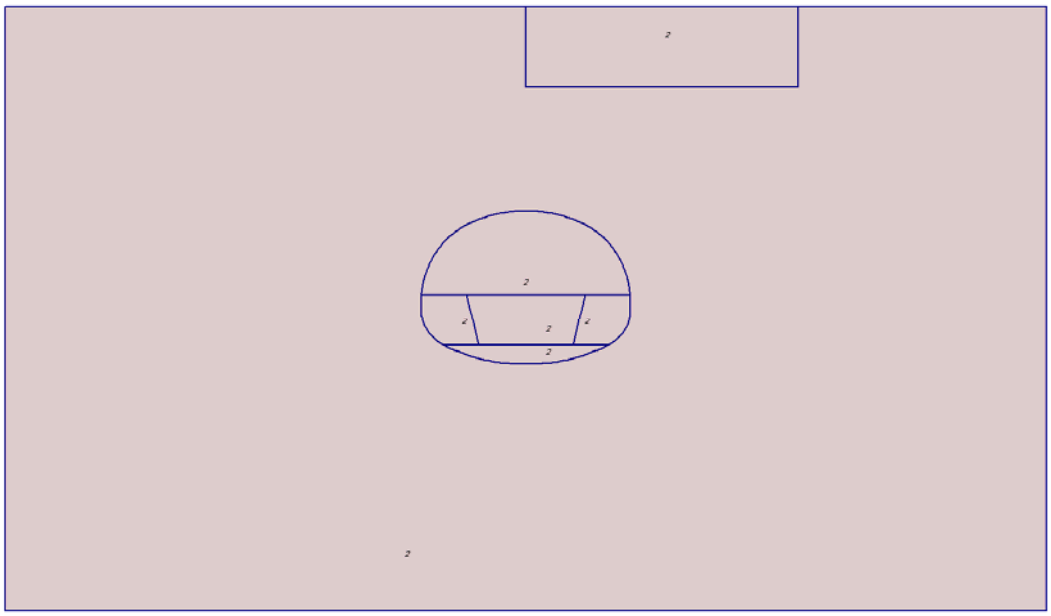


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		1 **Lut-are RMR20**	2 **Lut-are RMR 45**
Type		Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,50	26,50
γ_{sat}	[kN/m³]	26,50	26,50
k_x	[m/day]	0,000	0,000
k_y	[m/day]	0,000	0,000
e_{init}	[-]	0,500	0,500
c_k	[-]	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	640000,000	3100000,000
ν	[-]	0,300	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	246153,846	1192307,692
E_{oed}	[kN/m²]	861538,462	4173076,923
c_{ref}	[kN/m²]	90,00	190,00
φ	[°]	35,00	44,00
ψ	[°]	0,00	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00	0,00
y_{ref}	[m]	0,000	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00	1,00
Interface permeability		Neutral	Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	Gunita 25+cercha TH29 c1m	4,4E6	20200,00	6,53	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

5. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Total multipliers	1	1
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	2	3
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	4	6
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	7	9
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	10	13
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	14	16
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	17	19
<Phase 8>	8	7	Plastic analysis	Staged construction	20	22
<Phase 9>	9	8	Plastic analysis	Staged construction	23	25
<Phase 10>	10	9	Plastic analysis	Staged construction	26	27

6. Results for phase 1

6.1 *Deformations*

6.1.1 Plot of total displacements

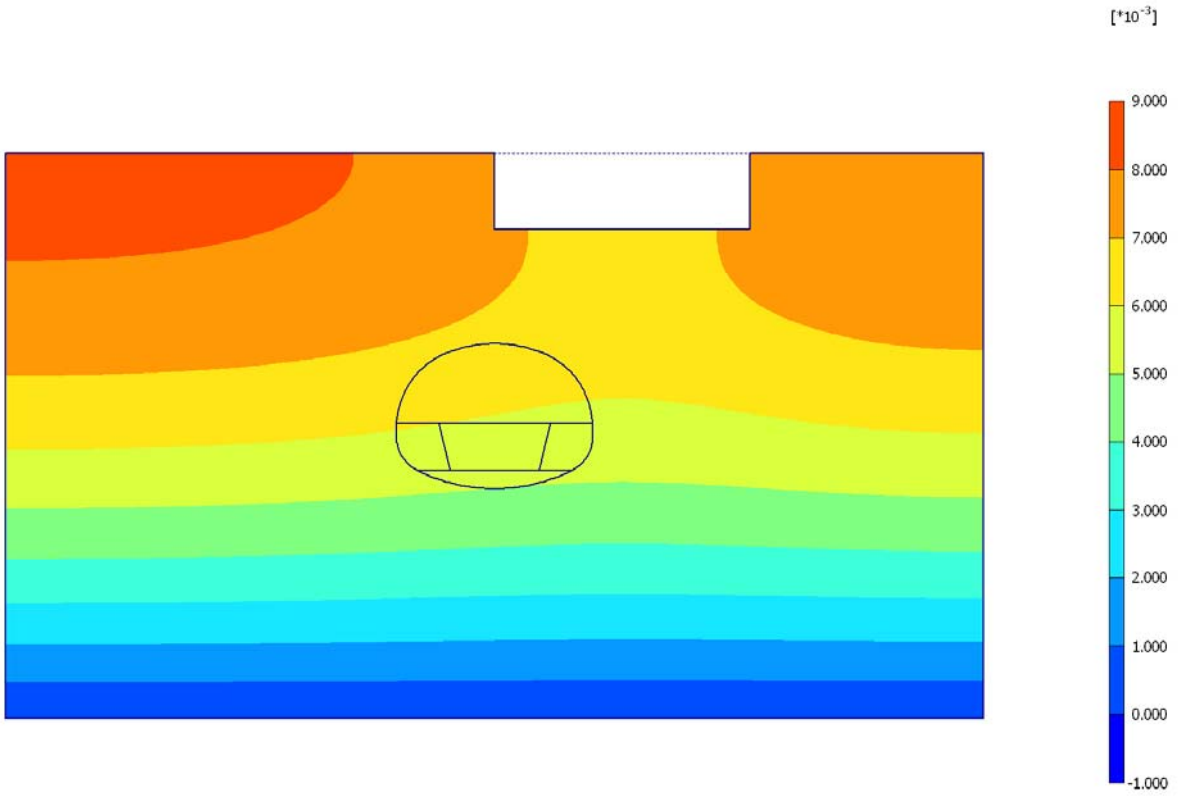


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 1 - (Phase: 1)

6.2 *Stresses*

6.2.1 Plot of total stresses

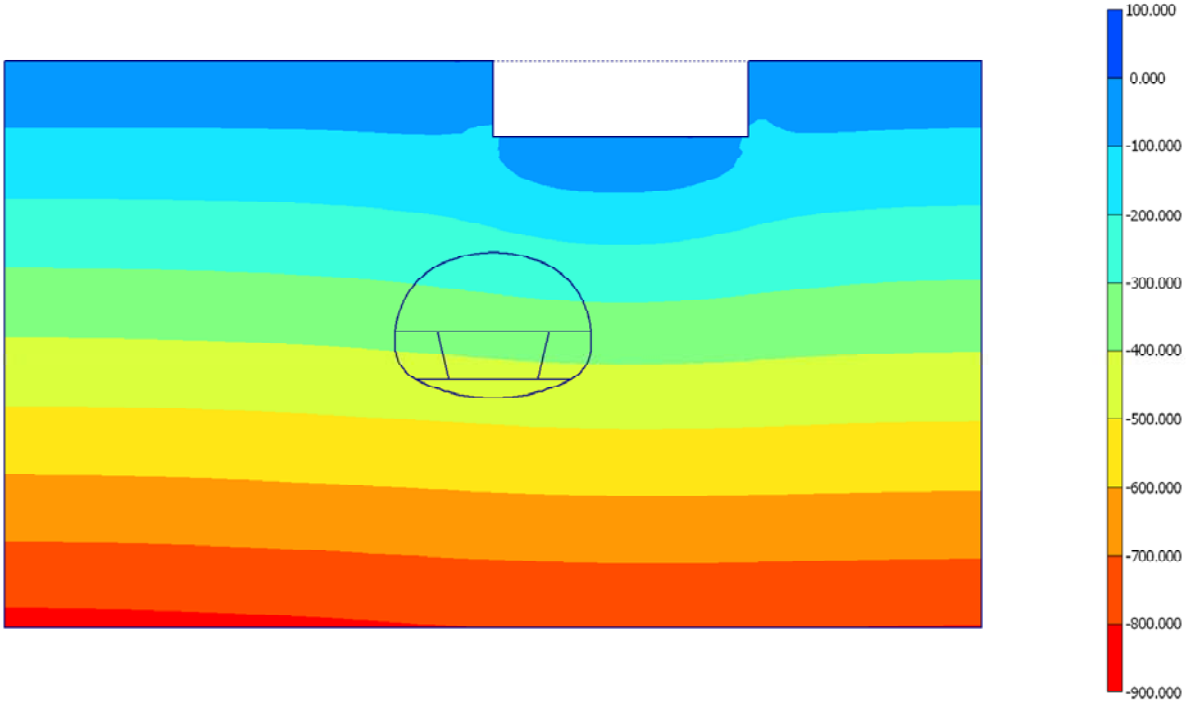


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 1 - (Phase: 1)

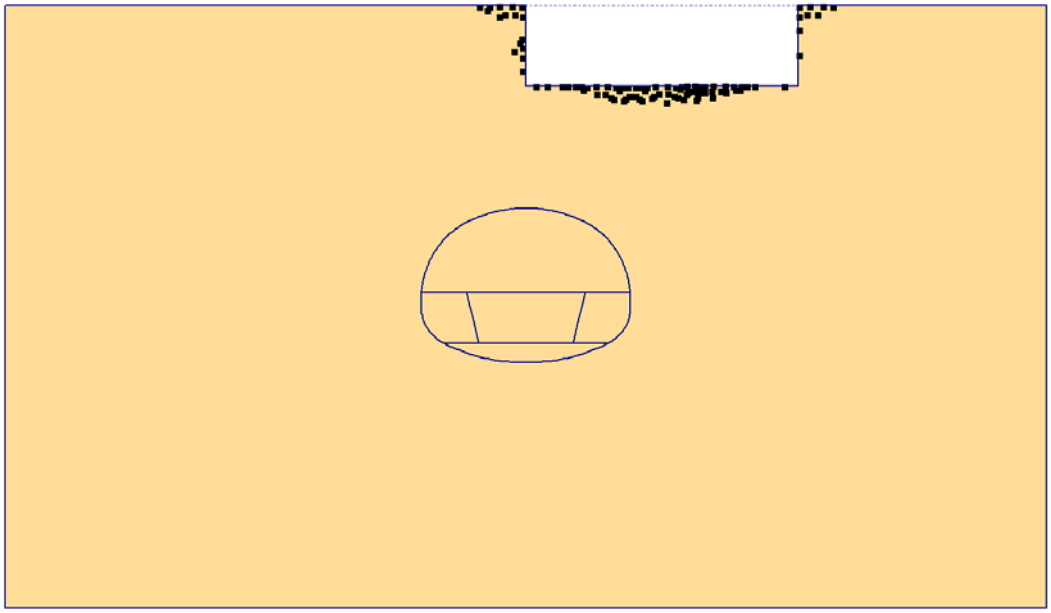


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 1 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

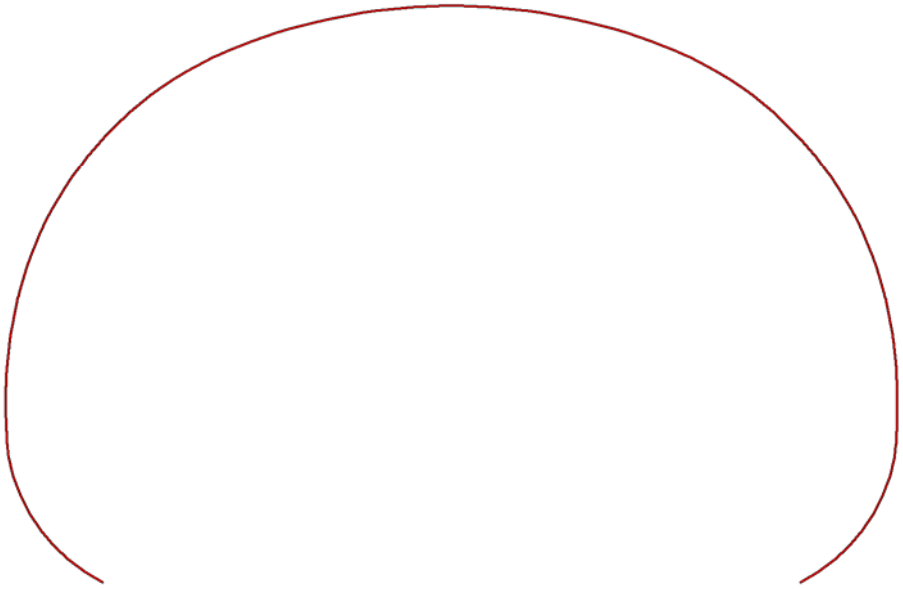


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

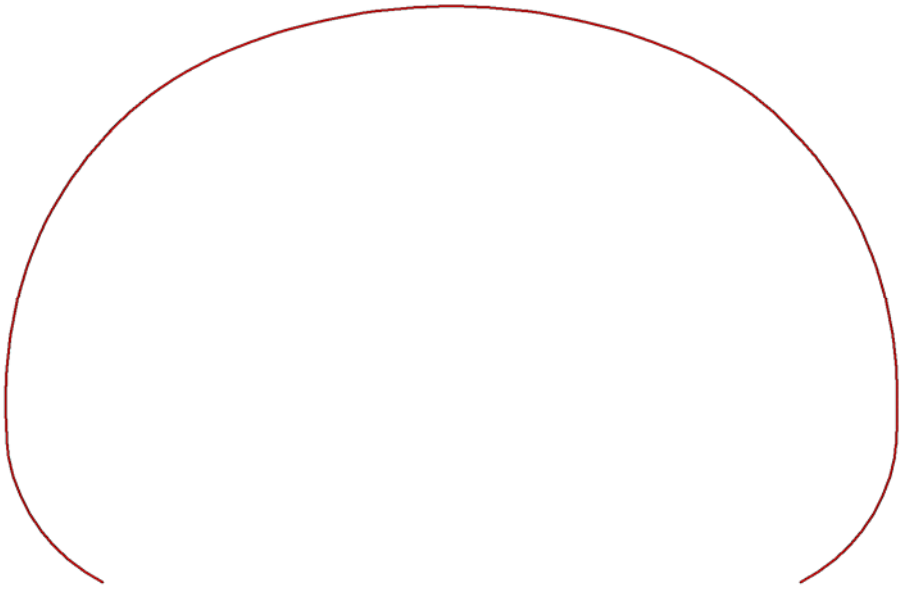


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

6.3.2 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

7. Results for phase 2

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

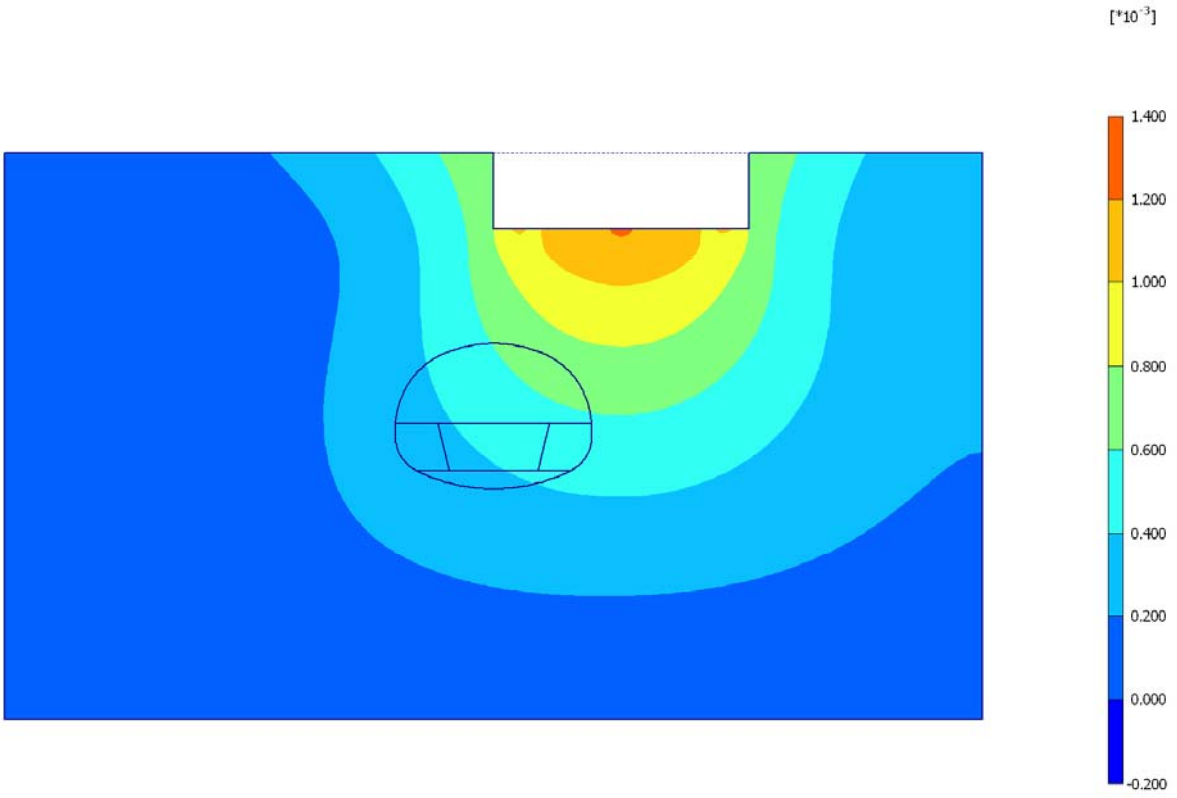


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 2)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

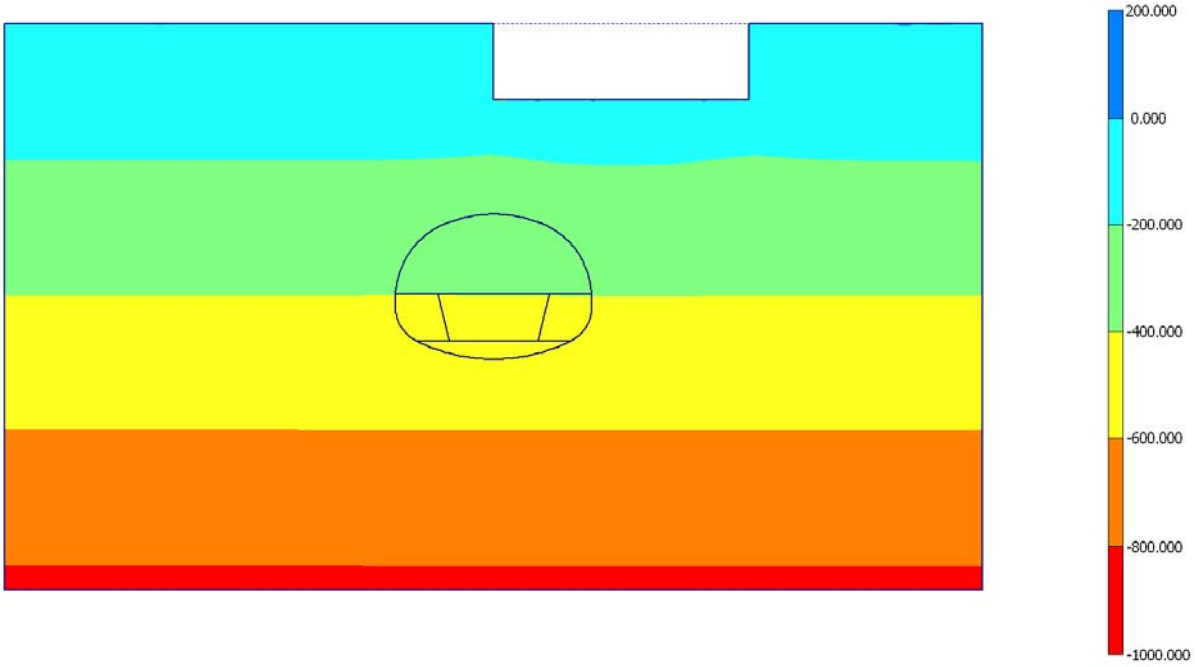


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 2)

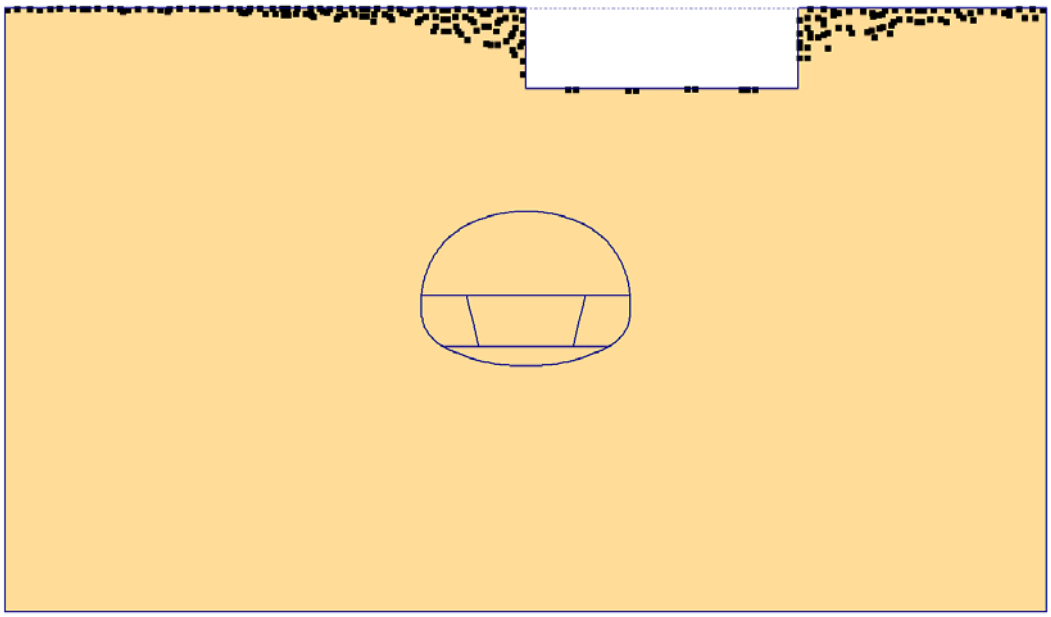


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 3 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

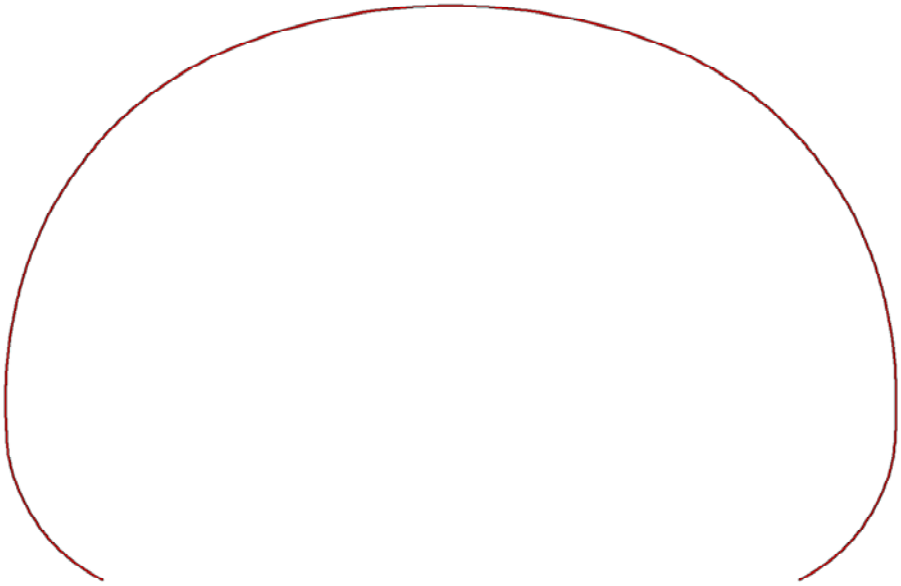


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 2)

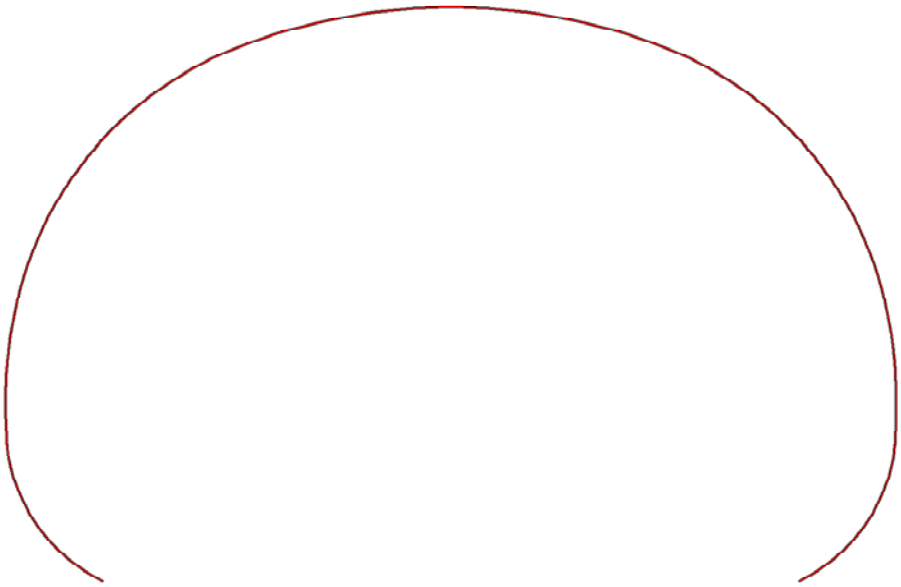


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 2)

7.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

8. Results for phase 3

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

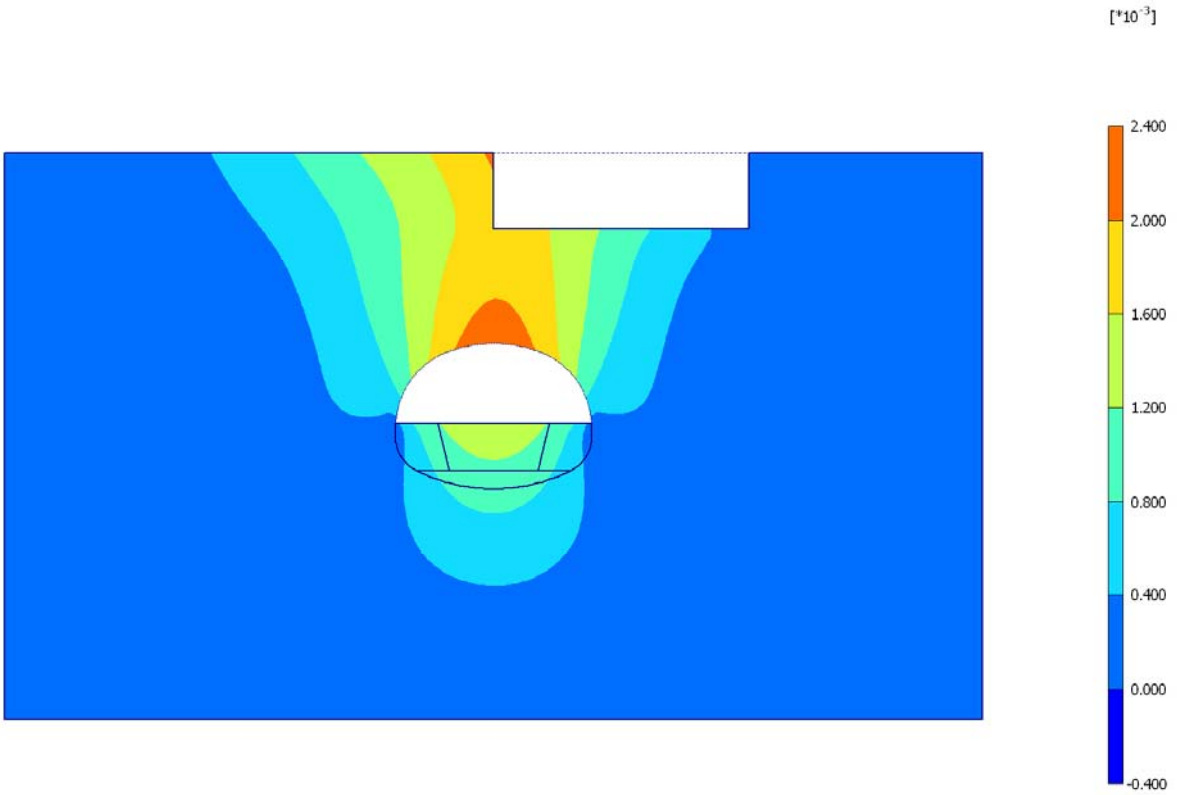


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 6 - (Phase: 3)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

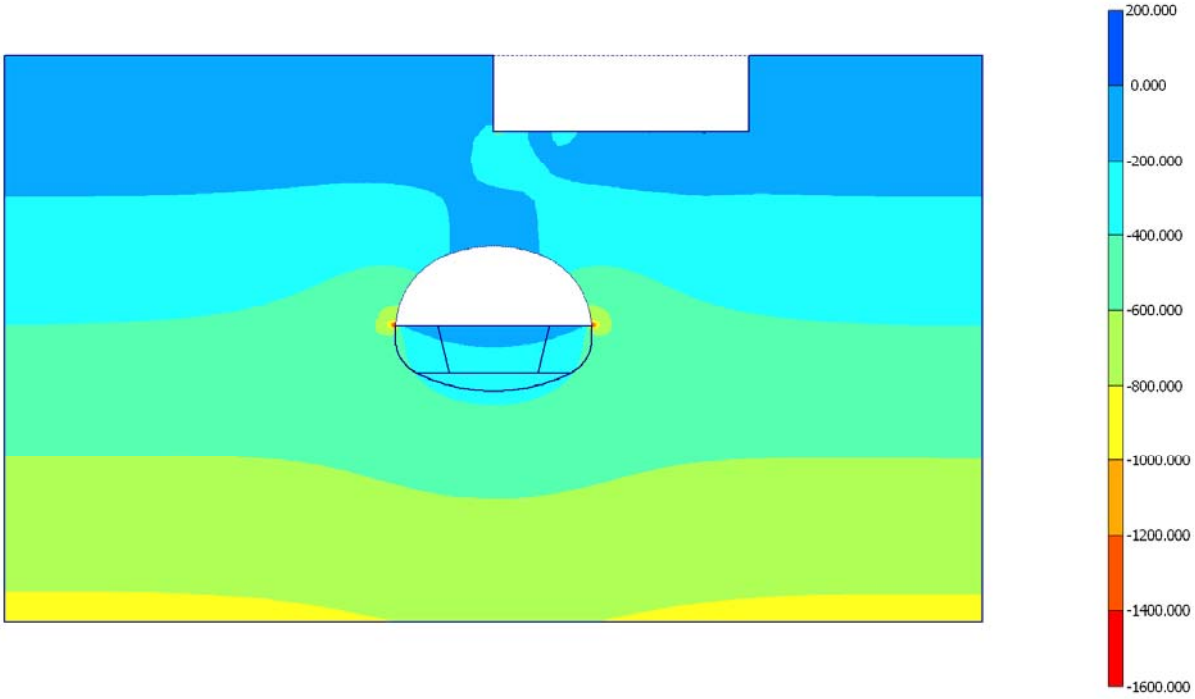


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 6 - (Phase: 3)

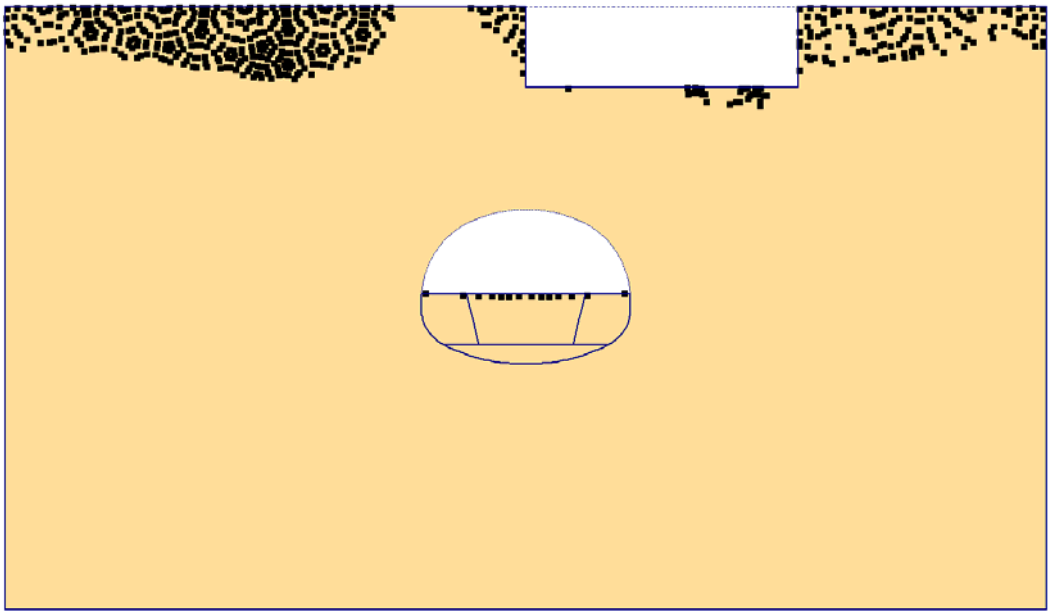


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 6 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

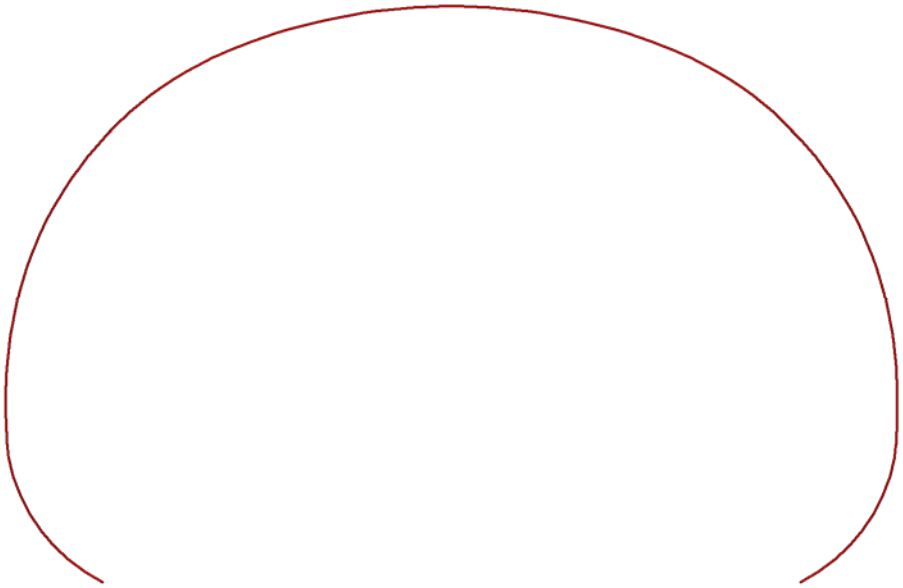


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 3)

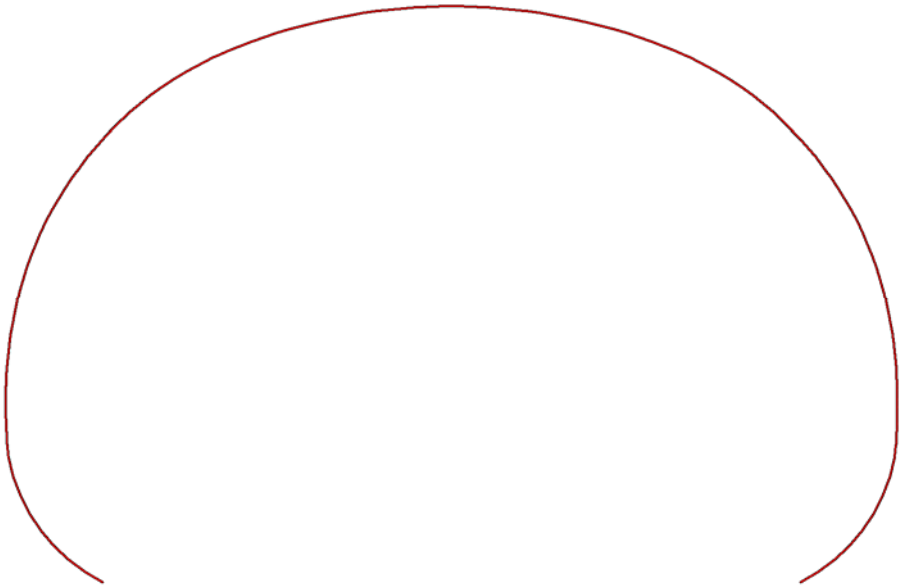


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 3)

8.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

9. Results for phase 4

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

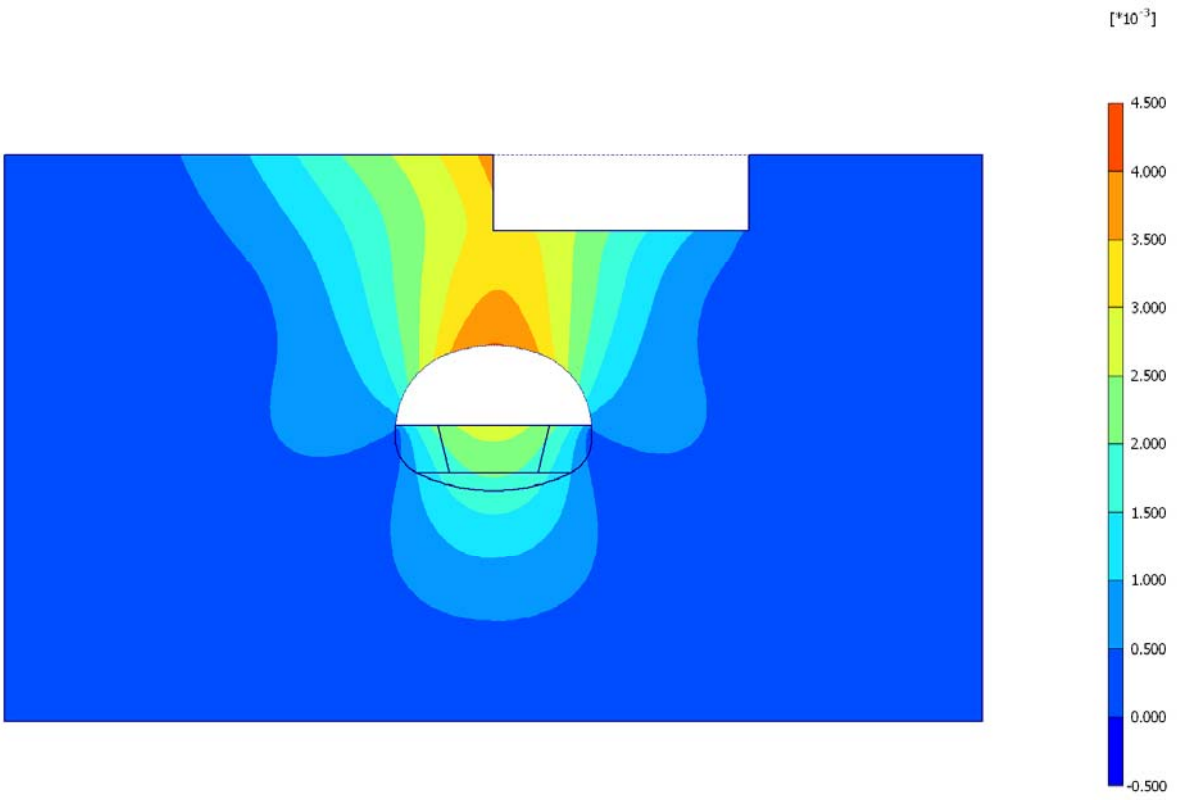


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 9 - (Phase: 4)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

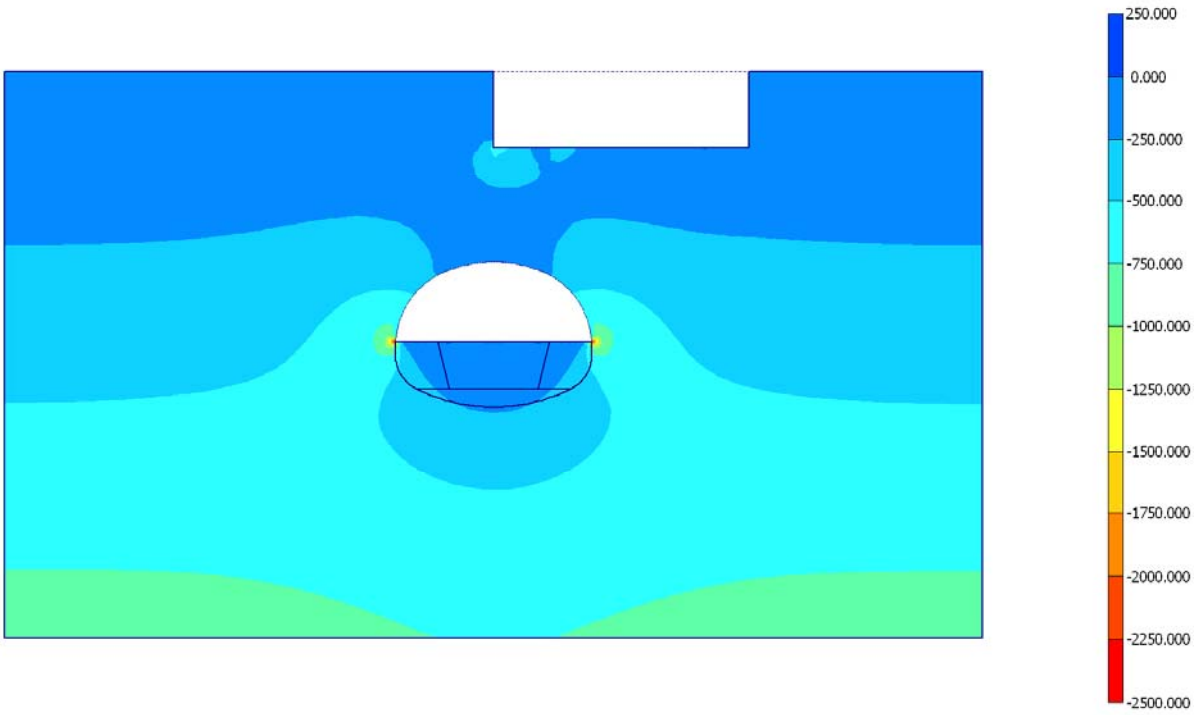


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 9 - (Phase: 4)



Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 9 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

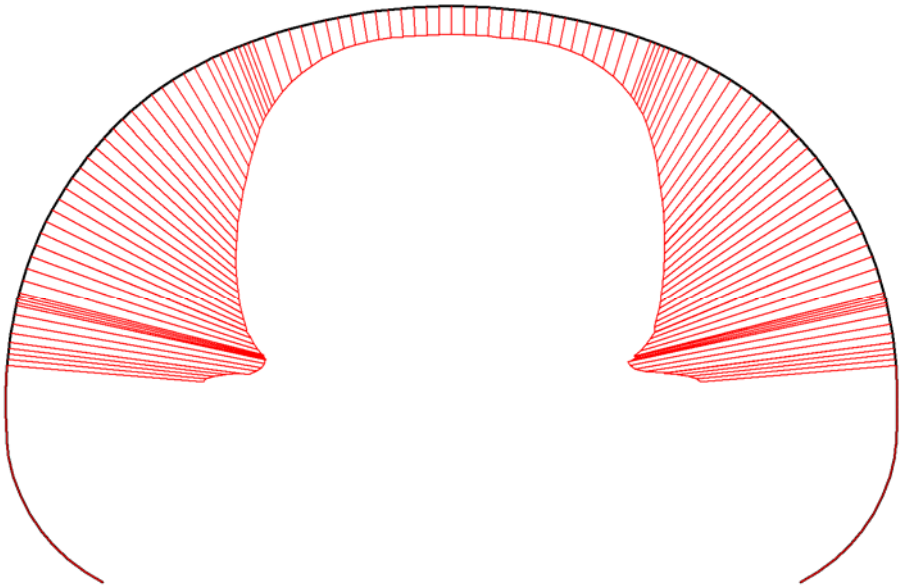


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -564,02 kN/m (Phase: 4)

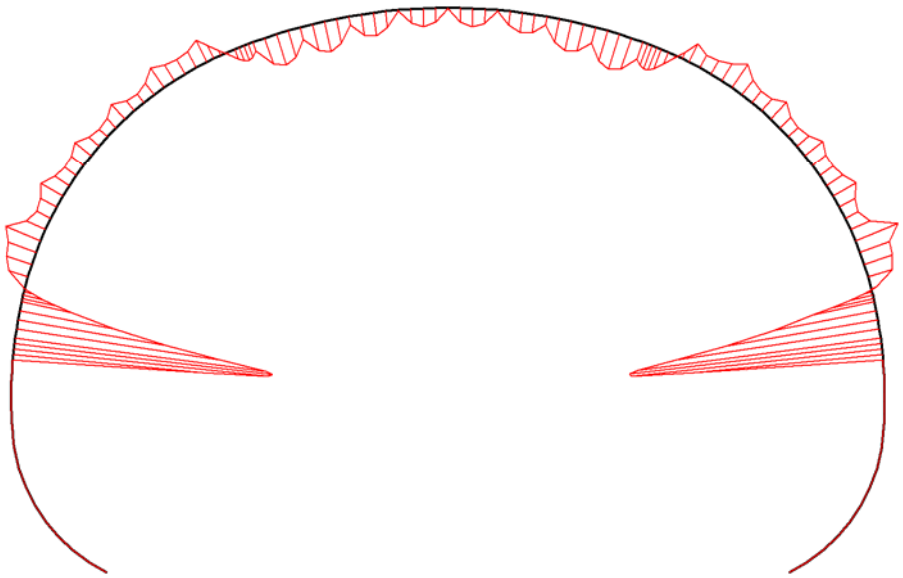


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value 8,91 kNm/m (Phase: 4)

9.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	4,934	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	4,924	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	5,293	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	5,673	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	5,576	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	4,958	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	4,361	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	3,934	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	3,495	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	2,983	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	2,410	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	2,001	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	0,287	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	5,358	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	5,933	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,187	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	5,802	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	4,971	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,317	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	3,847	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	3,377	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	2,869	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	2,341	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	1,931	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,218	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

10.Results for phase 5

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

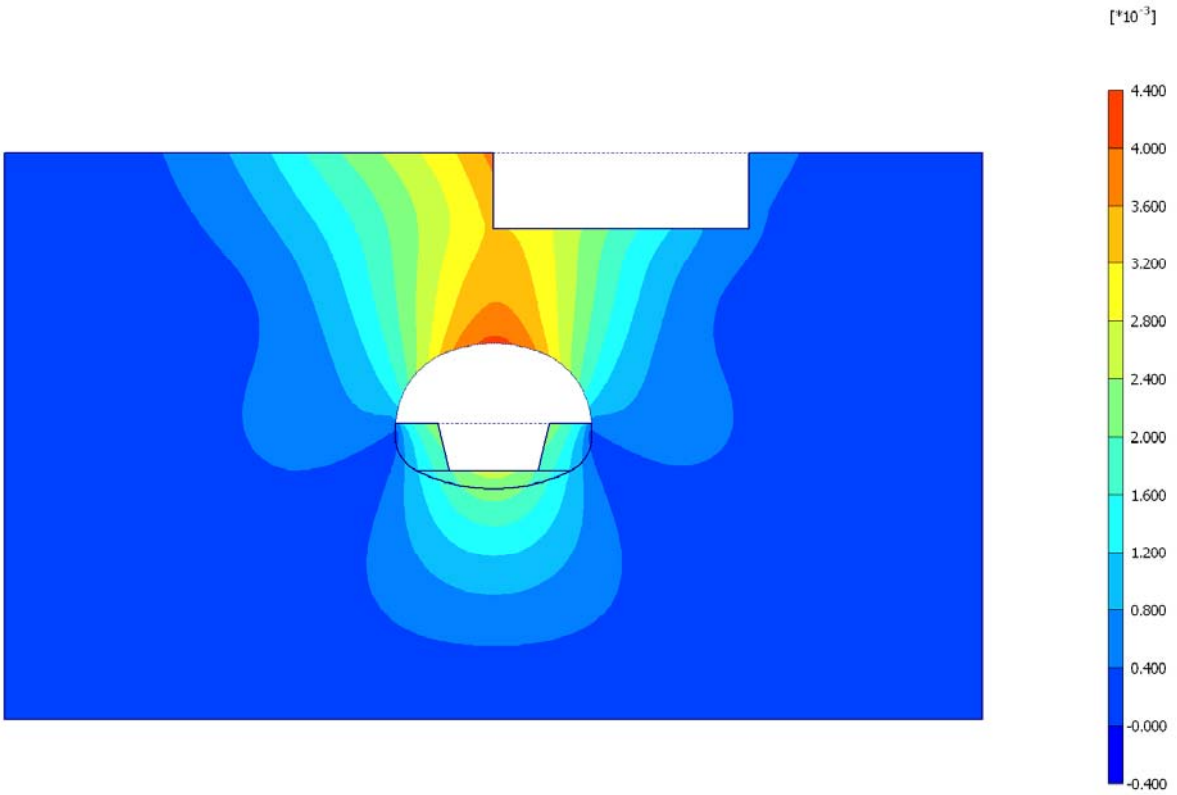


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 13 - (Phase: 5)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

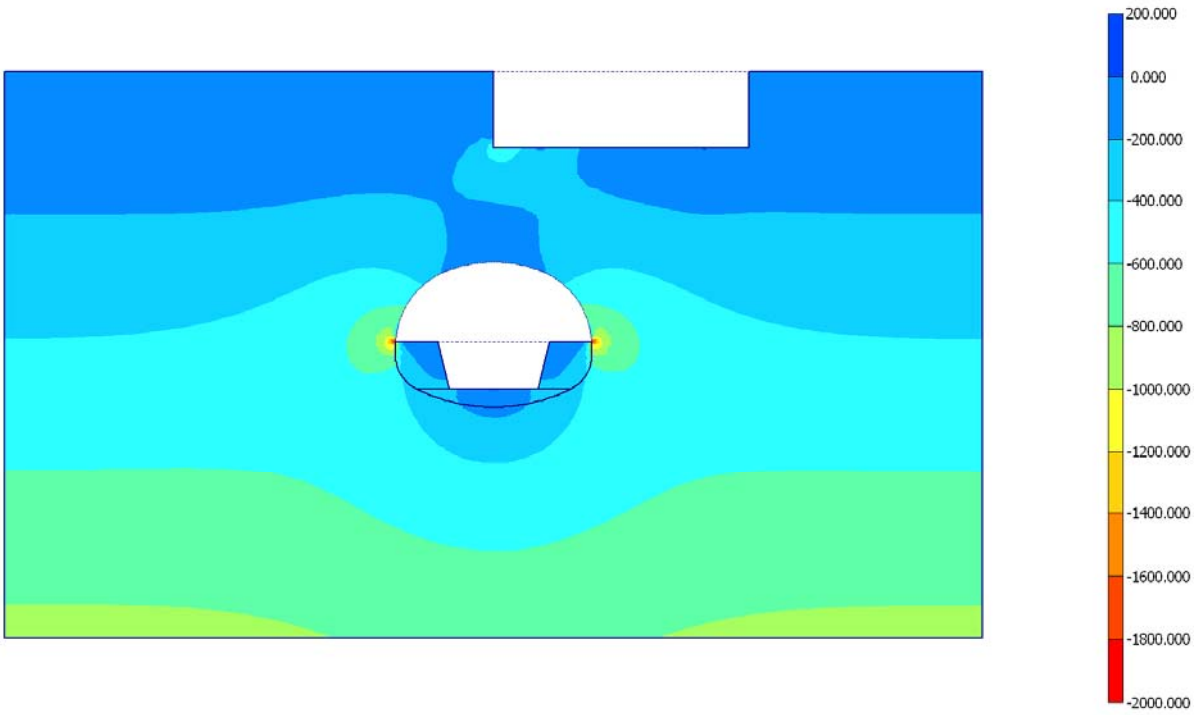


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 13 - (Phase: 5)

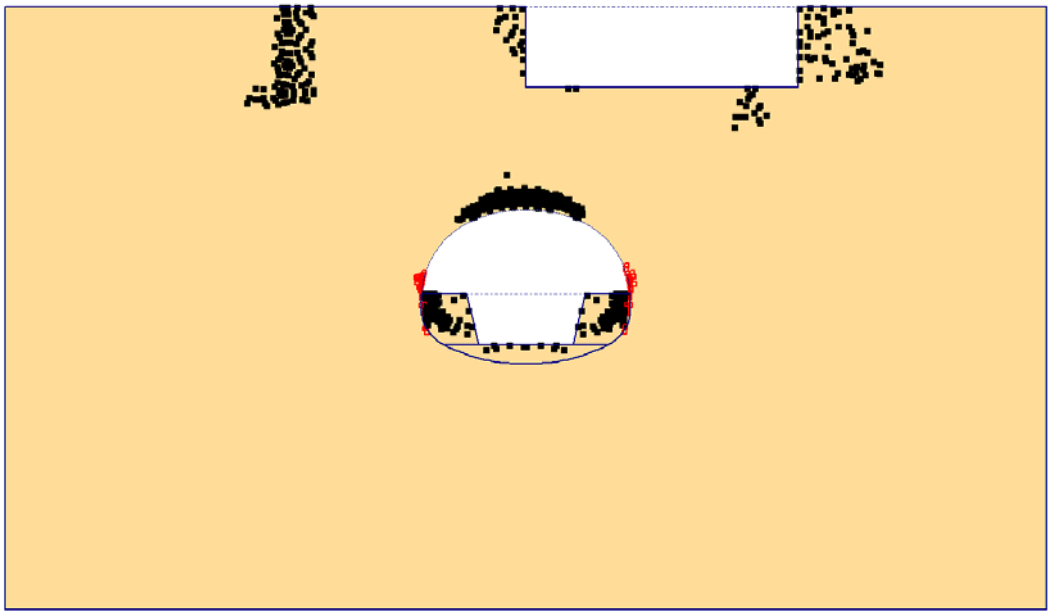


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 13 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

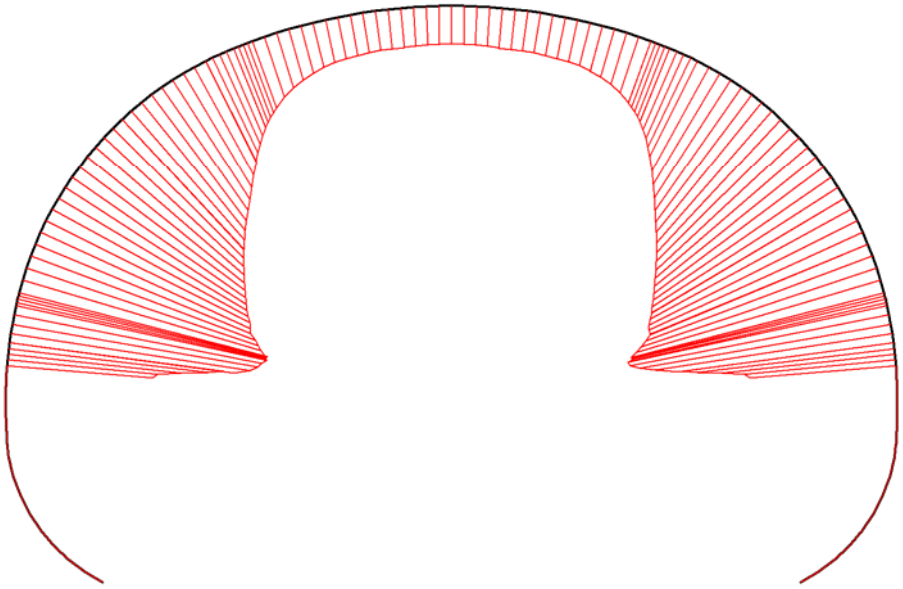


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -539,11 kN/m (Phase: 5)

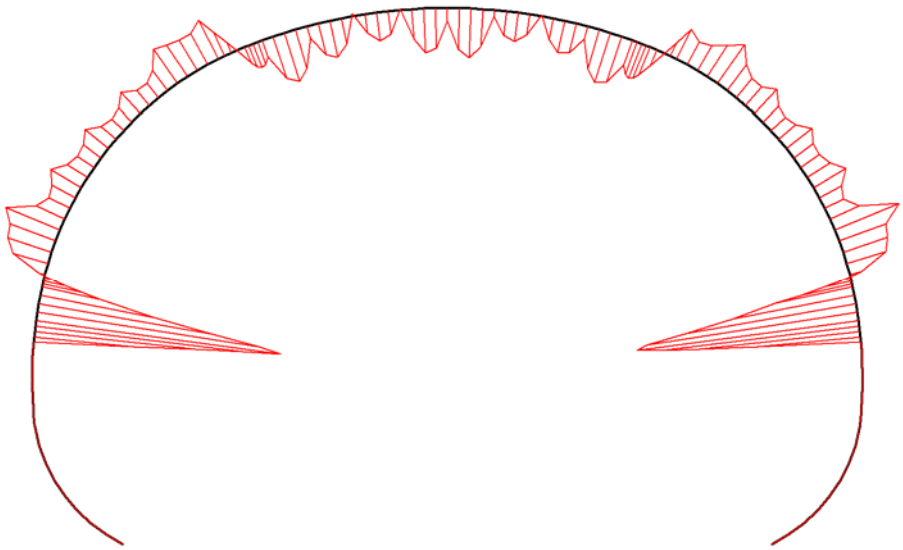


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value 6,36 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	6,405	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	6,233	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	6,221	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	6,354	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	6,080	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	5,203	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	4,423	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	3,982	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	3,583	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	3,135	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	2,662	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	2,482	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	1,203	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	6,603	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	6,854	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,934	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,353	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,198	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,367	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	3,901	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	3,476	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	3,034	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	2,609	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	2,456	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	1,222	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

11.Results for phase 6

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

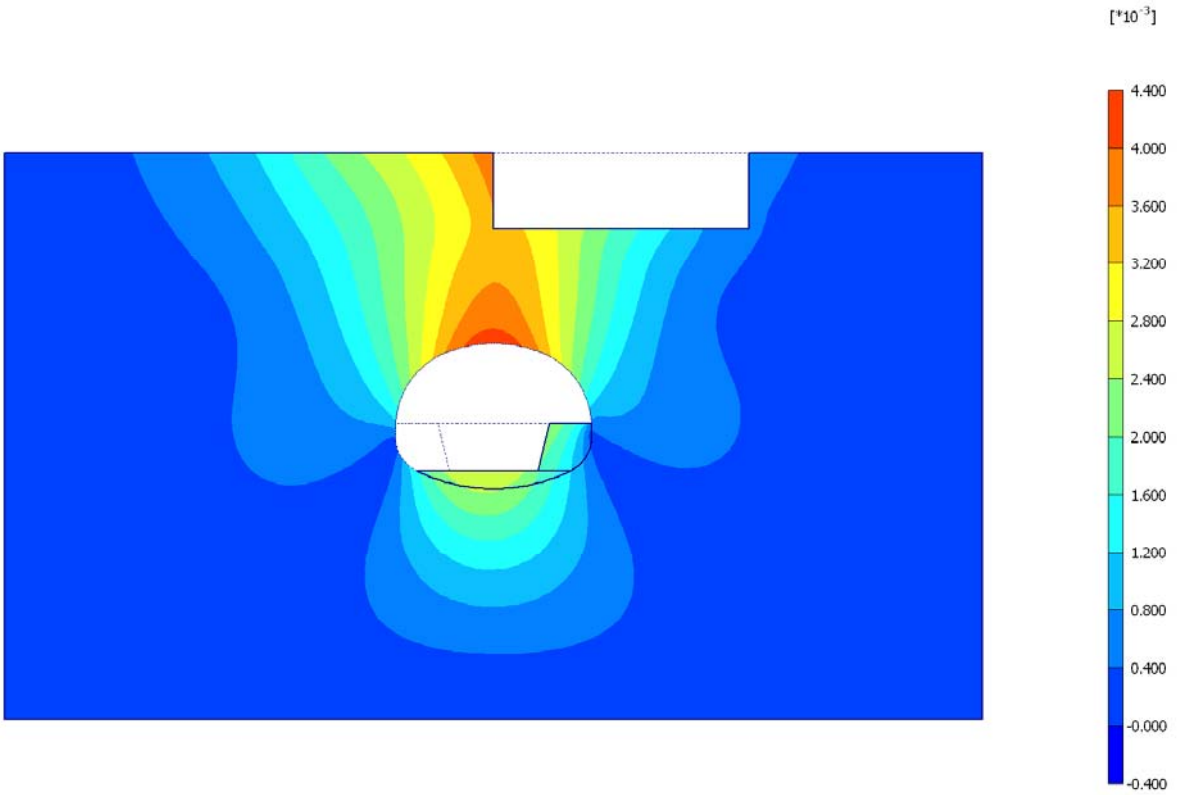


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 16 - (Phase: 6)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

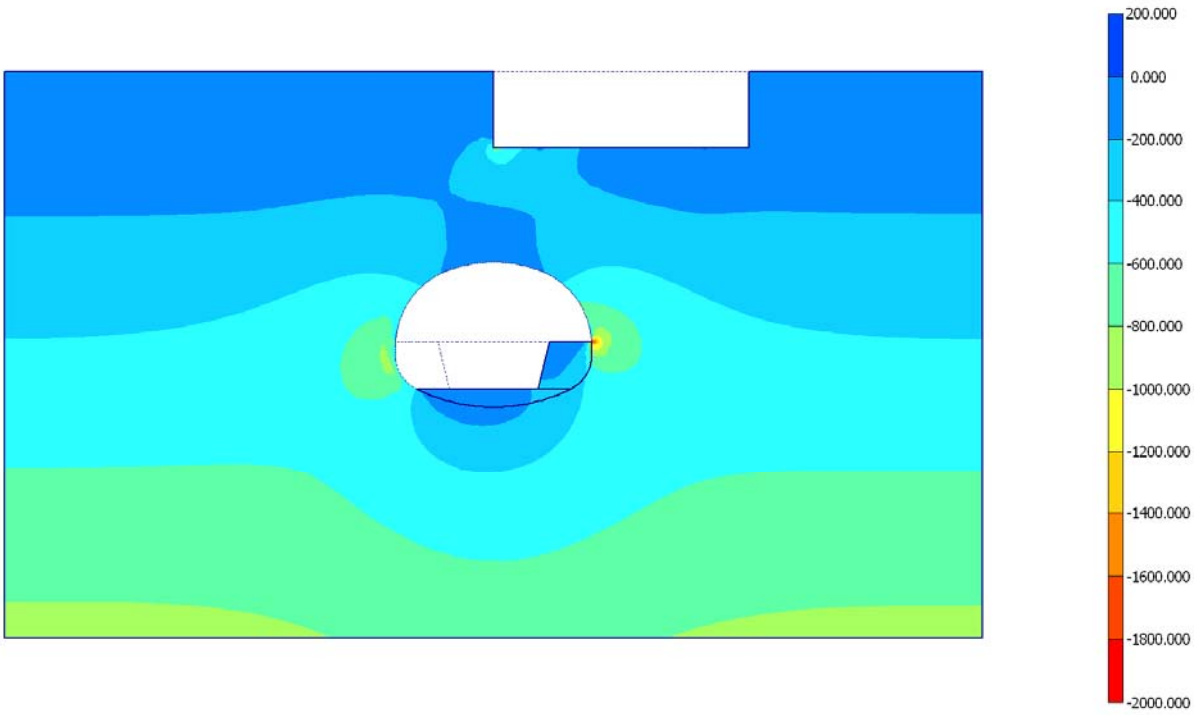


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 16 - (Phase: 6)

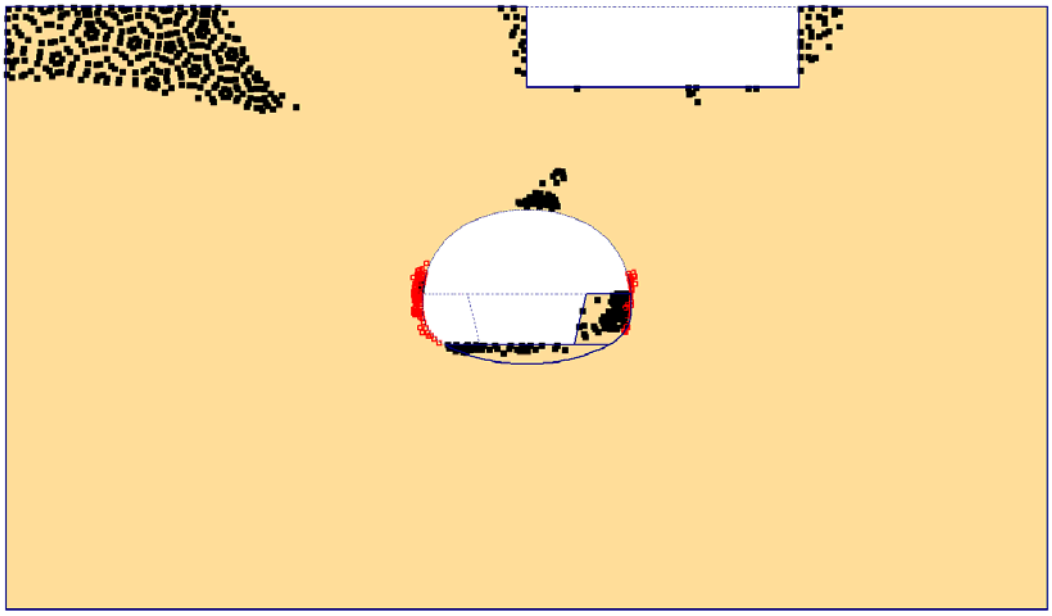


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 16 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

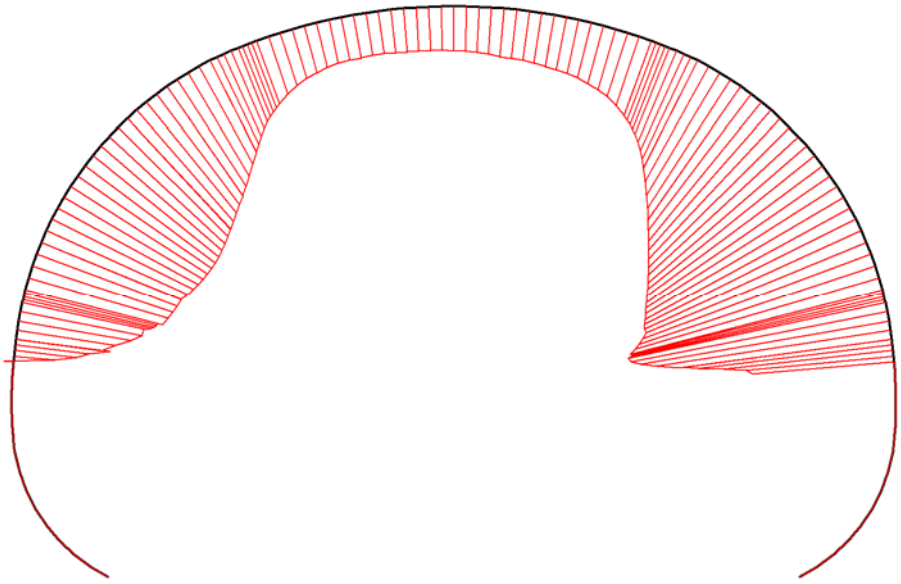


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -565,54 kN/m (Phase: 6)

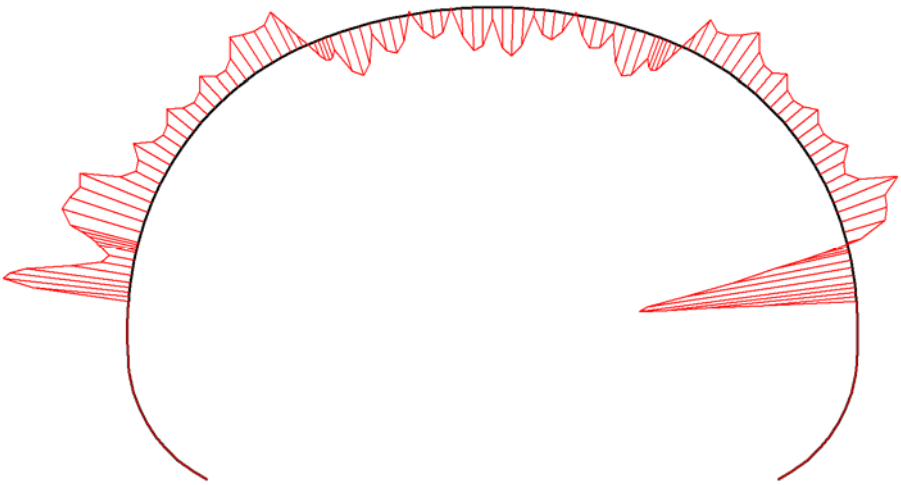


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value 5,77 kNm/m (Phase: 6)

11.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	6,419	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	6,290	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	6,316	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	6,470	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	6,196	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	5,301	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	4,496	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	4,023	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	3,596	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	3,131	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	2,650	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	2,481	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	1,219	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	6,611	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	6,895	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	7,029	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,525	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,469	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,774	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	4,509	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	4,376	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	4,355	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	4,554	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	5,605	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	7,632	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

12.Results for phase 7

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

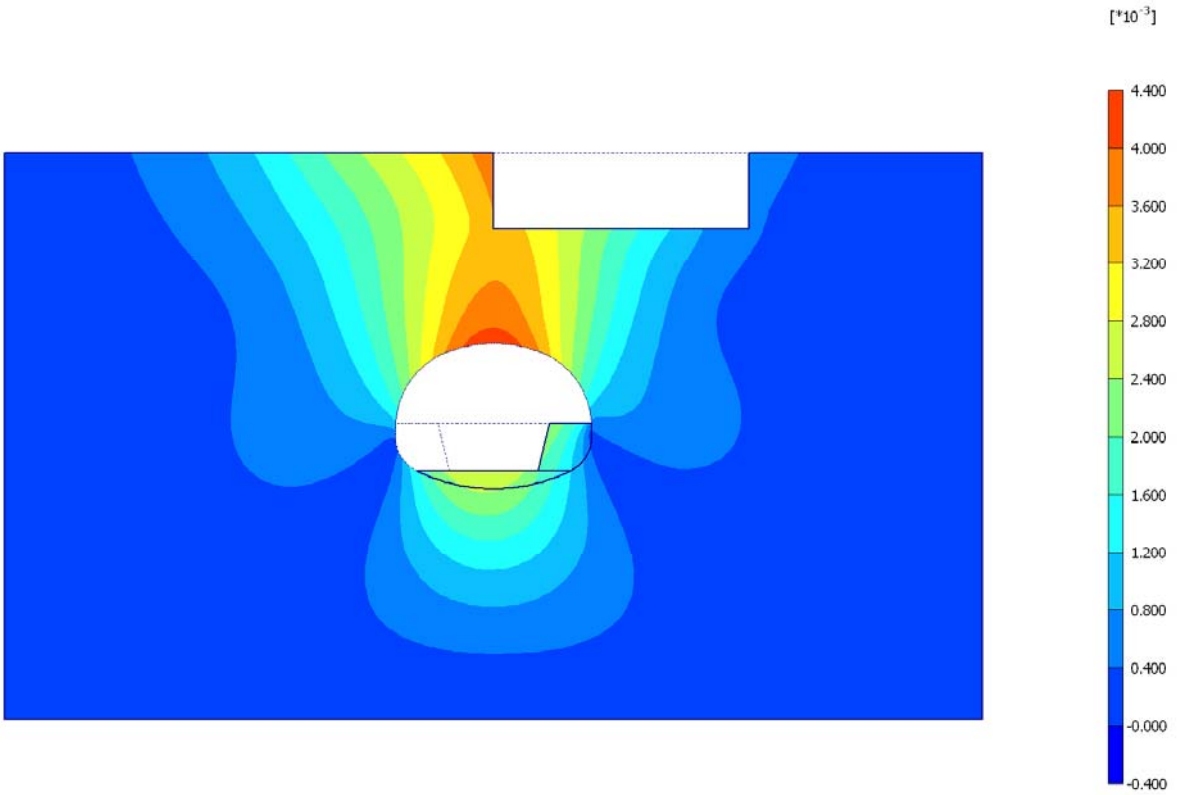


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 19 - (Phase: 7)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

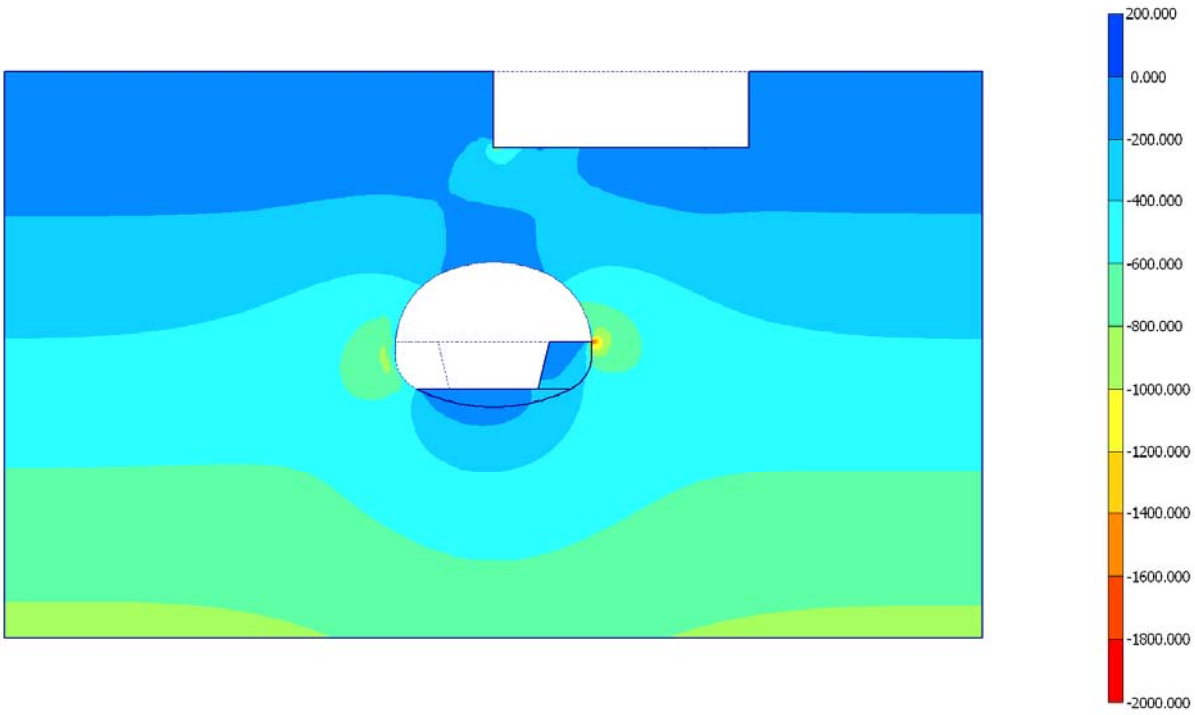


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 19 - (Phase: 7)

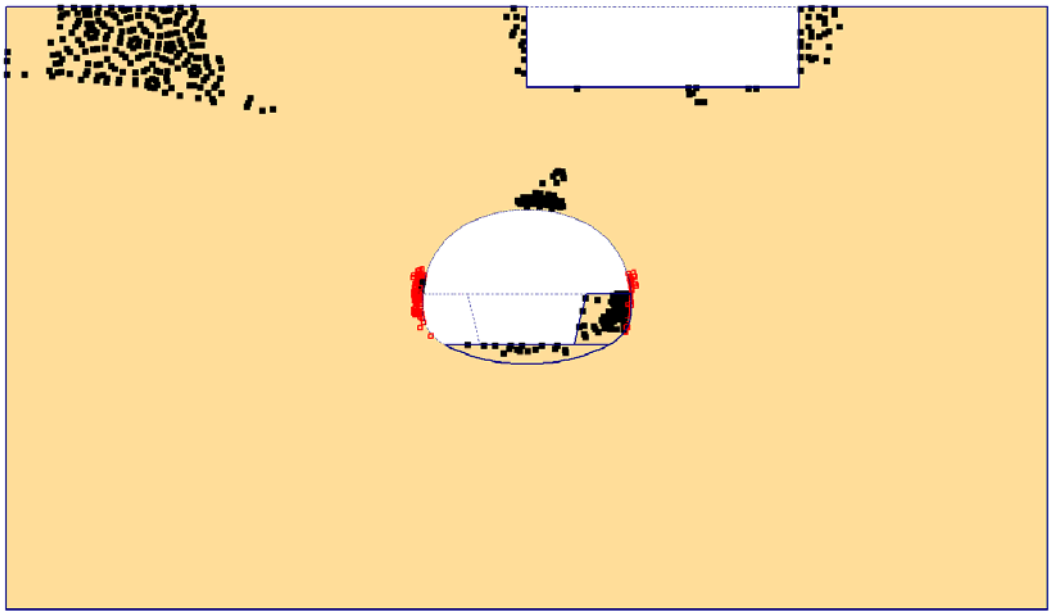


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 19 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

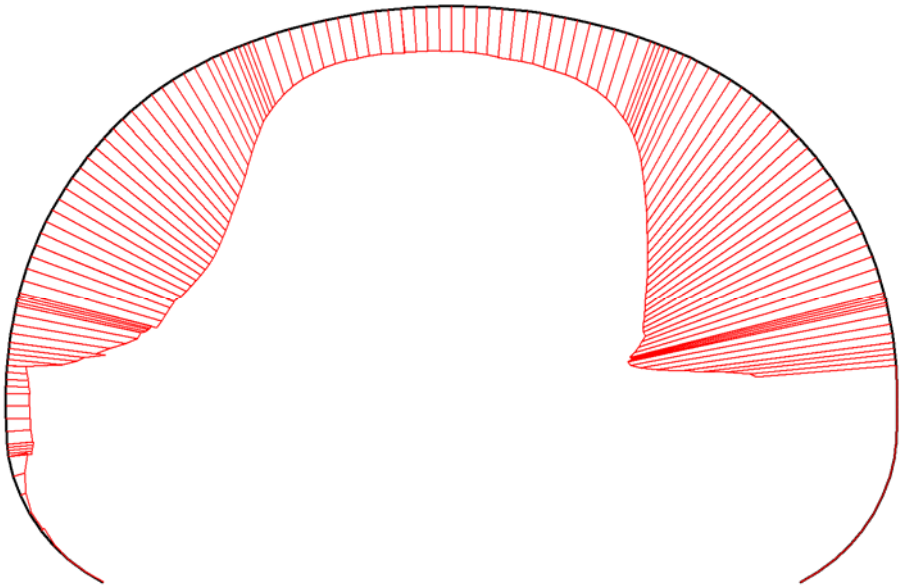


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -564,33 kN/m (Phase: 7)

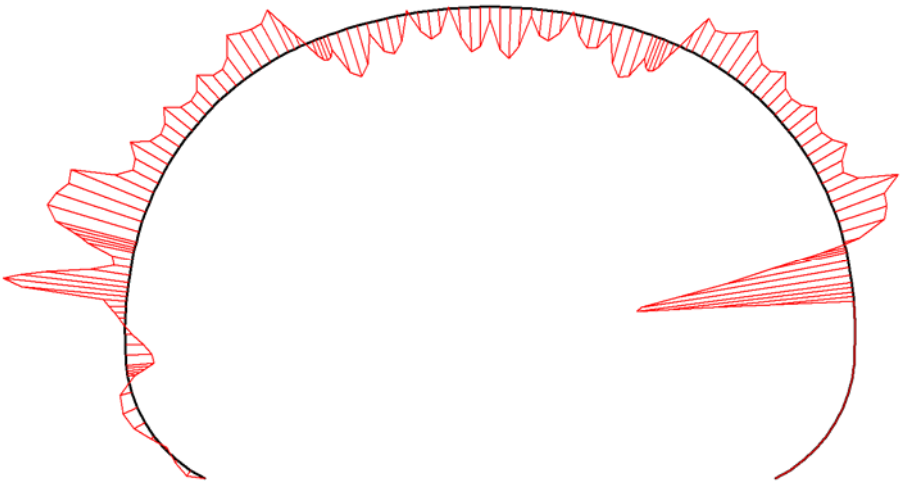


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value 5,57 kNm/m (Phase: 7)

12.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	6,432	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	6,312	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	6,334	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	6,479	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	6,204	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	5,310	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	4,507	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	4,035	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	3,610	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	3,147	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	2,671	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	2,512	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	1,284	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	6,614	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	6,899	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	7,037	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,537	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,487	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,798	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	4,541	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	4,416	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	4,402	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	4,604	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	5,760	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	8,010	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,399	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,406	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

13.Results for phase 8

13.1 *Deformations*

13.1.1 Plot of total displacements

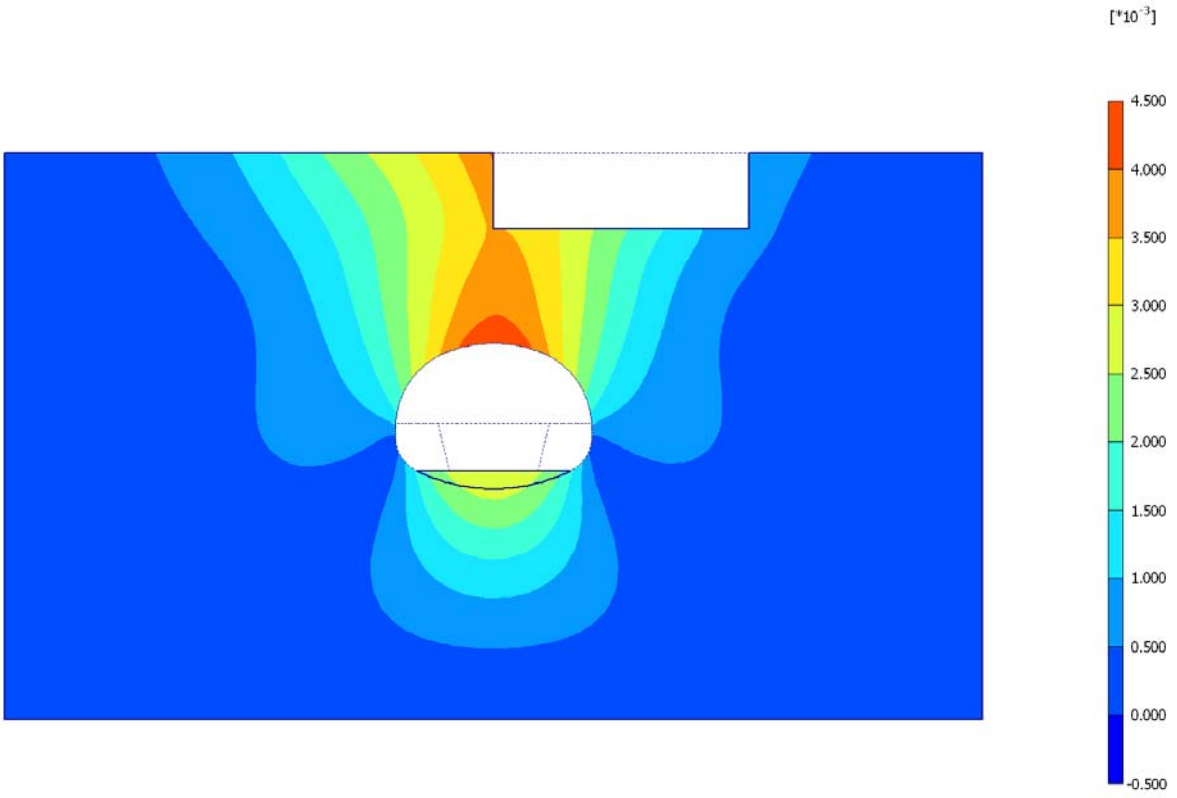


Fig. 39 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 8)

13.2 *Stresses*

13.2.1 Plot of total stresses

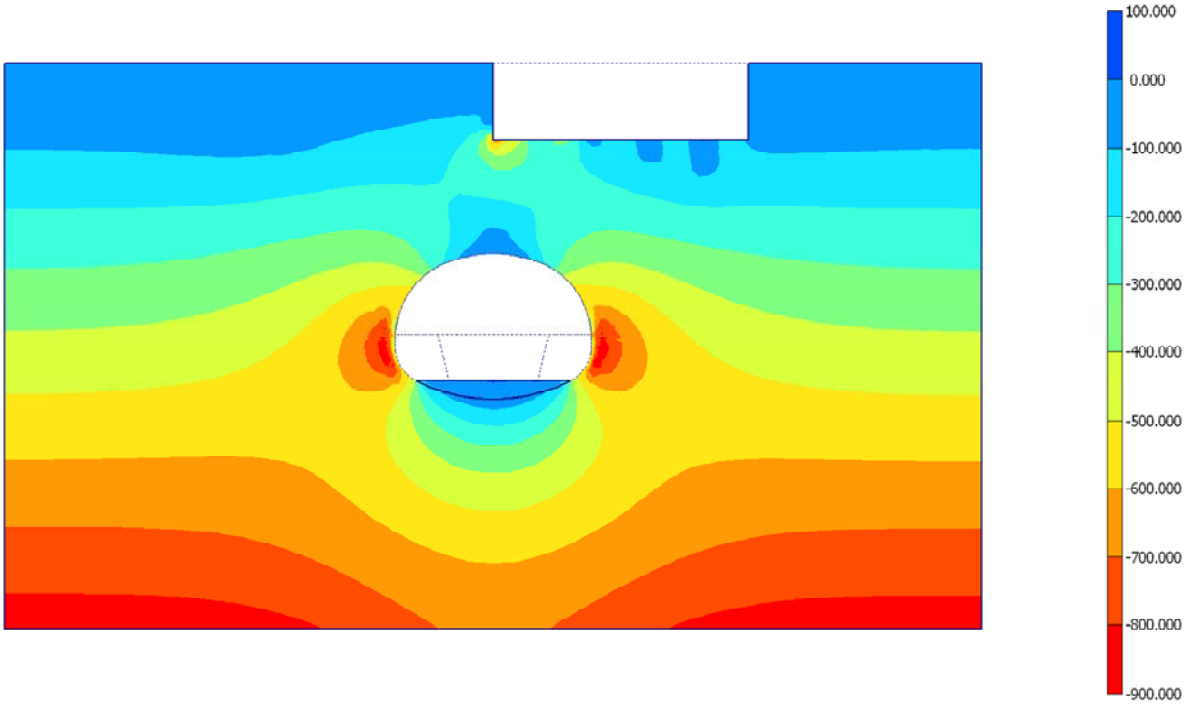


Fig. 40 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 8)

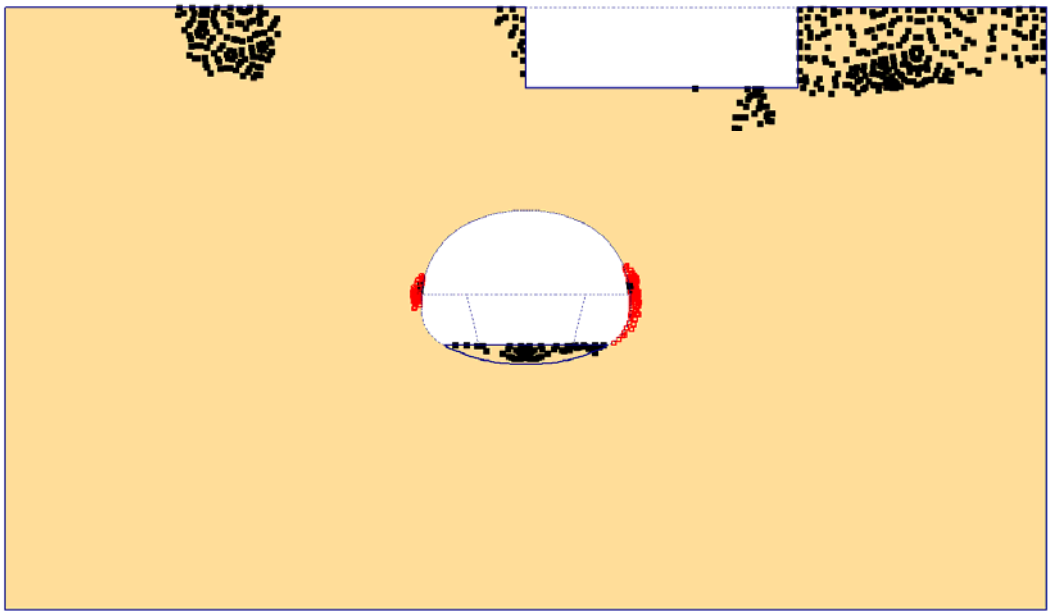


Fig. 41 Plot of plastic points
- Step no: 22 - (Phase: 8)

13.3 *Structures*

13.3.1 Beams

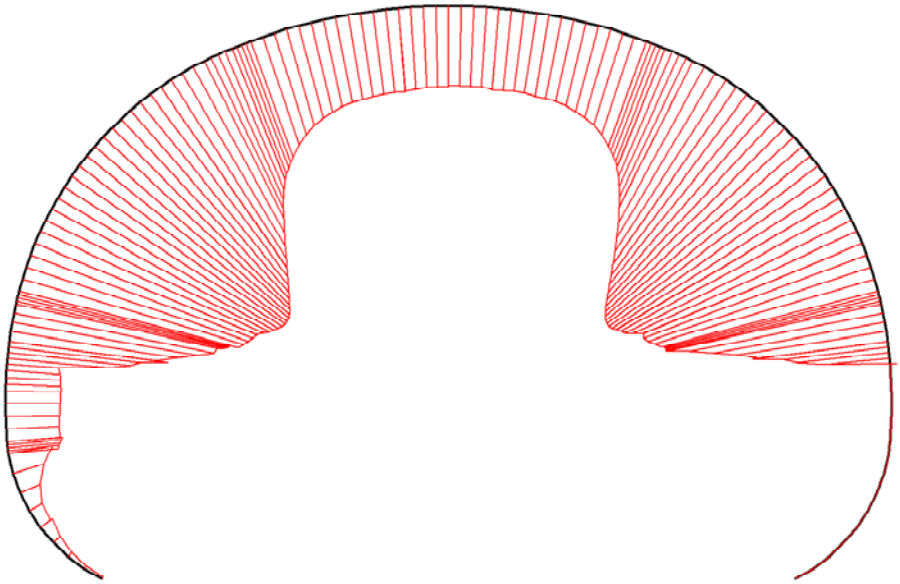


Fig. 42 Axial forces in beam
Extreme value -392,35 kN/m (Phase: 8)

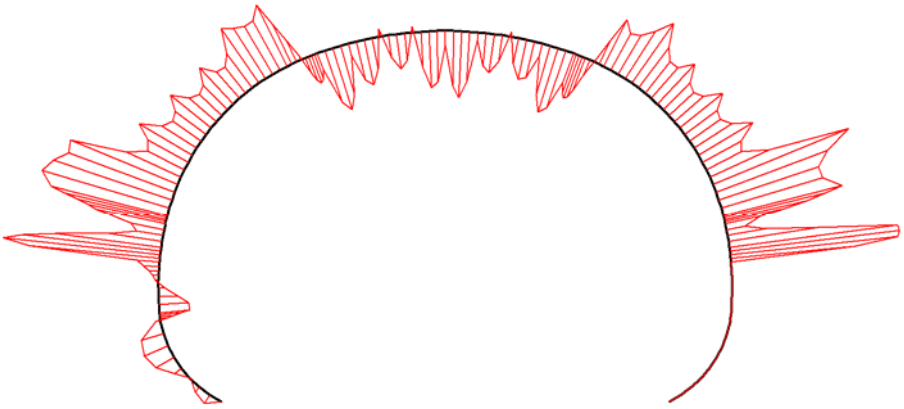


Fig. 43 Bending moments in beam
Extreme value -3,28 kNm/m (Phase: 8)

13.3.2 Anchors

Table [15] Anchors phase no: 8

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	6,564	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	6,410	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	6,400	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	6,539	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	6,307	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	5,506	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	4,870	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	4,654	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	4,574	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	4,567	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	4,728	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	5,875	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	7,956	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	6,760	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,036	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	7,152	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,621	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,534	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,818	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	4,539	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	4,396	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	4,369	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	4,562	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	5,715	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	8,031	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,422	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,386	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

14.Results for phase 9

14.1 *Deformations*

14.1.1 Plot of total displacements

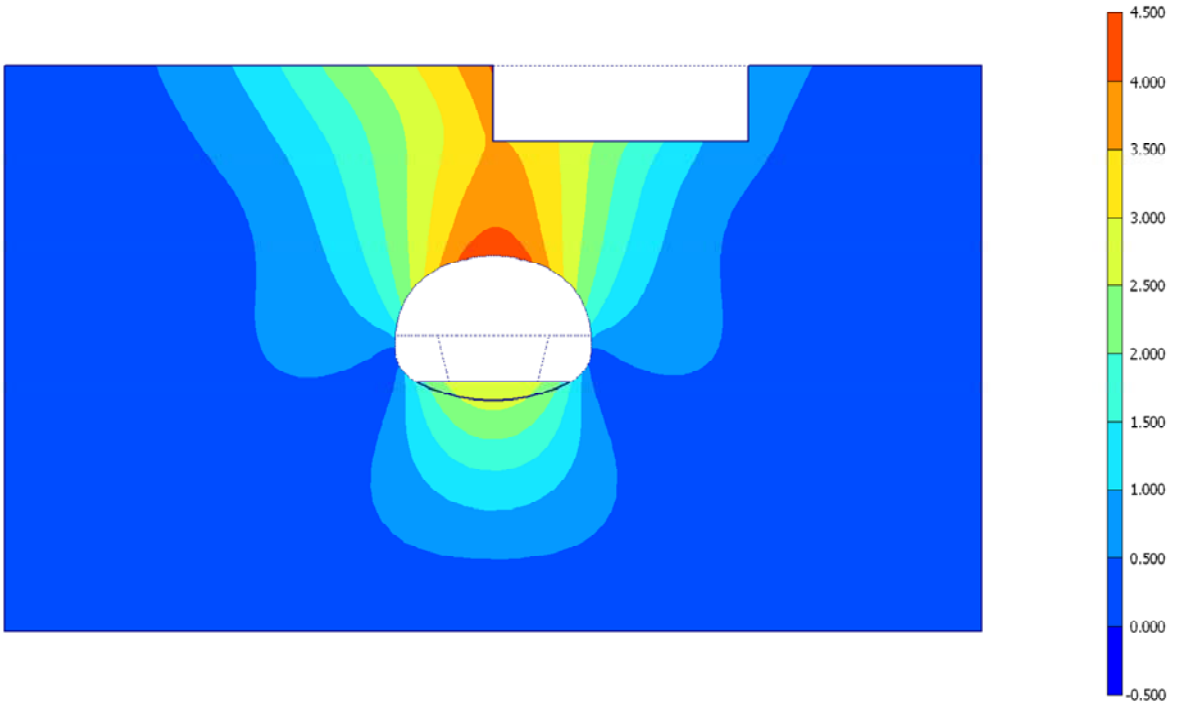


Fig. 44 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 25 - (Phase: 9)

14.2 *Stresses*

14.2.1 Plot of total stresses

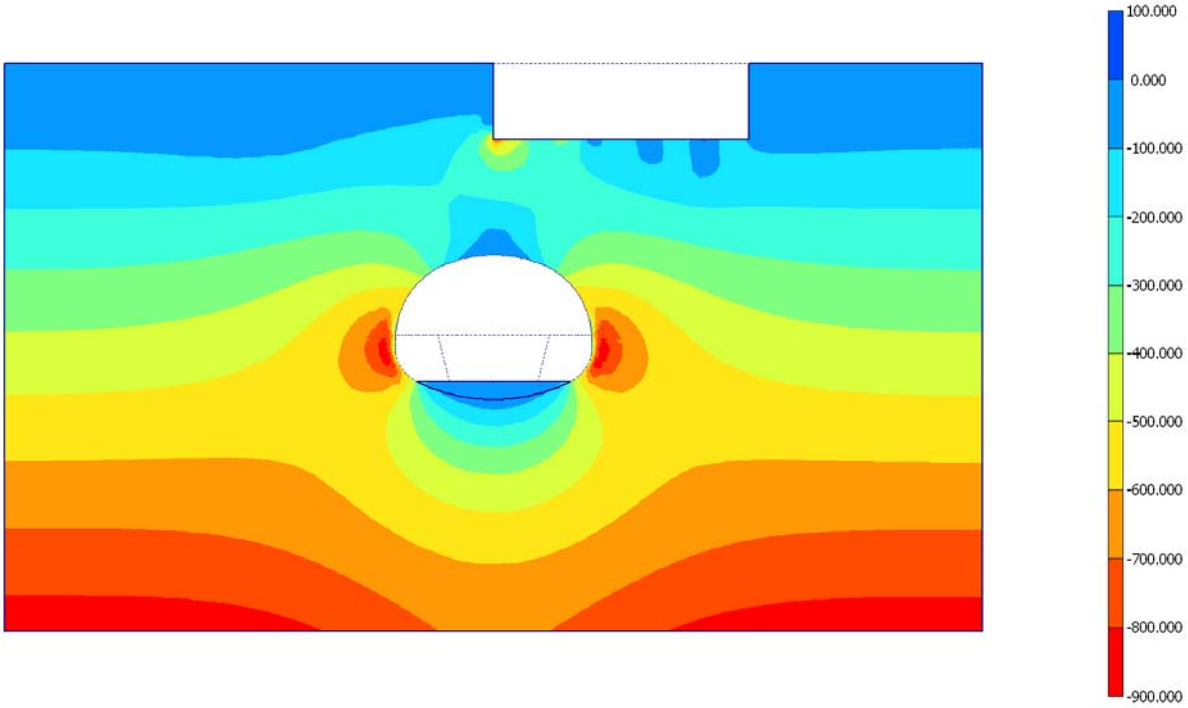


Fig. 45 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 25 - (Phase: 9)
-

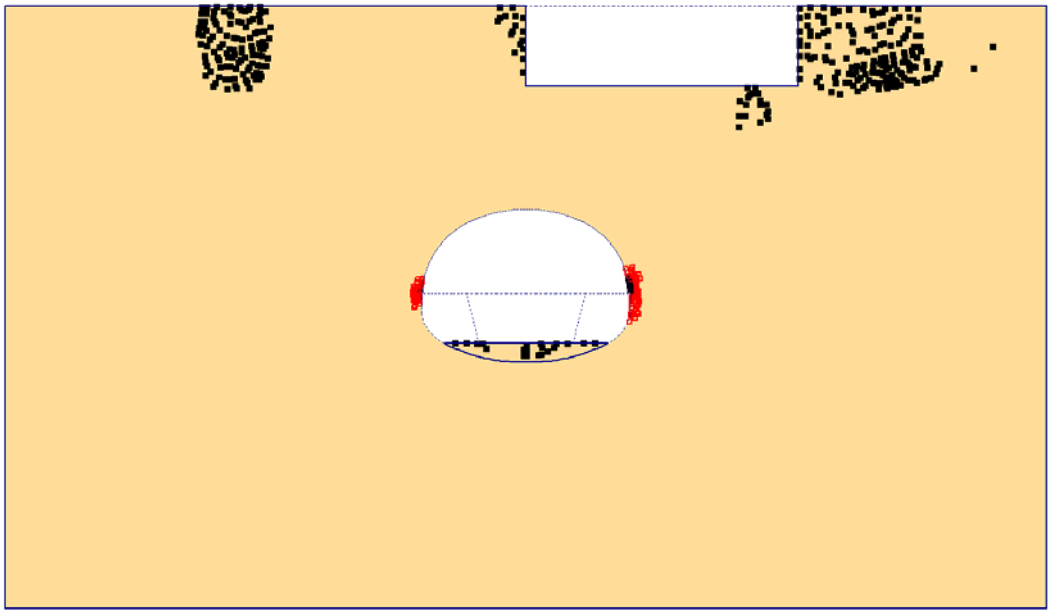


Fig. 46 Plot of plastic points
- Step no: 25 - (Phase: 9)

14.3 *Structures*

14.3.1 Beams

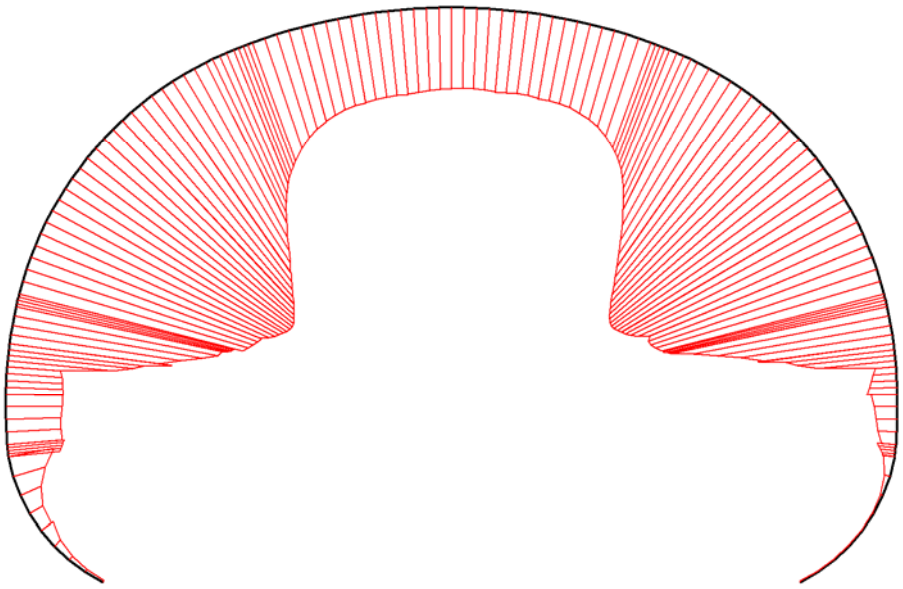


Fig. 47 Axial forces in beam
Extreme value -388,69 kN/m (Phase: 9)

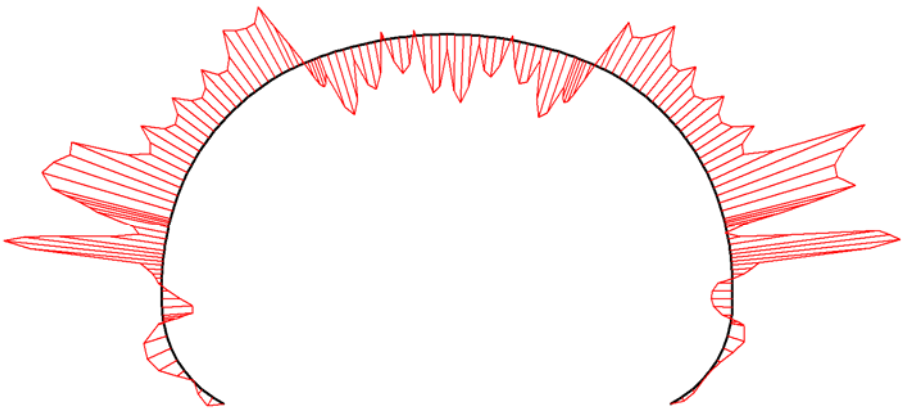


Fig. 48 Bending moments in beam
Extreme value -3,20 kNm/m (Phase: 9)

14.3.2 Anchors

Table [16] Anchors phase no: 9

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	6,568	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	6,413	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	6,403	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	6,543	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	6,313	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	5,518	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	4,887	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	4,679	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	4,606	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	4,603	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	4,763	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	6,059	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	8,300	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,319	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,197	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	6,765	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,042	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	7,157	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,625	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,537	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,821	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	4,541	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	4,398	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	4,371	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	4,564	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	5,715	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	8,034	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,425	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,386	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

15.Results for phase 10

15.1 *Deformations*

15.1.1 Plot of total displacements

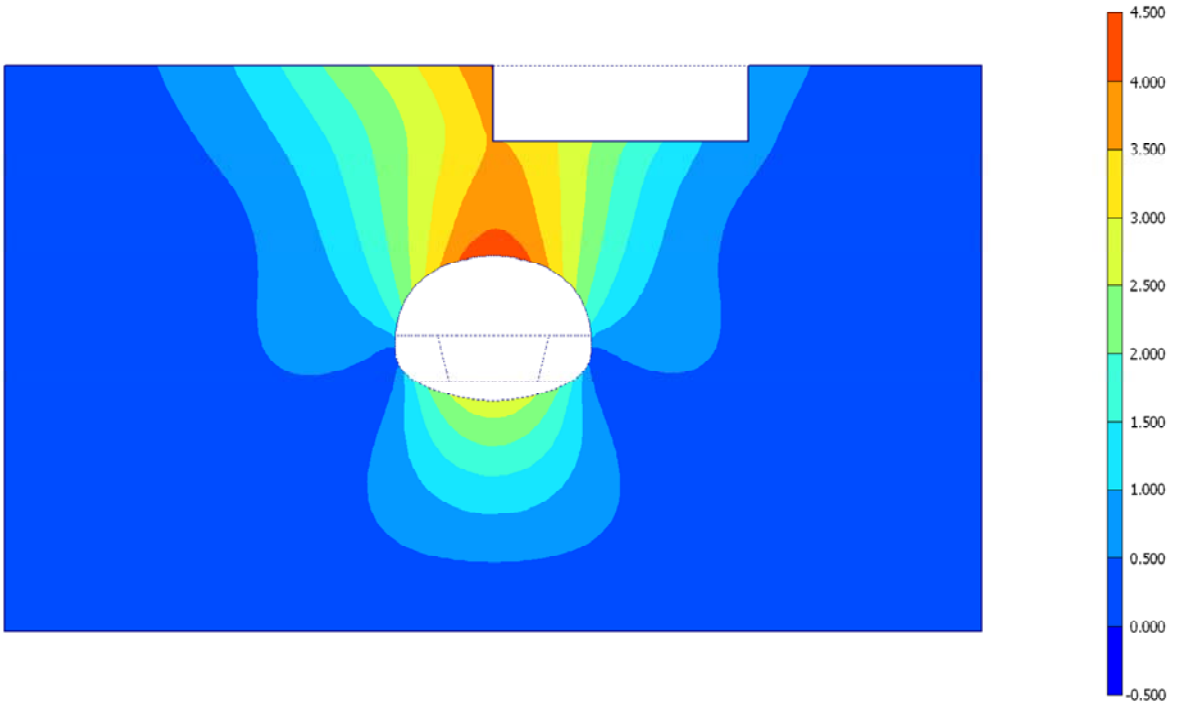


Fig. 49 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 27 - (Phase: 10)

15.2 *Stresses*

15.2.1 Plot of total stresses

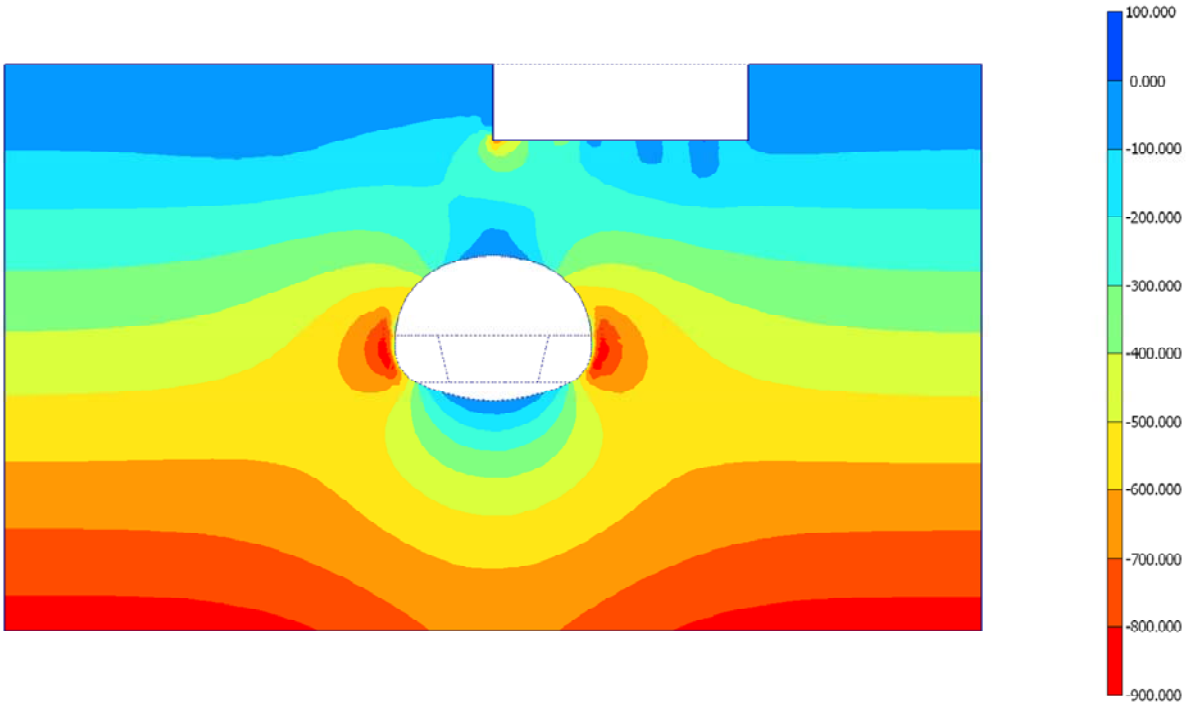


Fig. 50 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 27 - (Phase: 10)

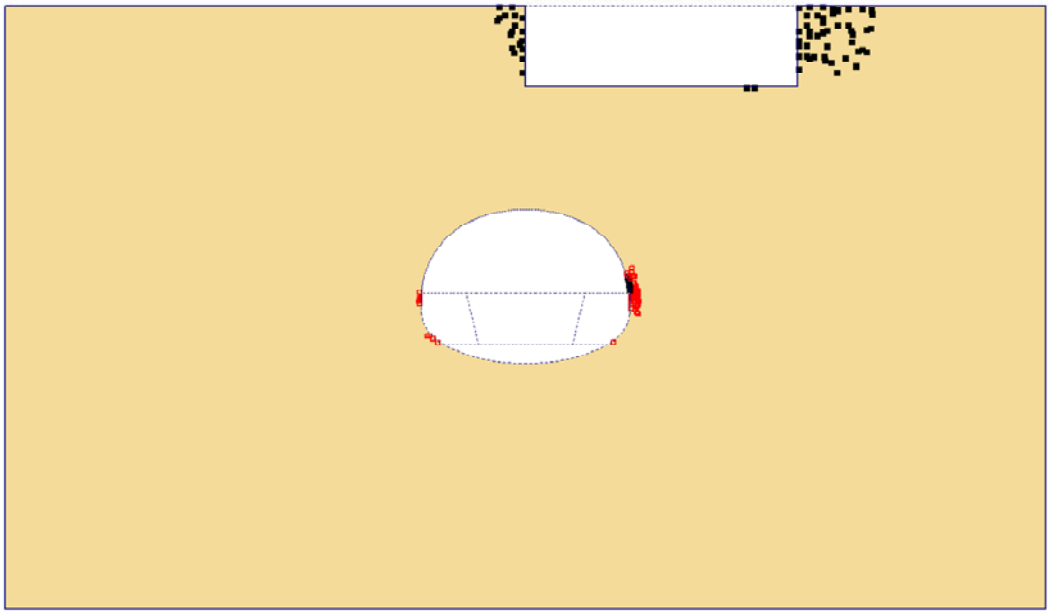


Fig. 51 Plot of plastic points
- Step no: 27 - (Phase: 10)

15.3 *Structures*

15.3.1 Beams

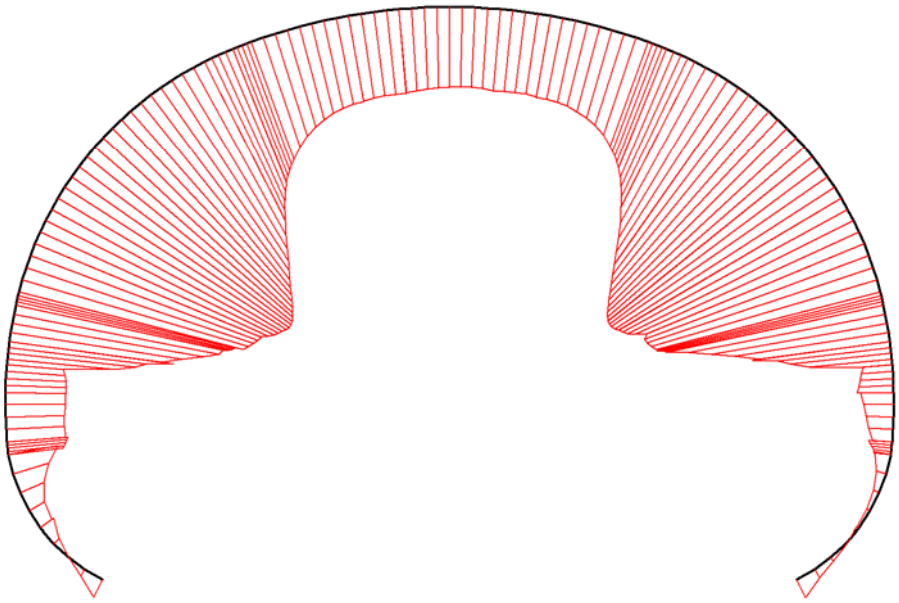


Fig. 52 Axial forces in beam
Extreme value -389,99 kN/m (Phase: 10)

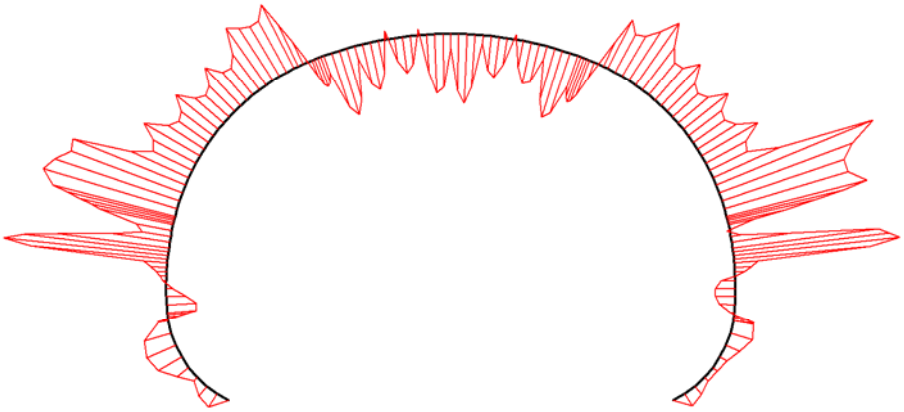


Fig. 53 Bending moments in beam
Extreme value -3,11 kNm/m (Phase: 10)

15.3.2 Anchors

Table [17] Anchors phase no: 10

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
1	4585 5005	0,000 0,000	7,416 13,416	6,566	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	5527 5021	1,530 1,009	13,346 7,372	6,411	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	5553 5203	3,050 2,011	13,146 7,240	6,400	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	6125 5219	4,540 2,993	12,816 7,023	6,539	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	6325 5653	6,000 3,954	12,366 6,721	6,308	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	6489 6099	7,590 4,885	11,676 6,326	5,510	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	6805 6089	9,190 5,754	10,726 5,806	4,877	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	6795 5983	10,640 6,543	9,546 5,166	4,666	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	6785 5957	11,910 7,231	8,186 4,424	4,591	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	6759 5967	12,970 7,807	6,656 3,593	4,587	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	6769 6283	13,800 8,261	4,986 2,686	4,746	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	6643 5839	14,390 8,582	3,216 1,724	6,061	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	6151 5439	14,720 8,772	1,526 0,730	8,362	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	6015 5075	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,365	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	5871 4687	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,211	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	4921 4483	-1,530 -1,009	13,346 7,372	6,762	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4425 4205	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,037	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4135 4081	-4,540 -2,993	12,816 7,023	7,150	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4013 3881	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,616	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	3741 3517	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,526	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	3397 3495	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,808	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
22	3095 3349	-10,640 -6,543	9,546 5,166	4,527	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	2869 3339	-11,910 -7,231	8,186 4,424	4,382	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	2695 3329	-12,970 -7,807	6,656 3,593	4,354	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2327 3011	-13,800 -8,261	4,986 2,686	4,548	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2305 2737	-14,390 -8,582	3,216 1,724	5,703	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2251 2905	-14,720 -8,772	1,526 0,730	8,026	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2261 2885	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,425	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	1943 2587	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,396	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: CAVERNA ESTACION GALDAKAO. Sostenimiento E-3, Secc. B, RMR = 20

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-44,000	44,000
Y	-26,400	24,620

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Geometry

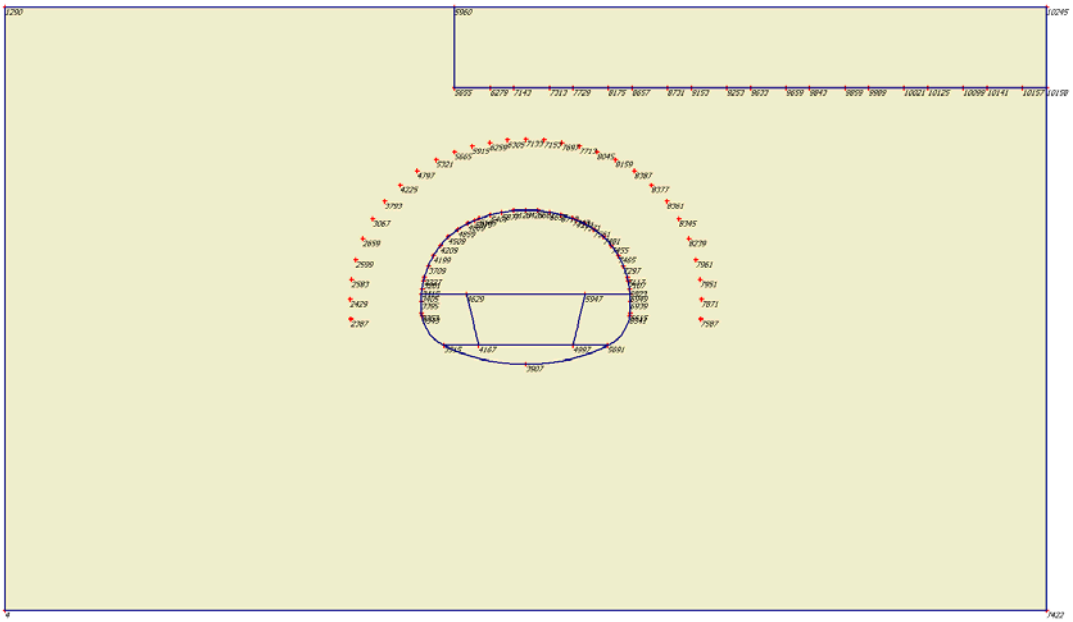


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

3. Structures

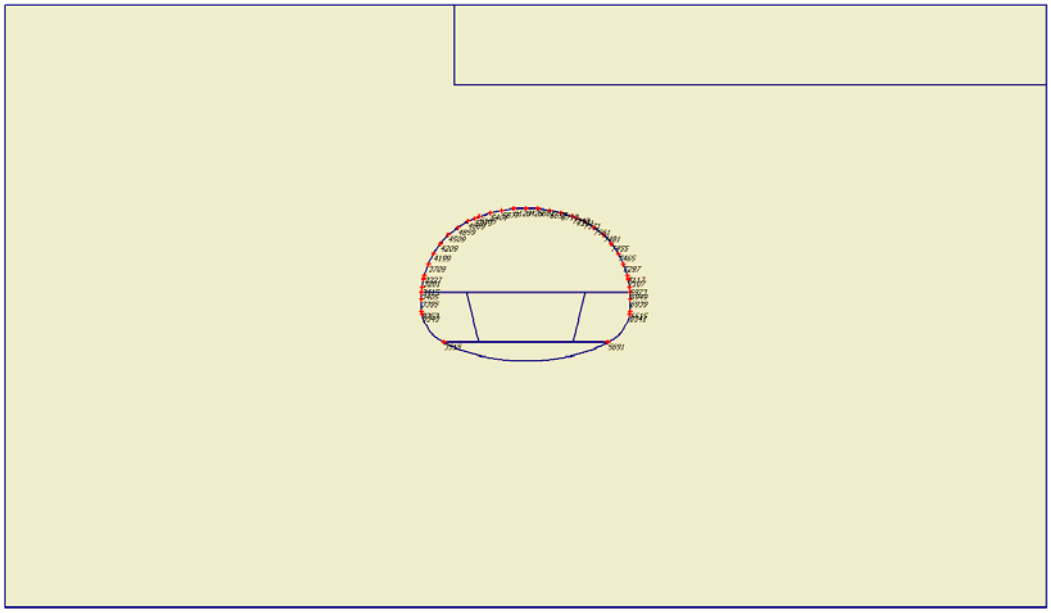


Fig. 2 Plot of geometry model with structures

4. Mesh data

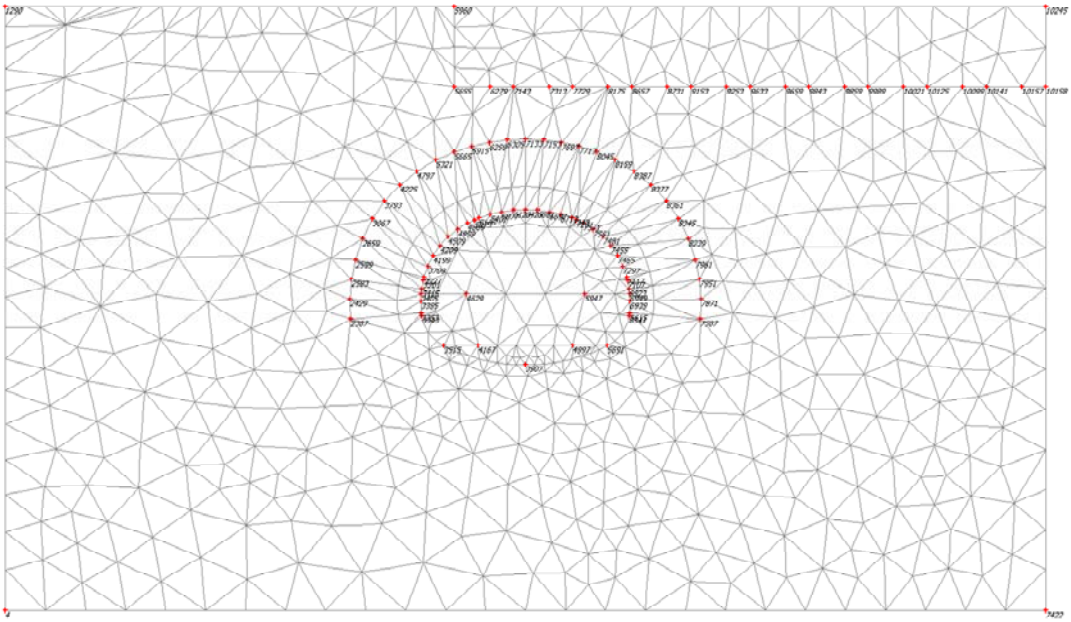


Fig. 3 Plot of the mesh with significant nodes

5. Material data

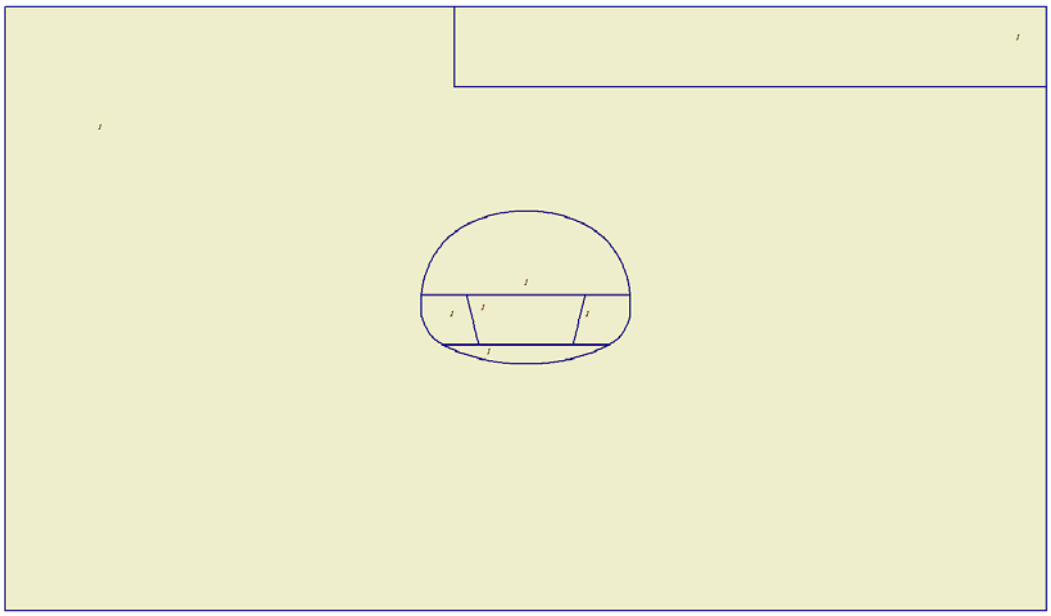


Fig. 4 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1** **Lut-are RMR20**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,50
γ_{sat}	[kN/m³]	26,50
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	640000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	246153,846
E_{oed}	[kN/m²]	861538,462
c_{ref}	[kN/m²]	90,00
φ	[°]	35,00
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	**Identification**	**EA** [kN/m]	**EI** [kNm²/m]	**w** [kN/m/m]	**ν** [-]	**Mp** [kNm/m]	**Np** [kN/m]
1	Gunita 25+cercha TH29 c1m	4,4E6	20200,00	6,53	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	**Identification**	**EA** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**L spacing** [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

6. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Total multipliers	1	1
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	2	4
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	5	9
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	10	30
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	31	34
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	35	58
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	59	60
<Phase 8>	8	7	Plastic analysis	Staged construction	61	74
<Phase 9>	9	8	Plastic analysis	Staged construction	75	76
<Phase 10>	10	9	Plastic analysis	Staged construction	77	78

7. Results for phase 1

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

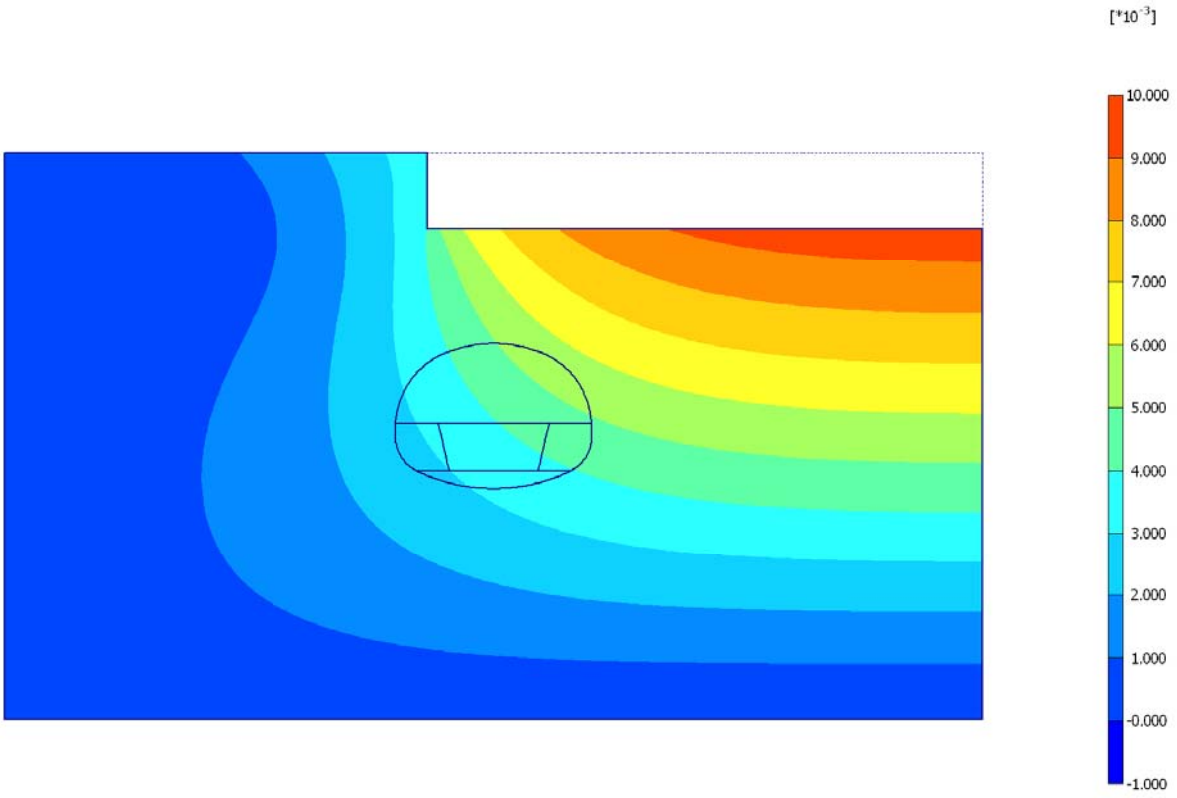


Fig. 5 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 1 - (Phase: 1)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

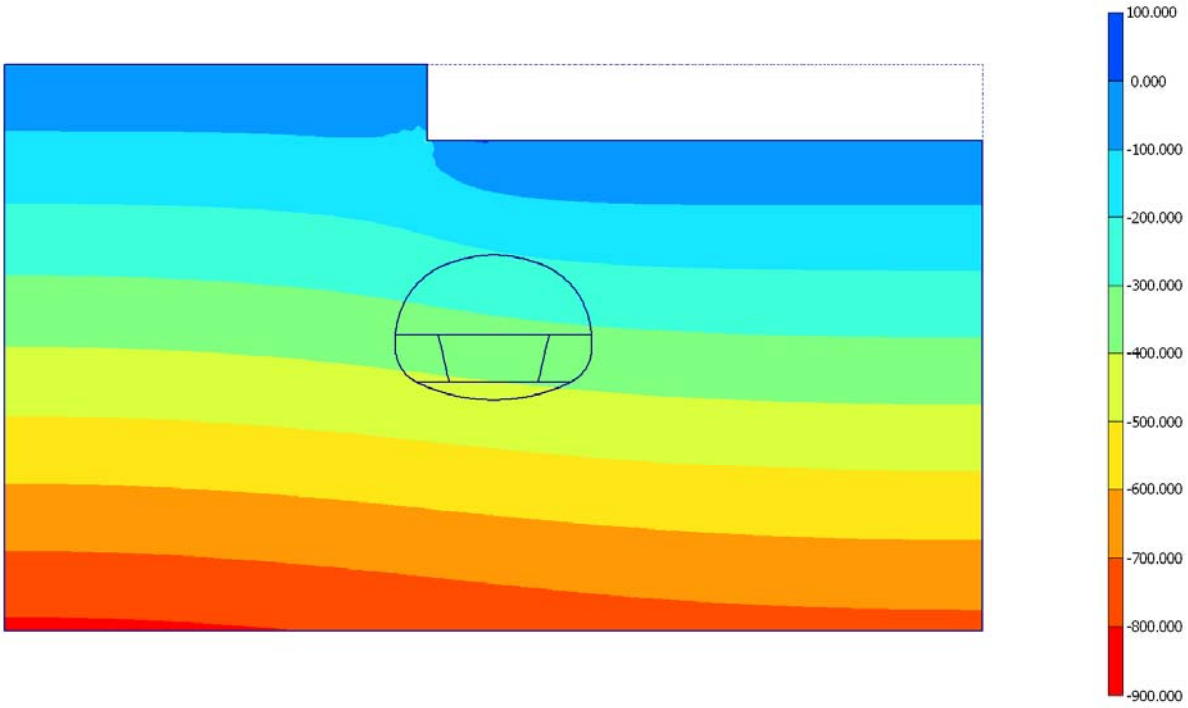


Fig. 6 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 1 - (Phase: 1)

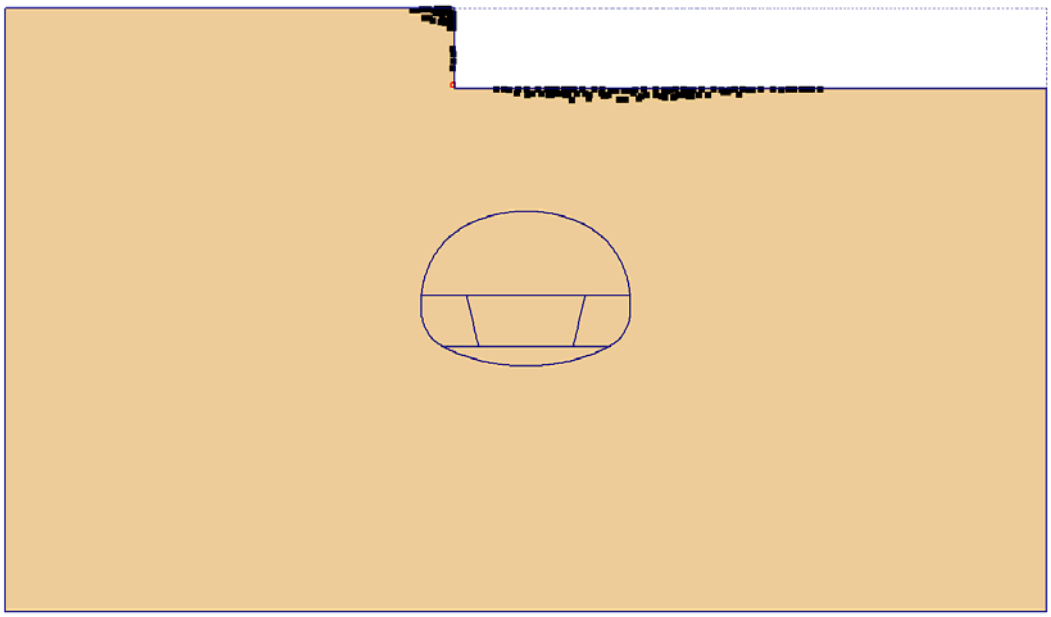


Fig. 7 Plot of plastic points
- Step no: 1 - (Phase: 1)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

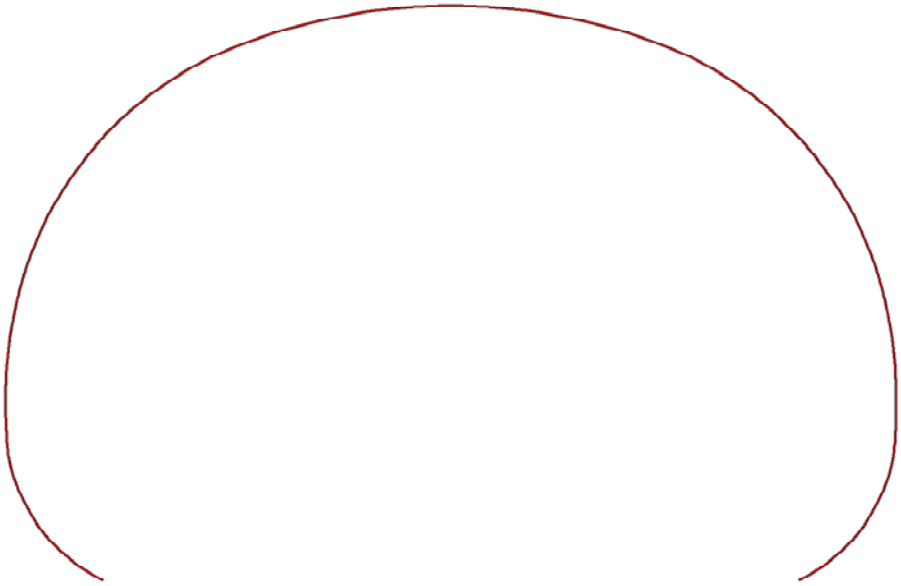


Fig. 8 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

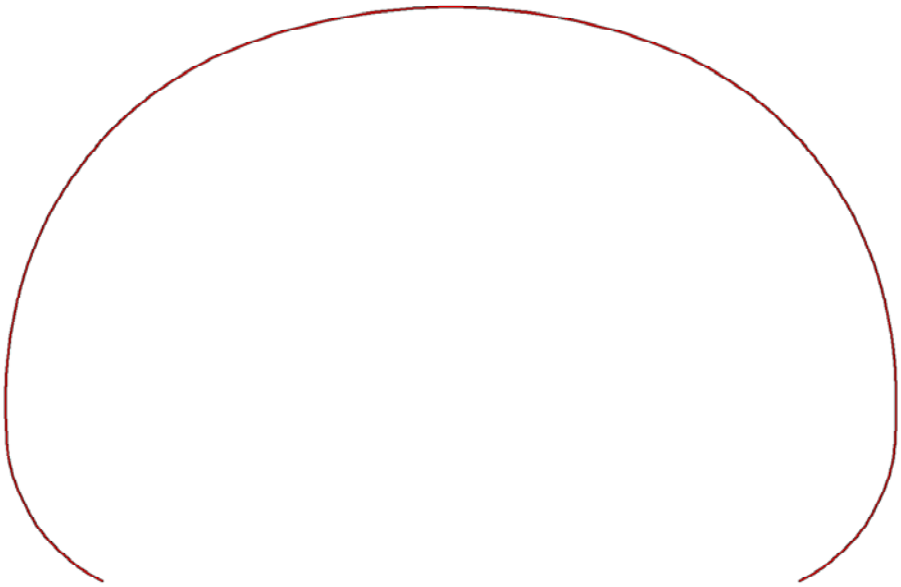


Fig. 9 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

7.3.2 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

8. Results for phase 2

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

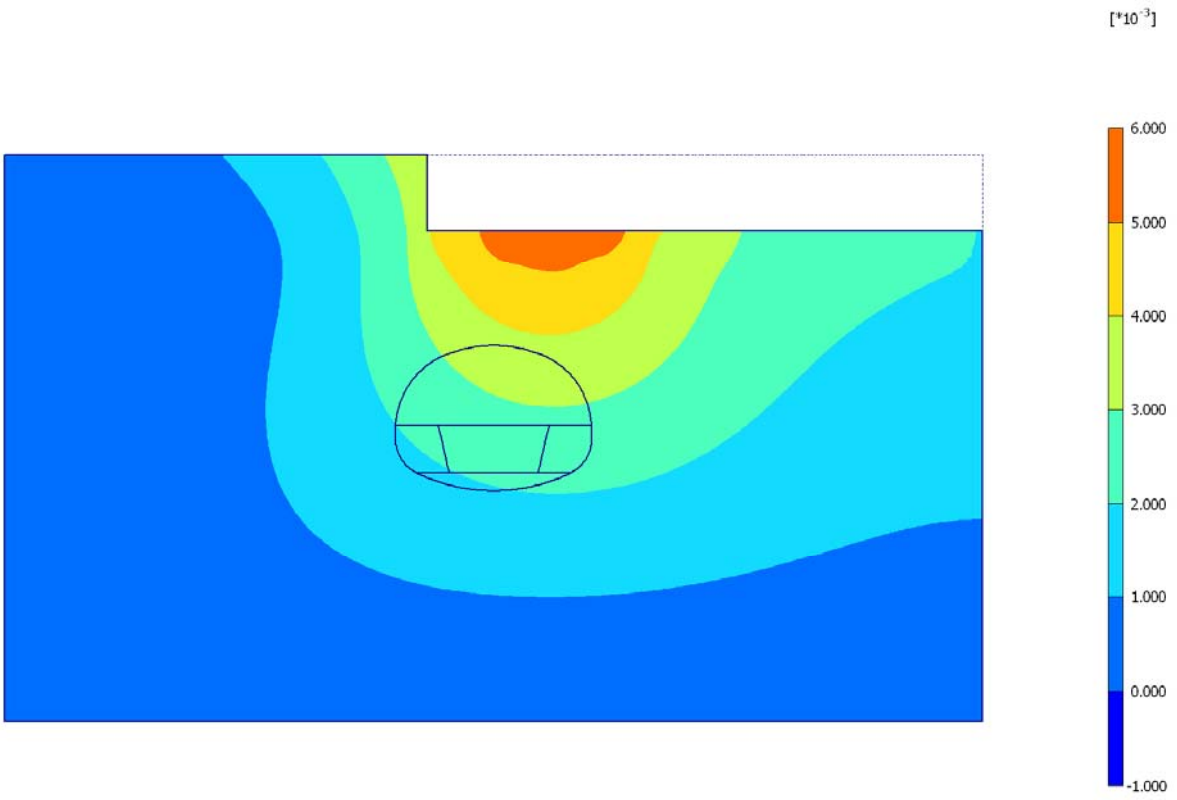


Fig. 10 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 4 - (Phase: 2)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

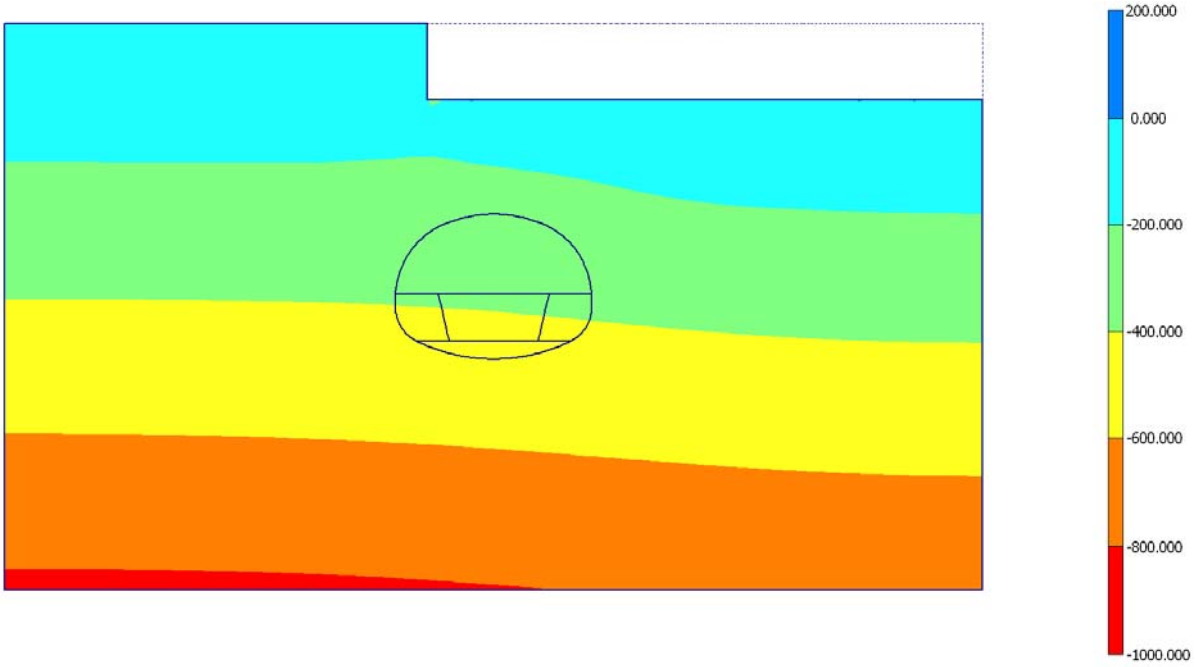


Fig. 11 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 4 - (Phase: 2)

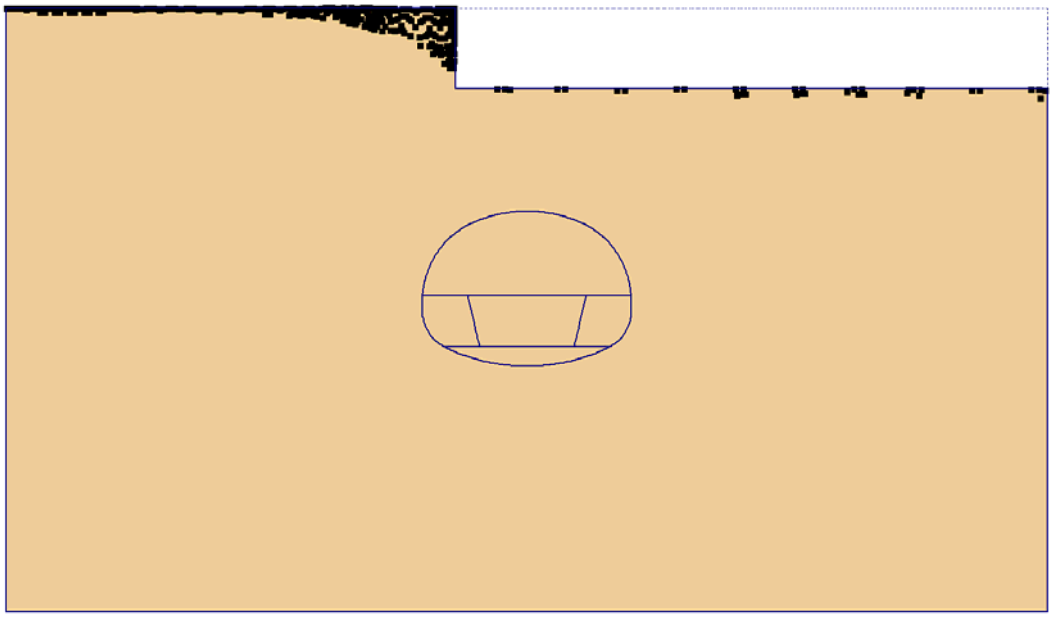


Fig. 12 Plot of plastic points
- Step no: 4 - (Phase: 2)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

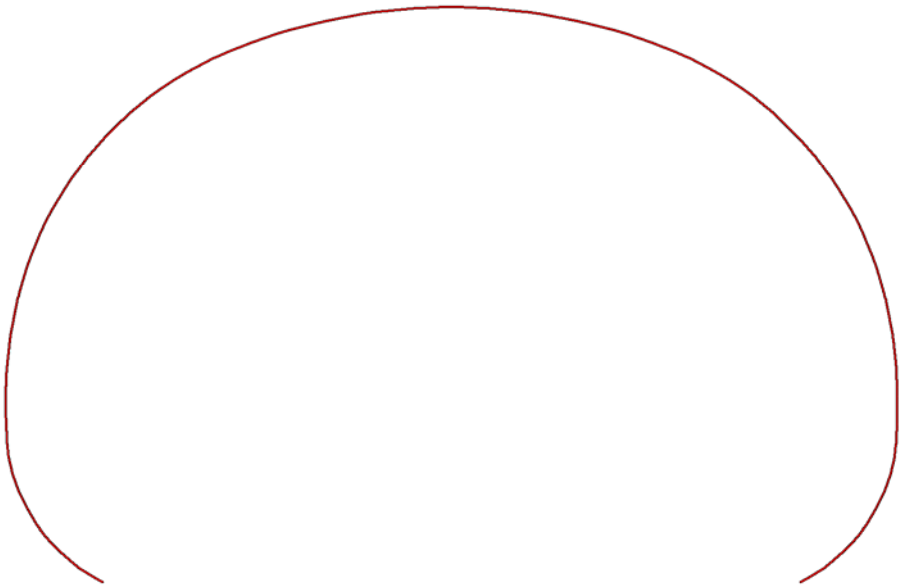


Fig. 13 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 2)

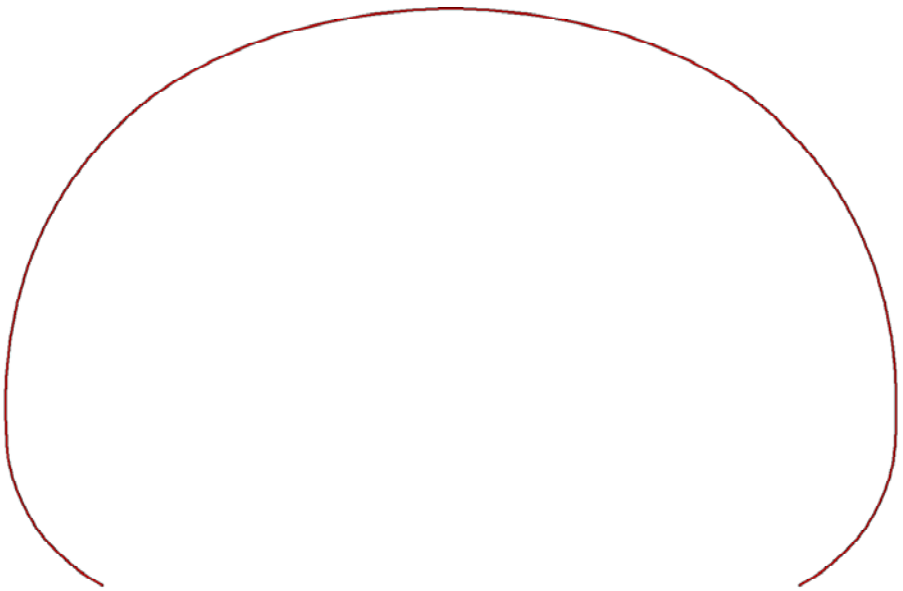


Fig. 14 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 2)

8.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

9. Results for phase 3

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

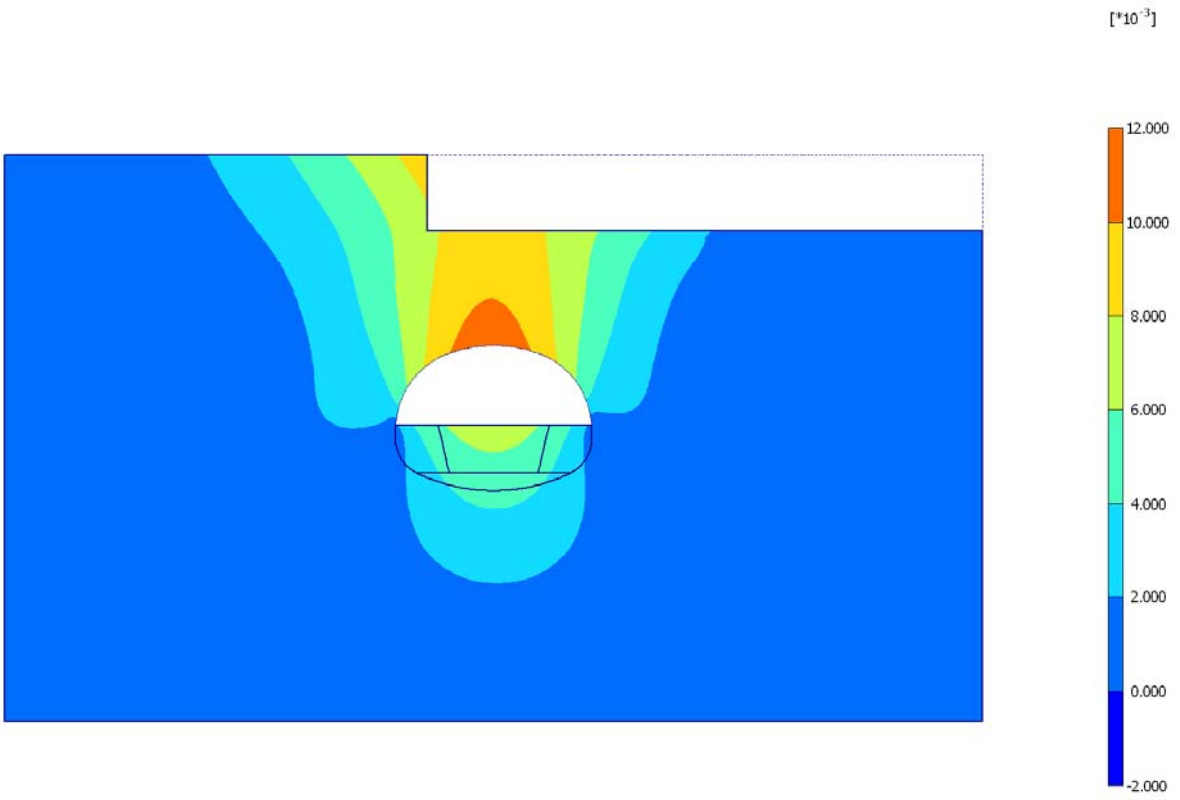


Fig. 15 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 9 - (Phase: 3)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

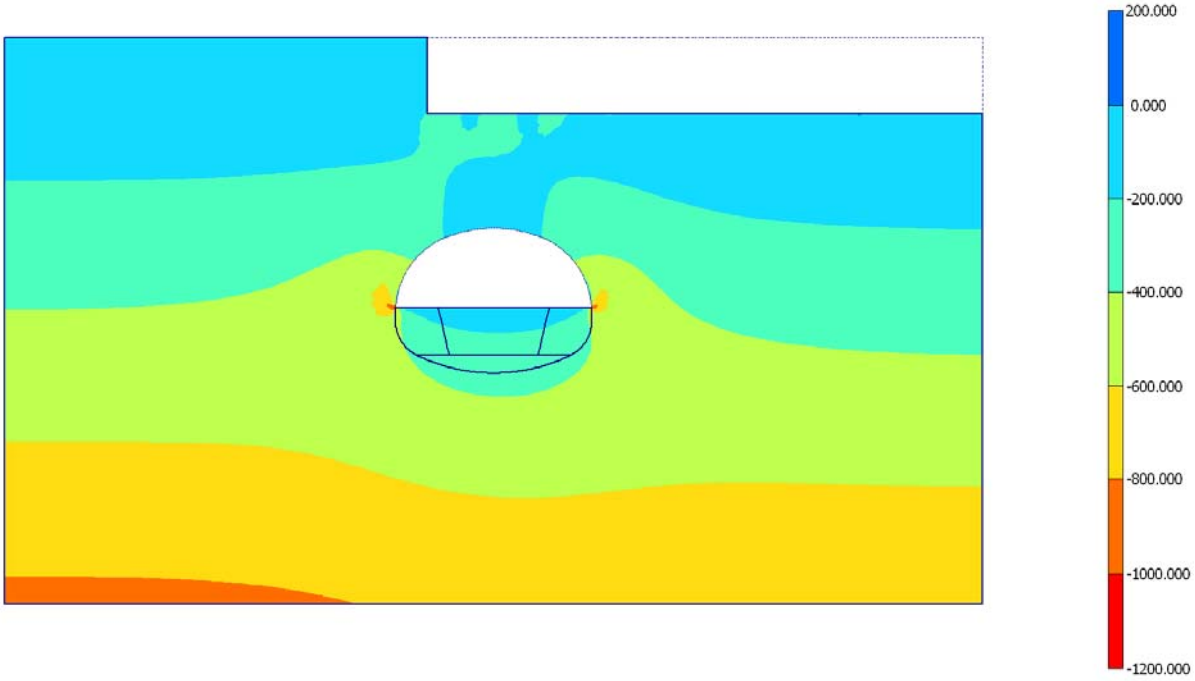


Fig. 16 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 9 - (Phase: 3)

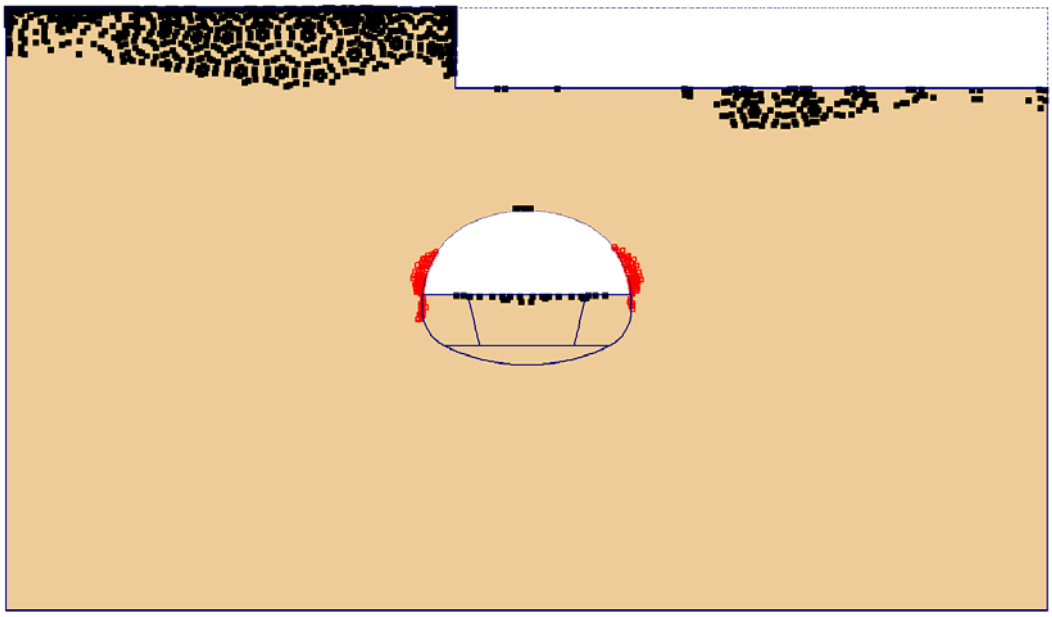


Fig. 17 Plot of plastic points
- Step no: 9 - (Phase: 3)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

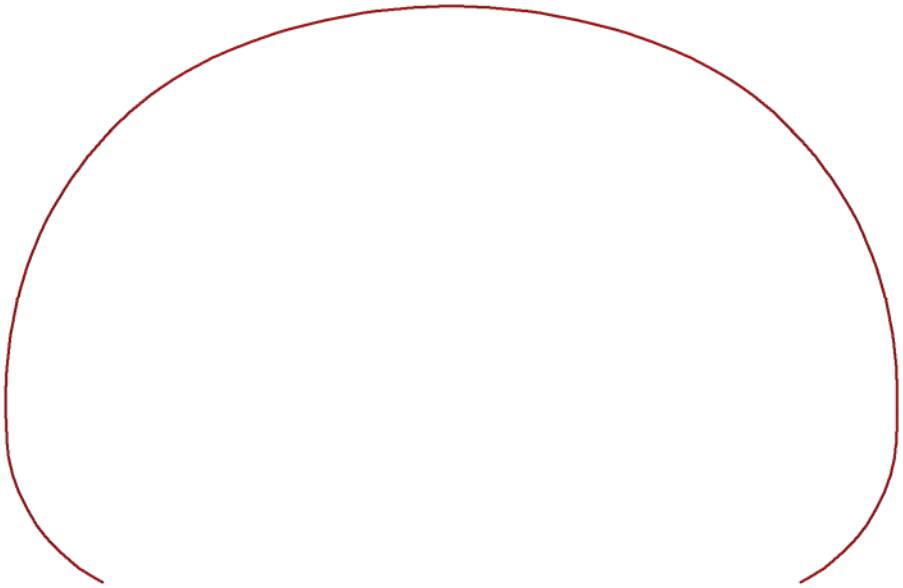


Fig. 18 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 3)

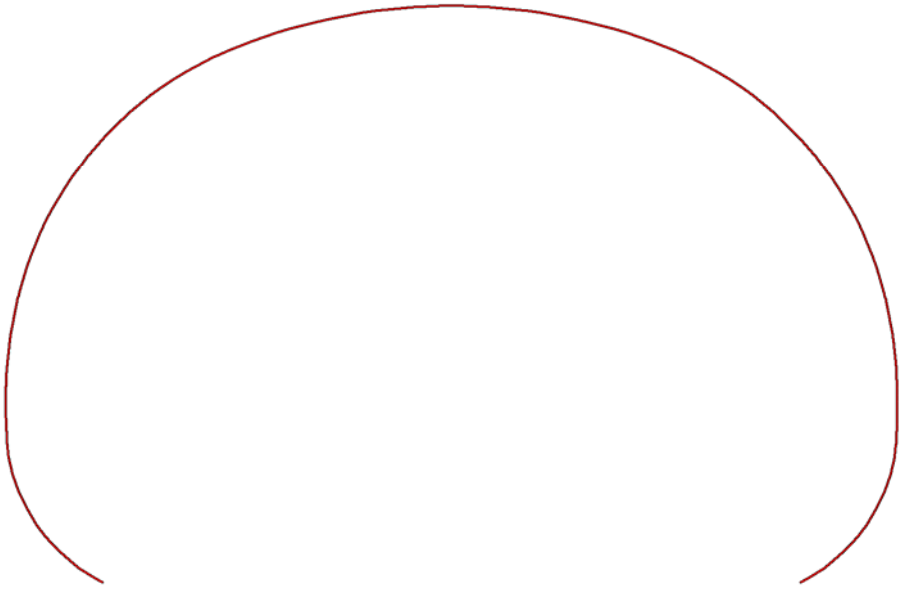


Fig. 19 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 3)

9.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

10.Results for phase 4

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

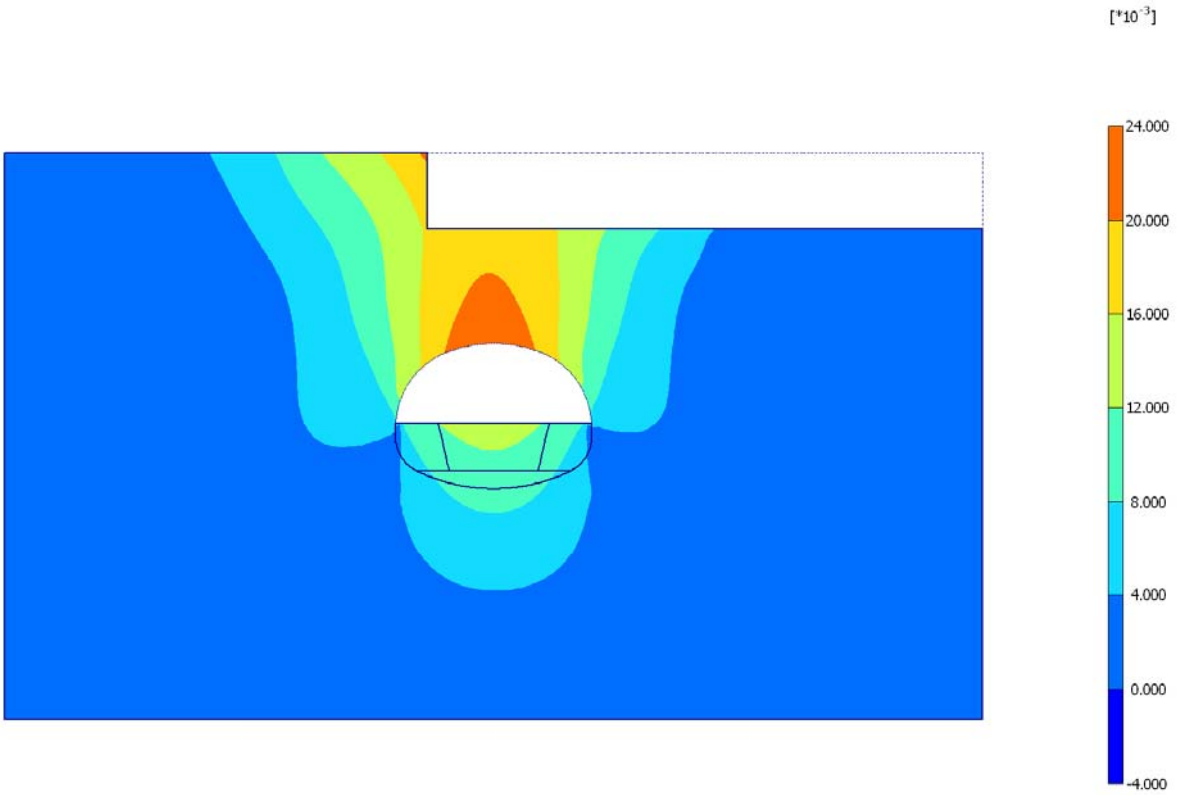


Fig. 20 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 4)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

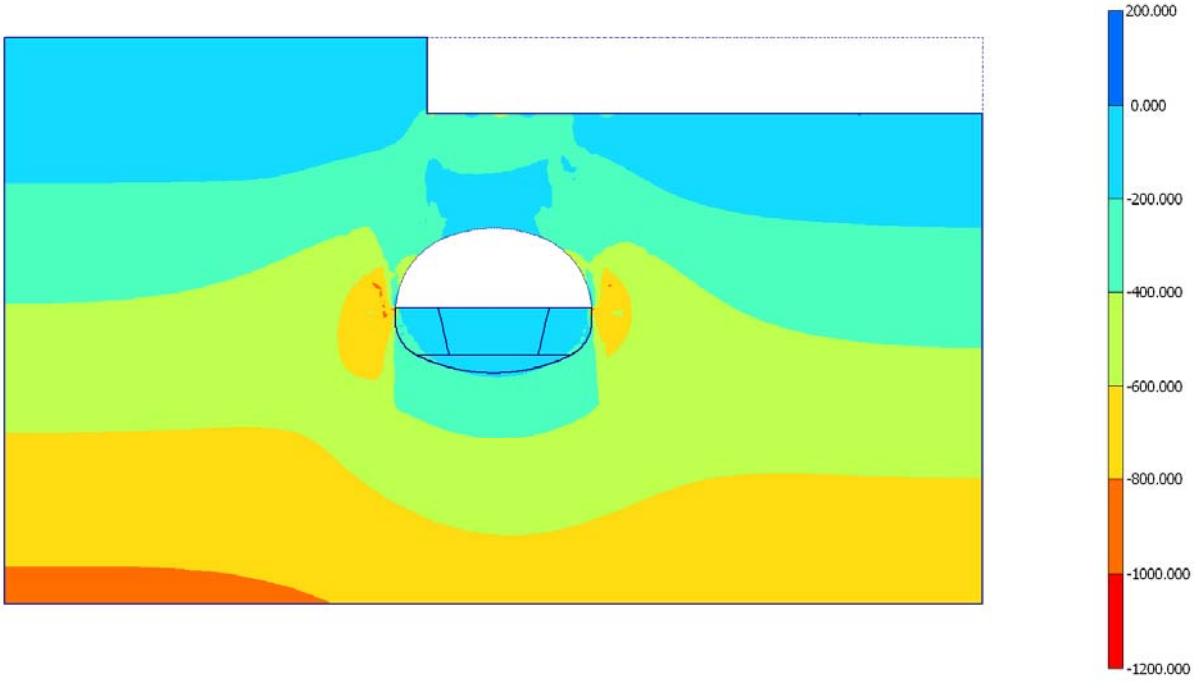


Fig. 21 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 4)



Fig. 22 Plot of plastic points
- Step no: 30 - (Phase: 4)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

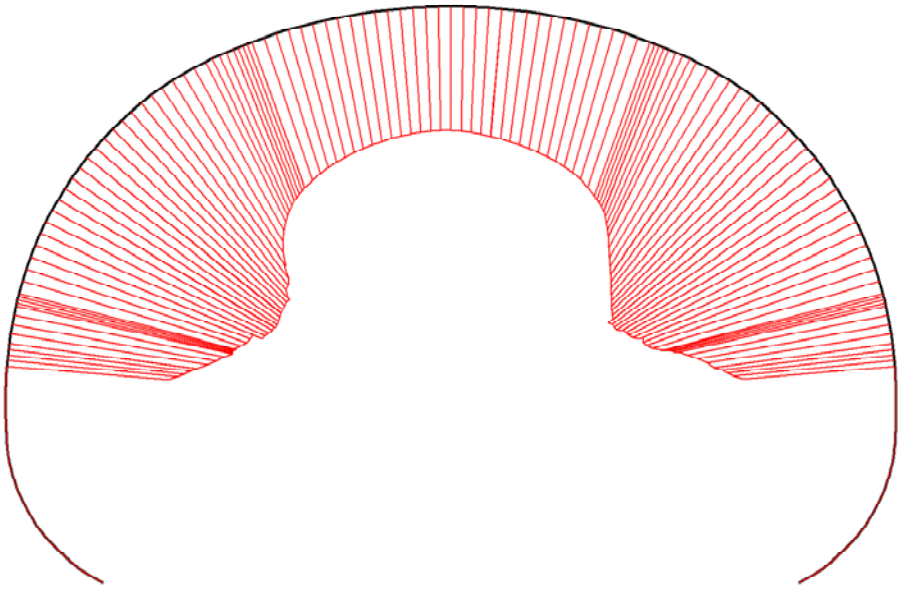


Fig. 23 Axial forces in beam
Extreme value -955,44 kN/m (Phase: 4)

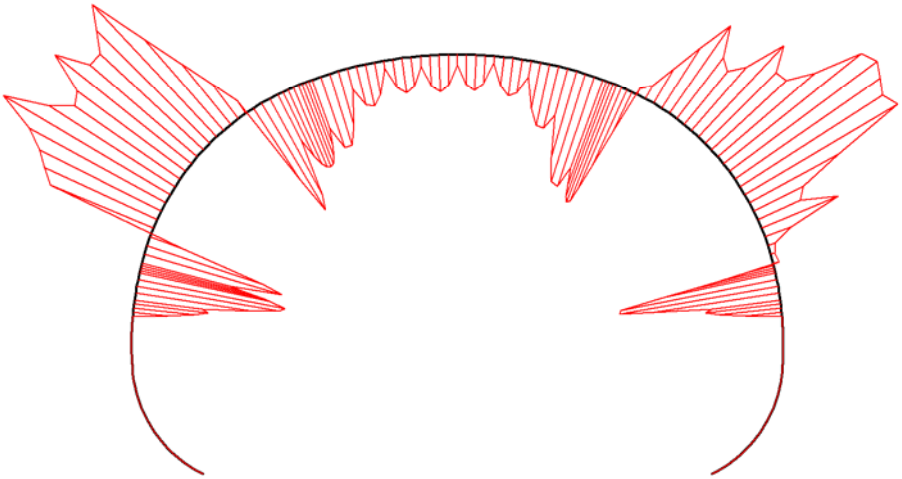


Fig. 24 Bending moments in beam
Extreme value -11,88 kNm/m (Phase: 4)

10.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	13,630	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	14,460	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	16,413	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	19,843	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	23,382	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	22,609	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	22,380	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	23,207	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	20,436	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	21,600	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	26,864	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	30,947	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	30,487	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	13,846	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	15,576	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	18,602	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	21,715	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	30,223	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	27,891	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	25,227	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	26,498	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	27,797	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	33,455	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	37,732	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	33,672	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

11.Results for phase 5

11.1 *Deformations*

11.1.1 . Plot of total displacements

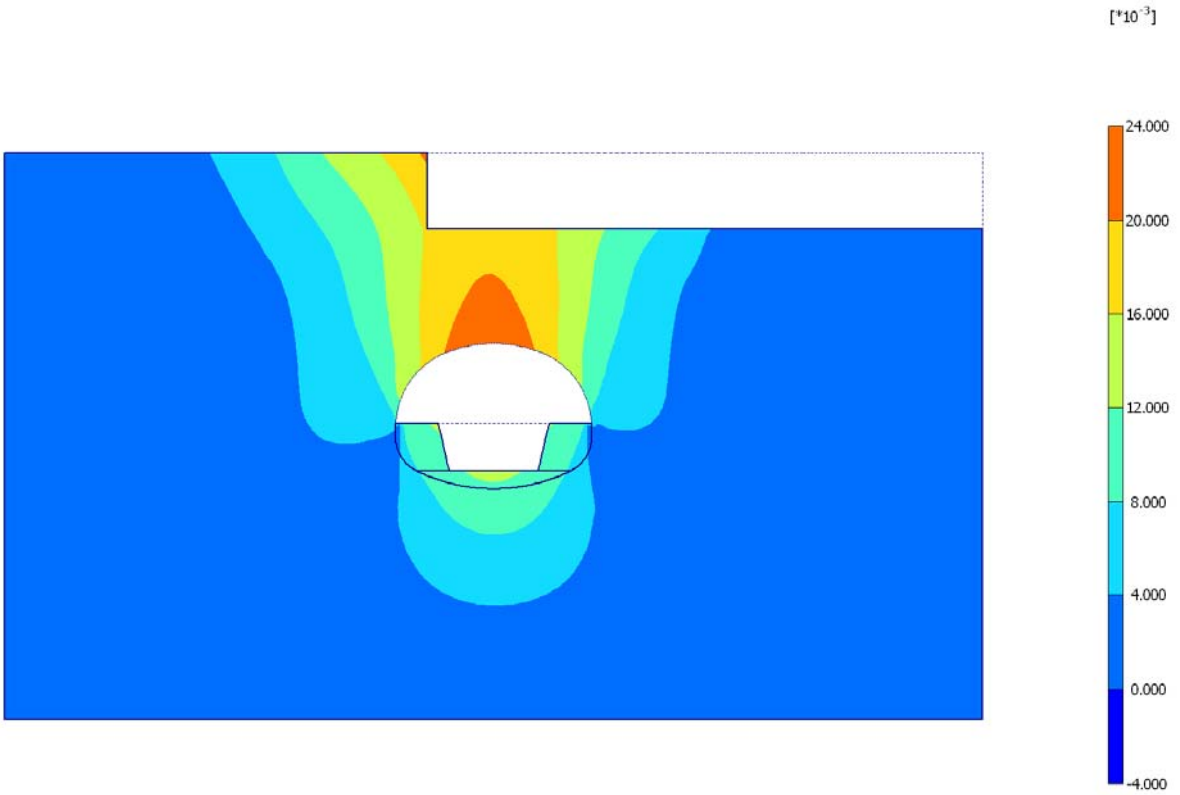


Fig. 25 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 34 - (Phase: 5)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

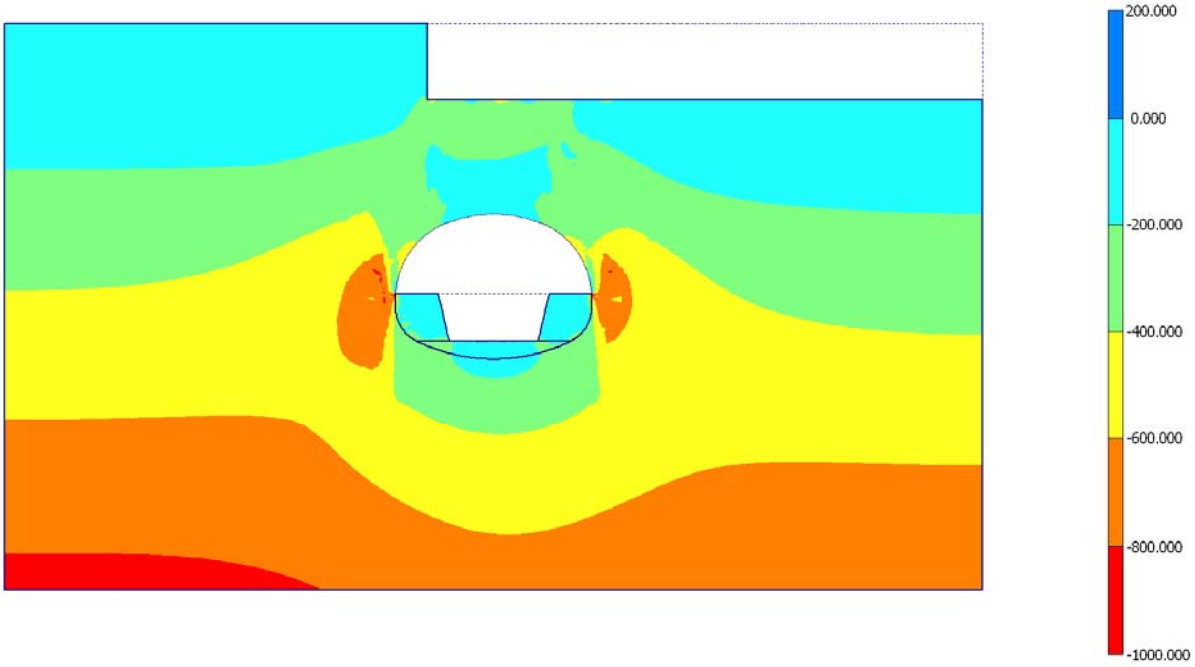


Fig. 26 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 34 - (Phase: 5)



Fig. 27 Plot of plastic points
- Step no: 34 - (Phase: 5)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

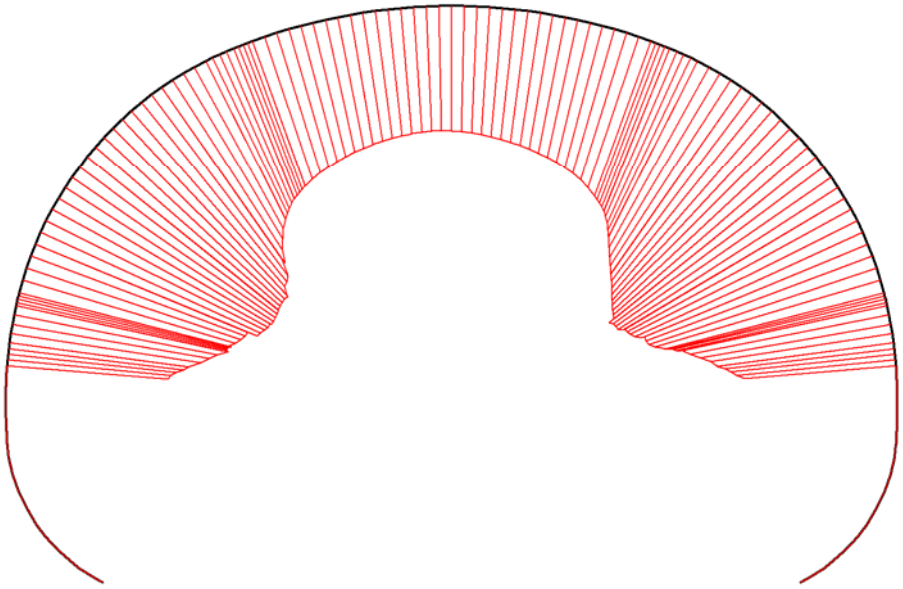


Fig. 28 Axial forces in beam
Extreme value -962,34 kN/m (Phase: 5)

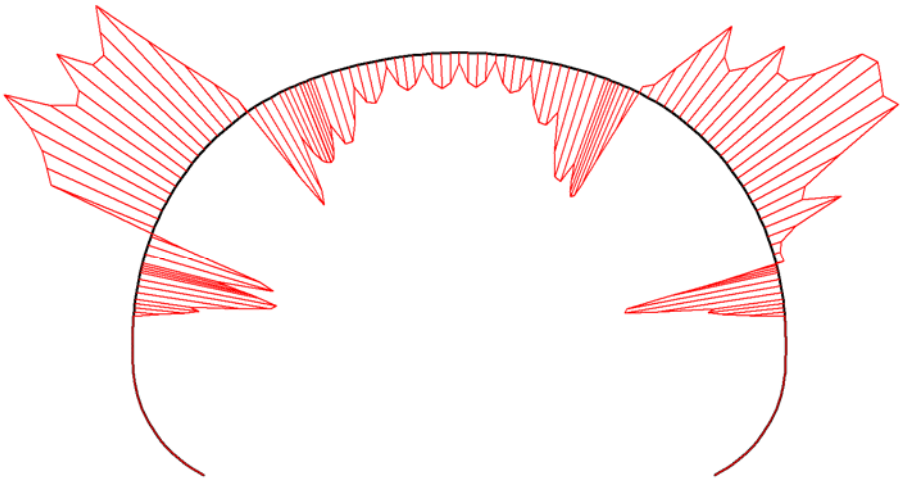


Fig. 29 Bending moments in beam
Extreme value -12,32 kNm/m (Phase: 5)

11.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	13,615	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	14,460	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	16,430	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	19,868	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	23,399	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	22,640	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	22,440	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	23,387	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	20,702	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	22,020	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	27,497	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	31,839	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	31,656	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	13,823	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	15,559	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	18,616	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	21,783	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	30,353	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	28,113	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	25,979	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	27,731	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	29,283	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	35,308	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	39,956	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	36,622	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

12.Results for phase 6

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

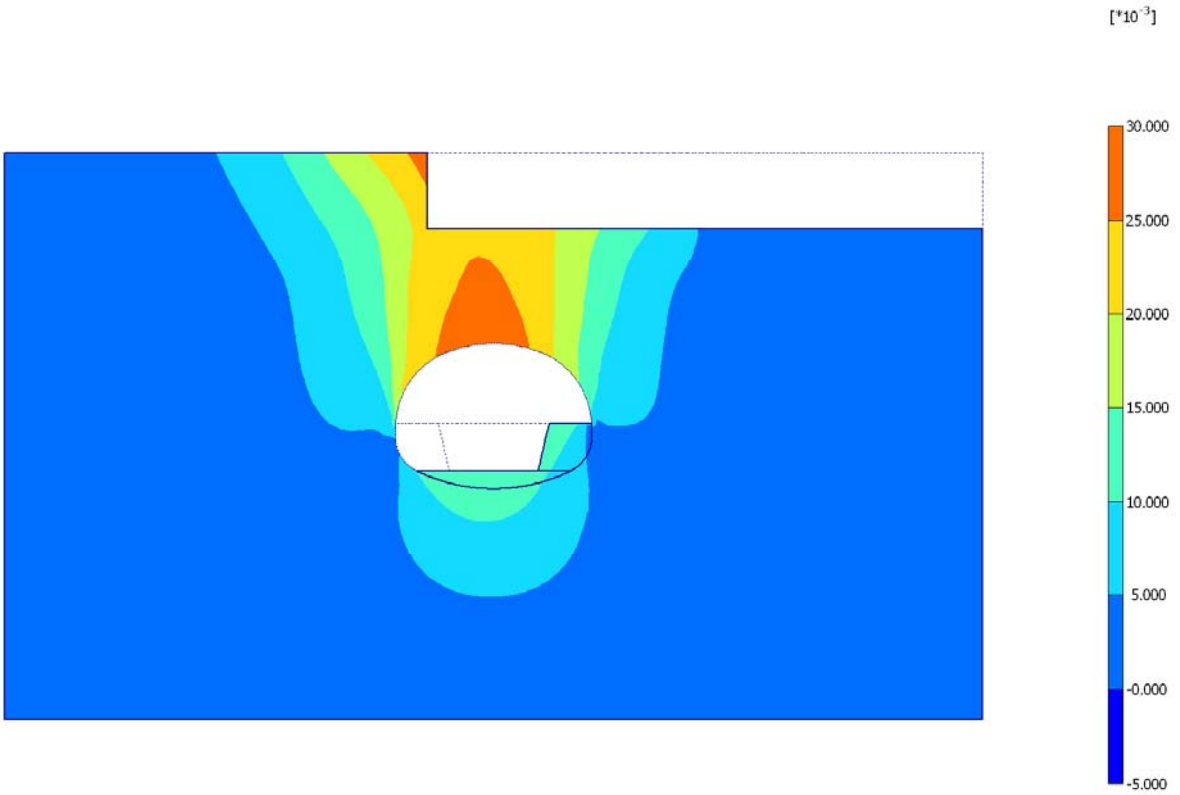


Fig. 30 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 58 - (Phase: 6)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

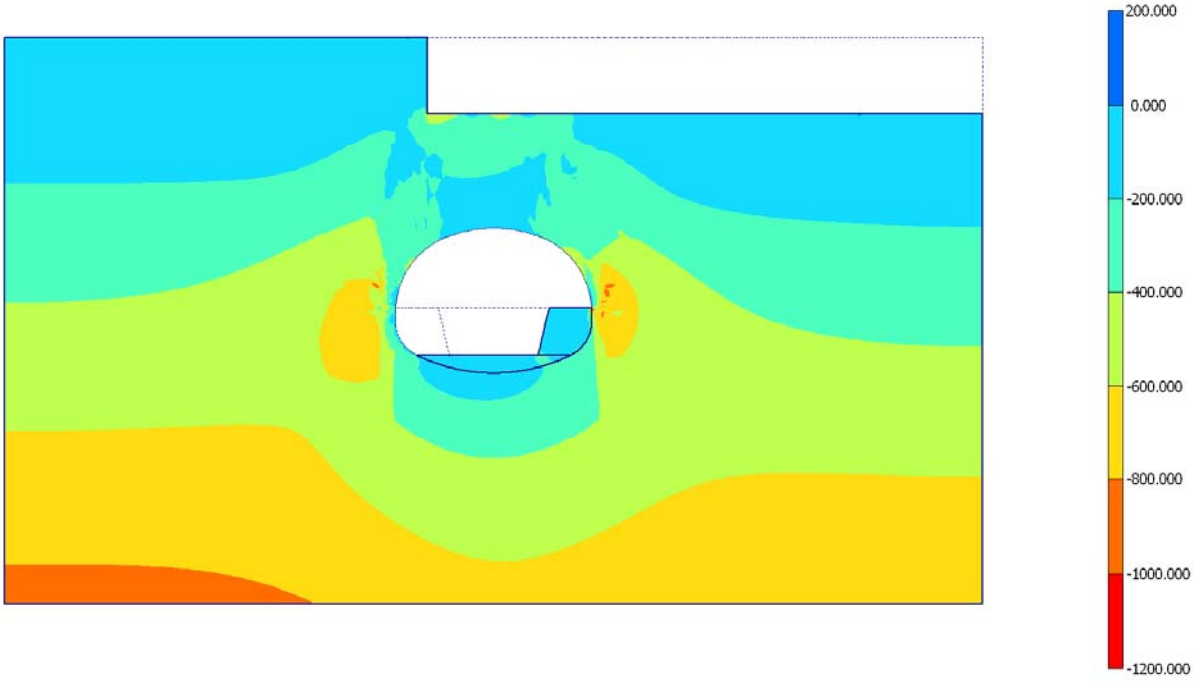


Fig. 31 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 58 - (Phase: 6)



Fig. 32 Plot of plastic points
- Step no: 58 - (Phase: 6)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

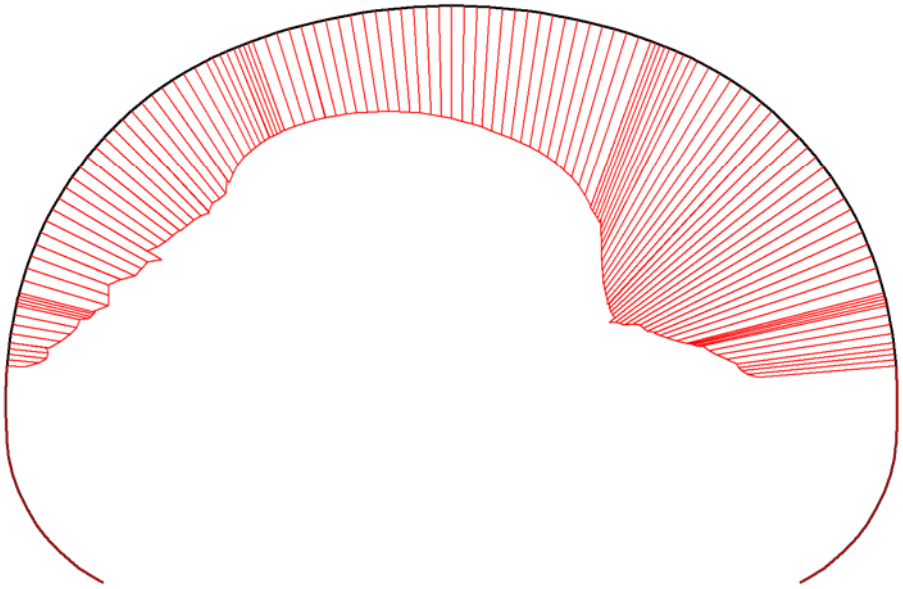


Fig. 33 Axial forces in beam
Extreme value -1,18*10^3 kN/m (Phase: 6)

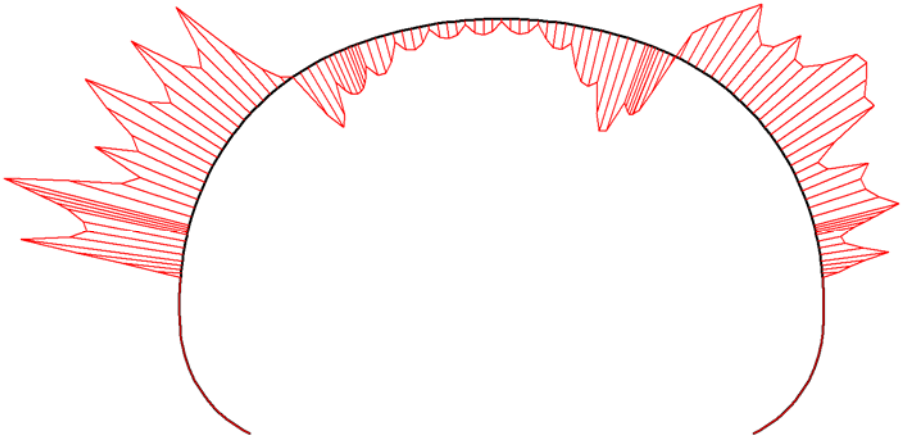


Fig. 34 Bending moments in beam
Extreme value -25,20 kNm/m (Phase: 6)

12.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	14,083	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	16,601	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	21,273	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	27,631	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	33,181	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	30,197	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	29,019	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	35,474	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	30,531	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	30,183	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	34,368	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	39,124	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	47,417	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	13,683	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	16,189	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	20,995	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	24,775	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	37,613	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	38,059	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	80,046	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	81,364	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	79,149	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	82,356	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	90,111	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	111,202	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

13. Results for phase 7

13.1 *Deformations*

13.1.1 Plot of total displacements

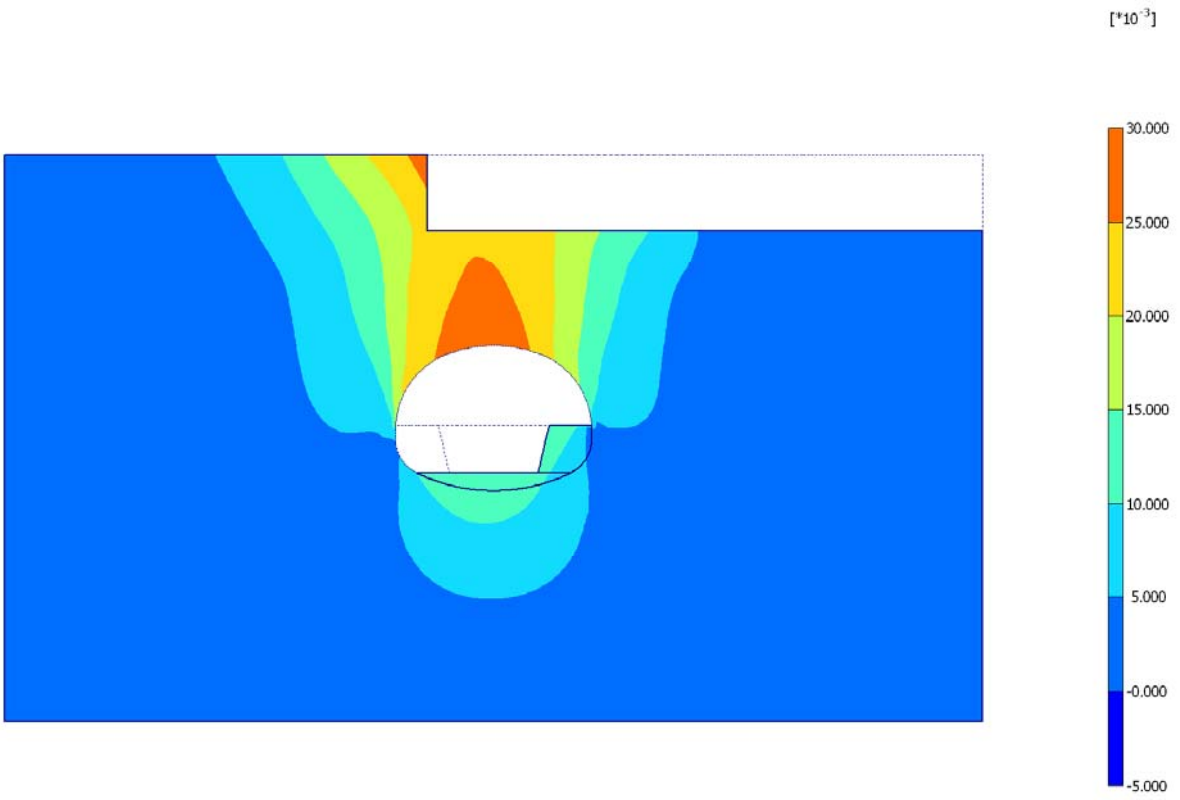


Fig. 35 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 60 - (Phase: 7)

13.2 *Stresses*

13.2.1 Plot of total stresses

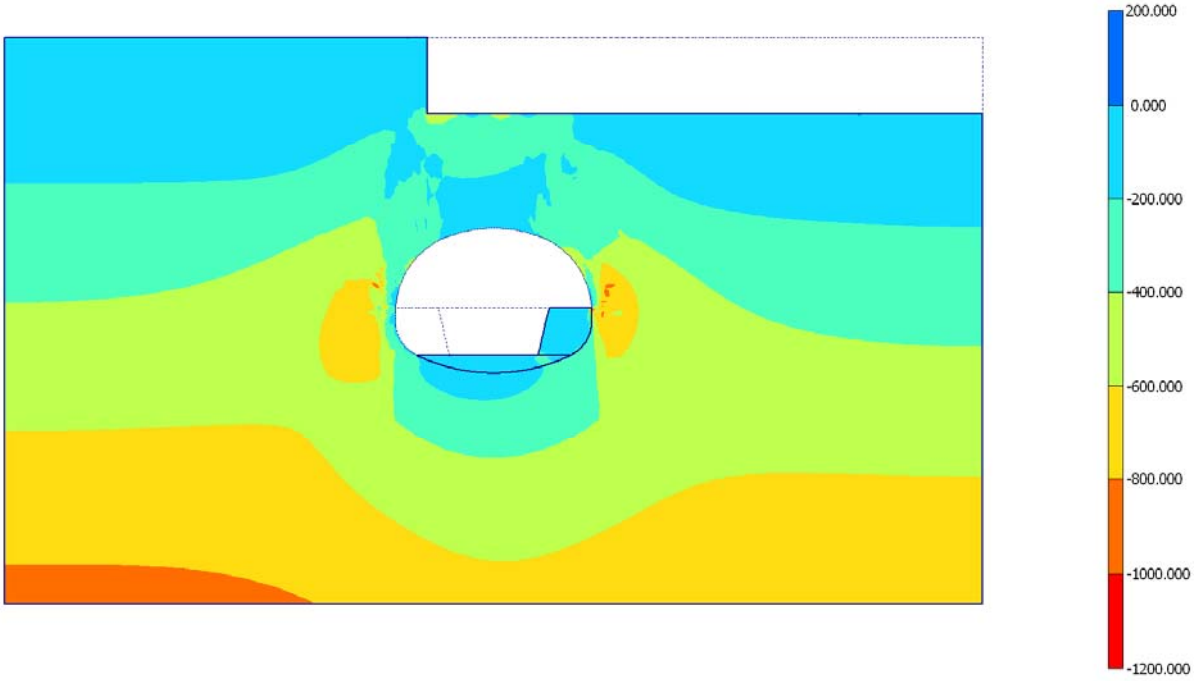


Fig. 36 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 60 - (Phase: 7)



Fig. 37 Plot of plastic points
- Step no: 60 - (Phase: 7)

13.3 *Structures*

13.3.1 Beams

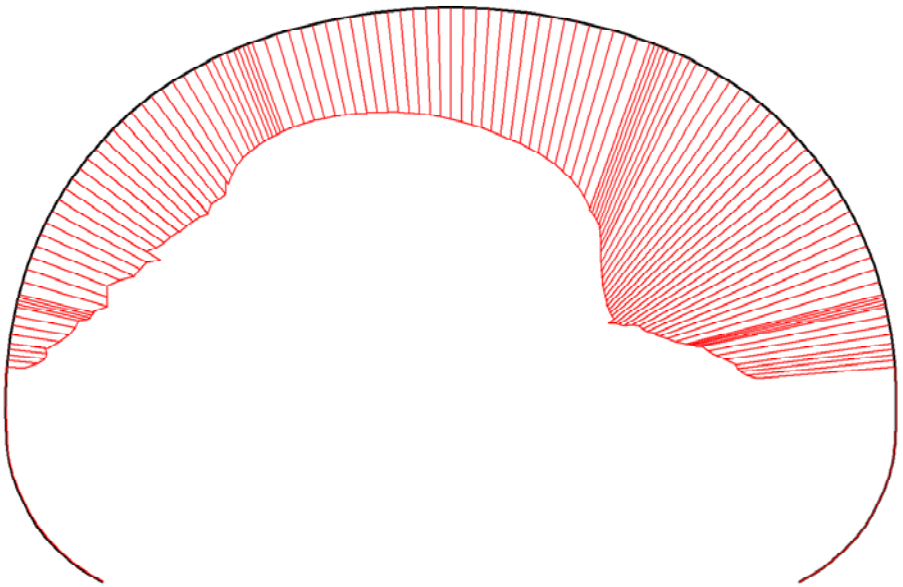


Fig. 38 Axial forces in beam
Extreme value -1,18*10^3 kN/m (Phase: 7)

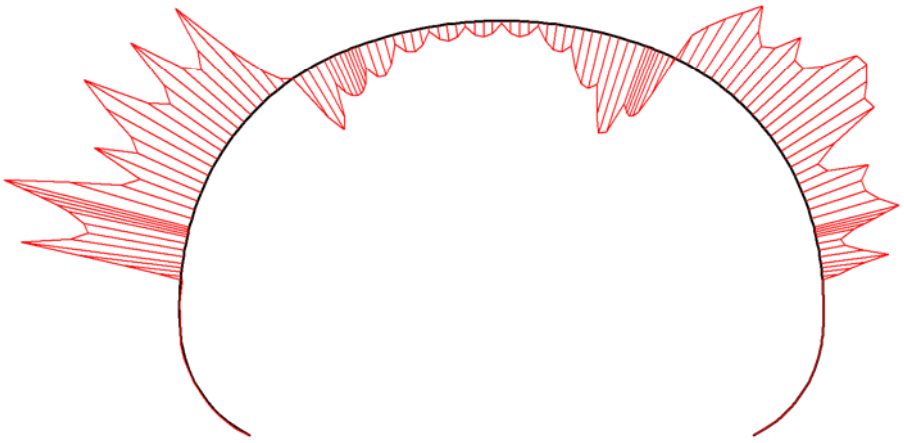


Fig. 39 Bending moments in beam
Extreme value -25,14 kNm/m (Phase: 7)

13.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	14,096	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	16,630	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	21,318	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	27,698	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	33,241	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	30,240	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	29,042	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	35,494	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	30,536	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	30,179	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	34,364	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	39,126	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	47,427	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	13,685	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	16,190	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	21,006	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	24,798	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	37,650	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	38,158	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	80,262	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	81,585	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	79,371	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	82,615	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	90,422	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	111,512	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,199	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,019	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

14.Results for phase 8

14.1 *Deformations*

14.1.1 Plot of total displacements

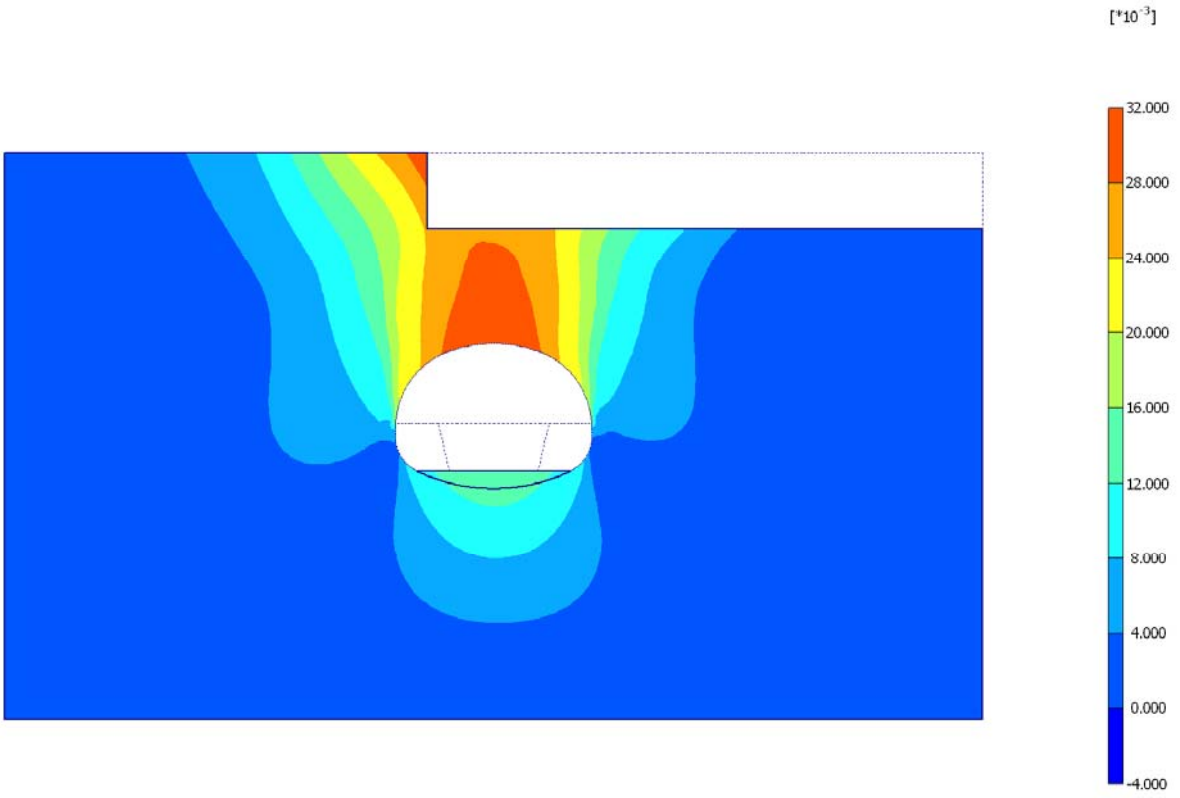


Fig. 40 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 74 - (Phase: 8)

14.2 *Stresses*

14.2.1 Plot of total stresses

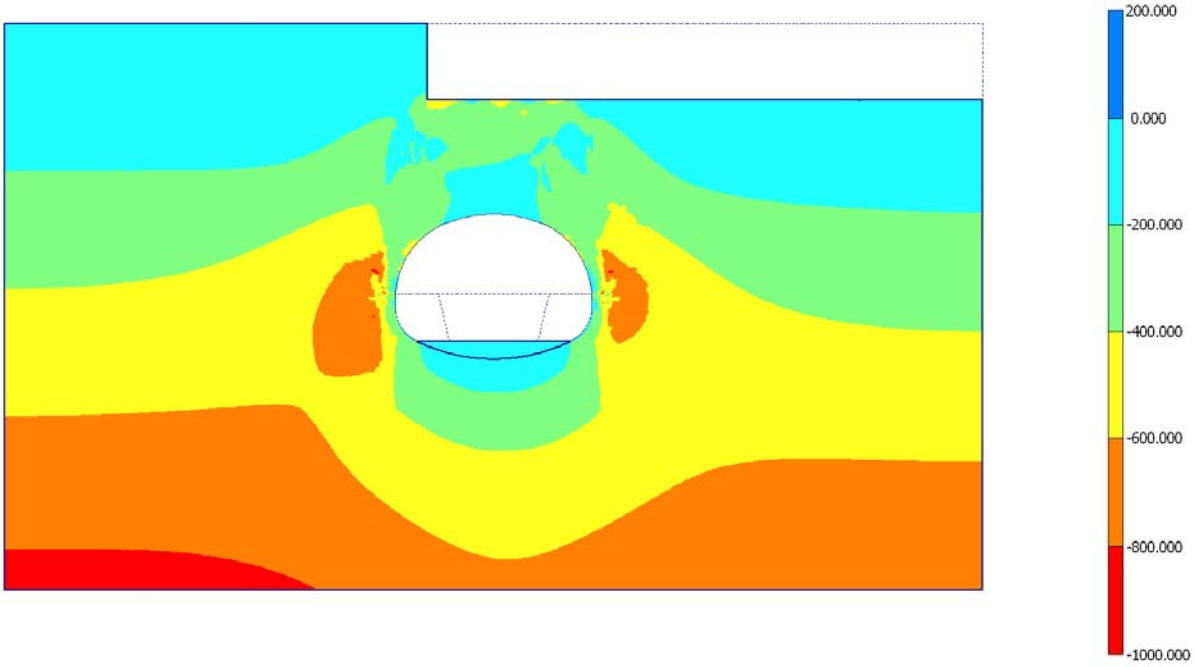


Fig. 41 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 74 - (Phase: 8)

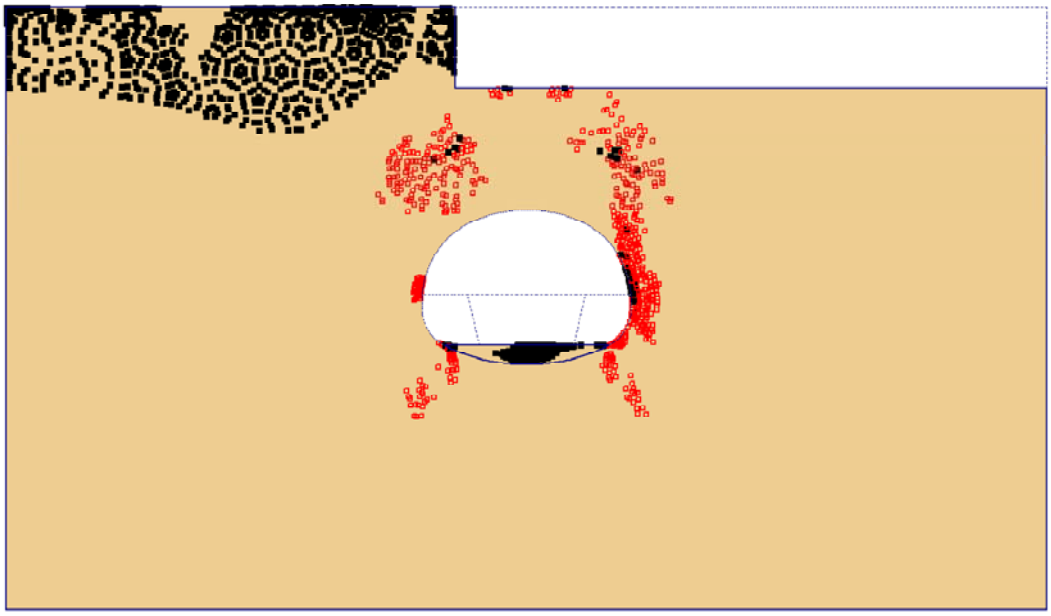


Fig. 42 Plot of plastic points
- Step no: 74 - (Phase: 8)

14.3 *Structures*

14.3.1 Beams

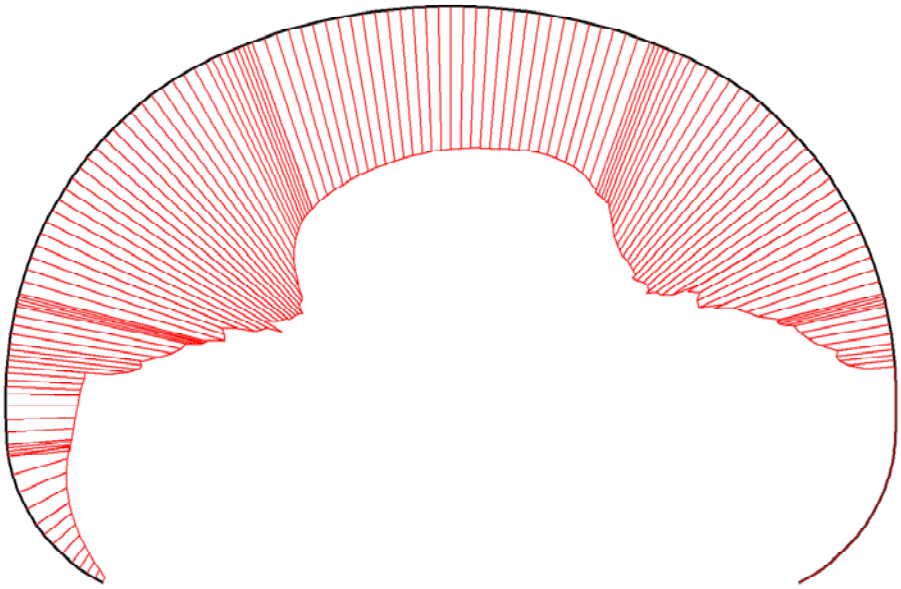


Fig. 43 Axial forces in beam
Extreme value -857,12 kN/m (Phase: 8)

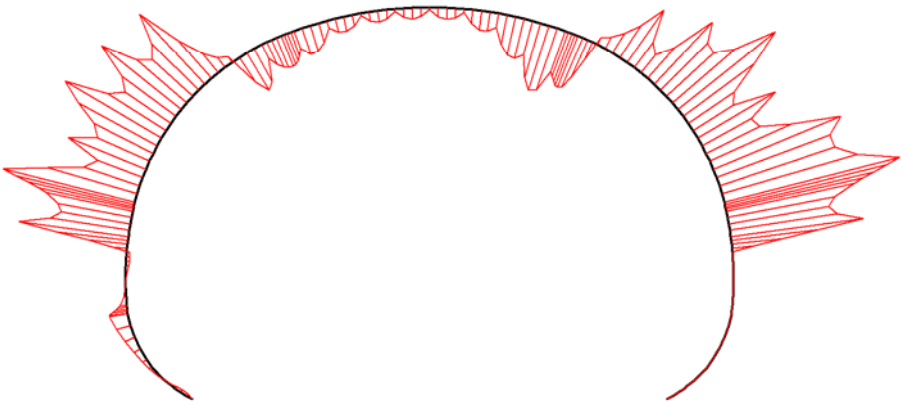


Fig. 44 Bending moments in beam
Extreme value -35,27 kNm/m (Phase: 8)

14.3.2 Anchors

Table [15] Anchors phase no: 8

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	15,134	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	17,645	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	23,060	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	30,758	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	37,698	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	37,050	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	62,658	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	85,676	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	77,737	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	72,969	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	72,828	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	84,250	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	116,811	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	14,932	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	17,581	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	21,142	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	24,697	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	39,812	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	39,453	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	79,889	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	80,931	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	77,808	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	80,572	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	88,216	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	109,645	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-1,565	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-2,213	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

15.Results for phase 9

15.1 *Deformations*

15.1.1 Plot of total displacements

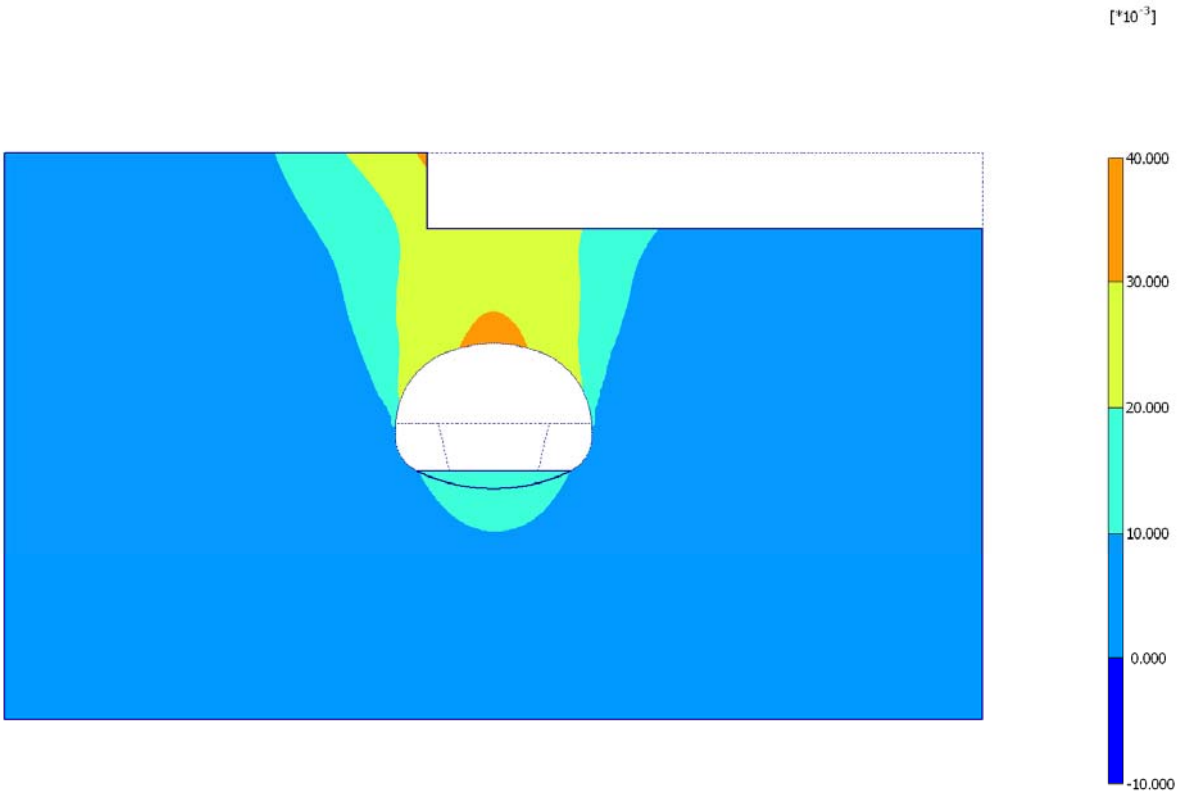


Fig. 45 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 76 - (Phase: 9)

15.2 *Stresses*

15.2.1 Plot of total stresses

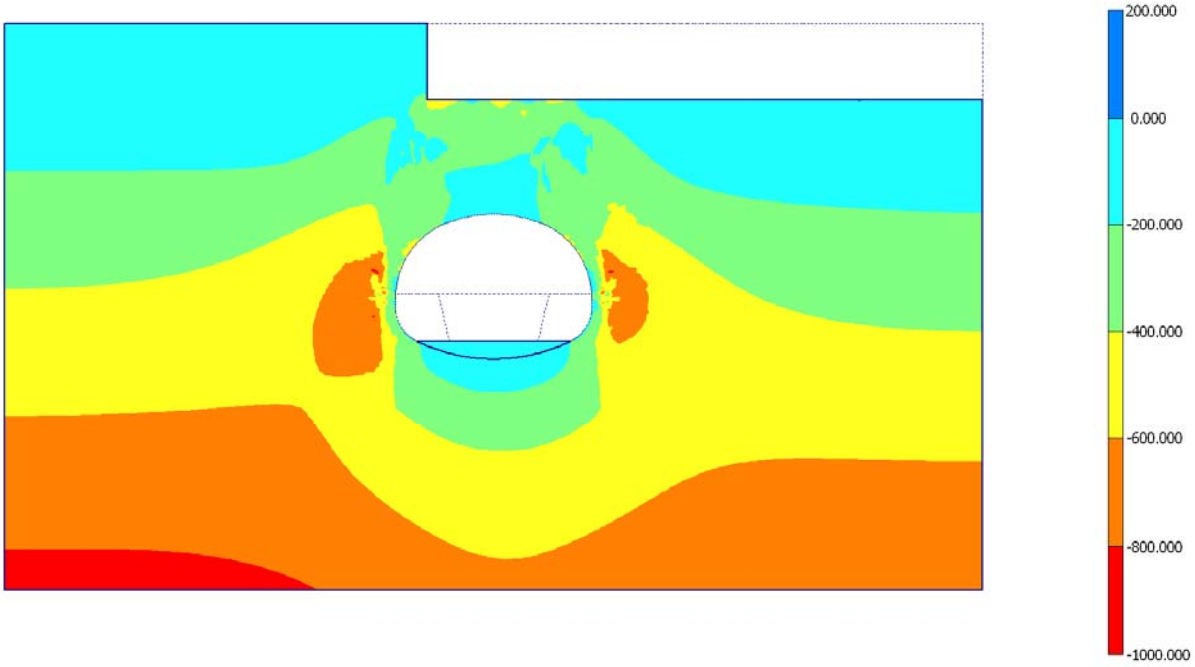


Fig. 46 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 76 - (Phase: 9)



Fig. 47 Plot of plastic points
- Step no: 76 - (Phase: 9)

15.3 *Structures*

15.3.1 Beams

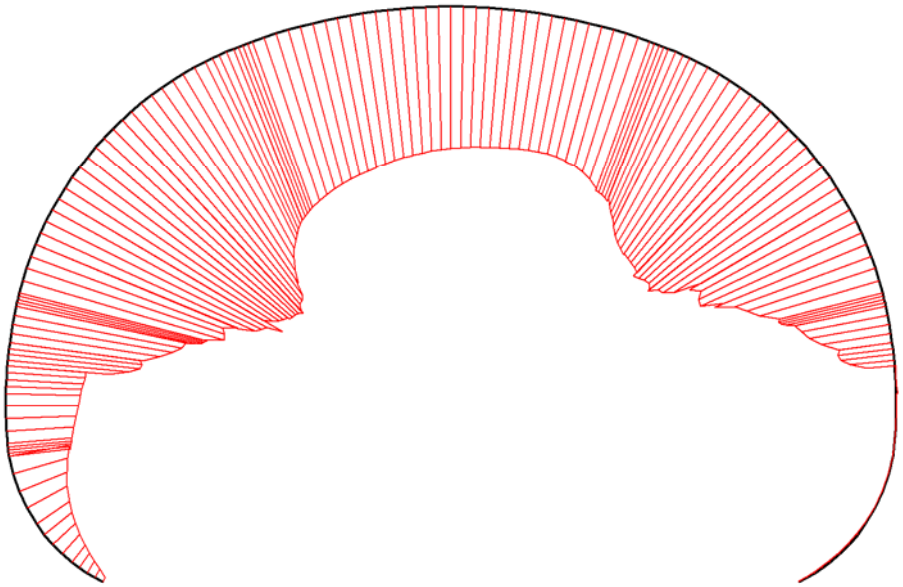


Fig. 48 Axial forces in beam
Extreme value -859,87 kN/m (Phase: 9)

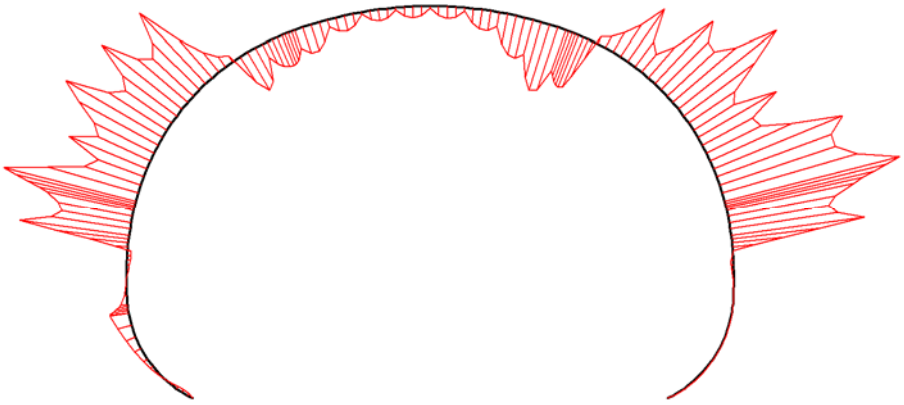


Fig. 49 Bending moments in beam
Extreme value -35,07 kNm/m (Phase: 9)

15.3.2 Anchors

Table [16] Anchors phase no: 9

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	15,145	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	17,654	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	23,071	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	30,773	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	37,724	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	37,083	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	62,788	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	85,852	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	77,924	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	73,160	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	73,056	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	84,557	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	117,088	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,249	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,051	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	14,946	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	17,598	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	21,151	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	24,709	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	39,833	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	39,461	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	79,884	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	80,919	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	77,794	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	80,555	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	88,199	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	109,635	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-1,573	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-2,224	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

16.Results for phase 10

16.1 *Deformations*

16.1.1 Plot of total displacements

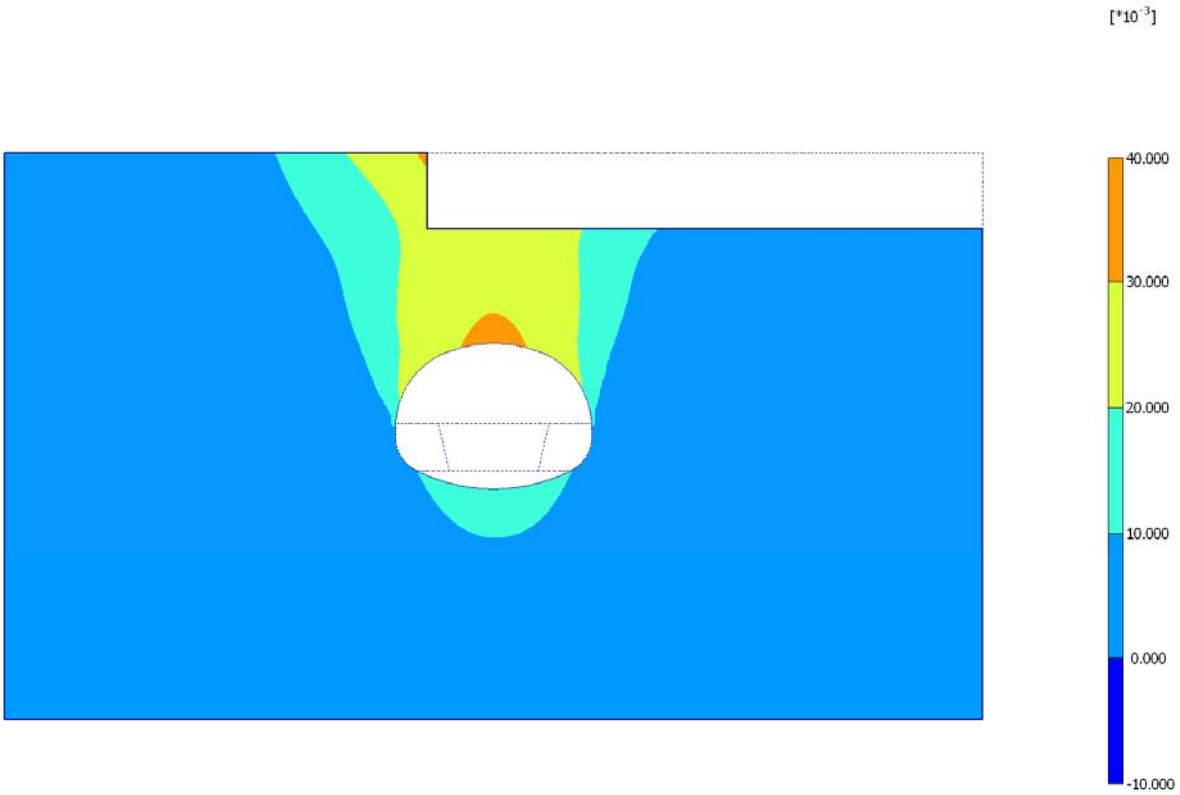


Fig. 50 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 78 - (Phase: 10)

16.2 *Stresses*

16.2.1 Plot of total stresses

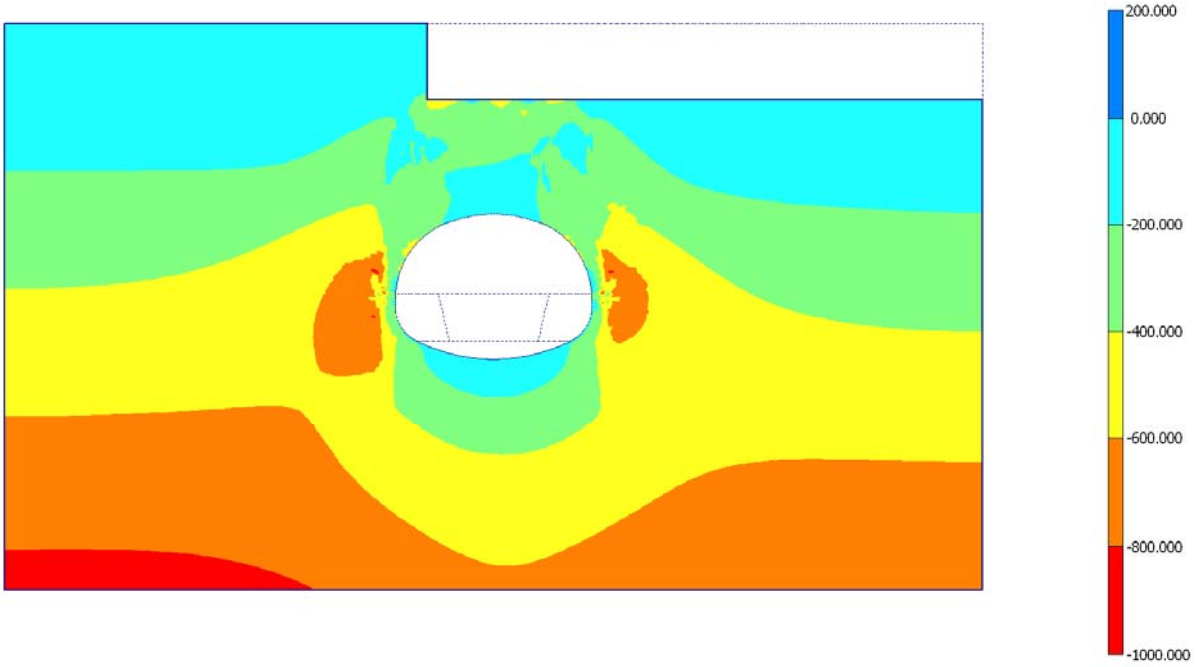


Fig. 51 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 78 - (Phase: 10)

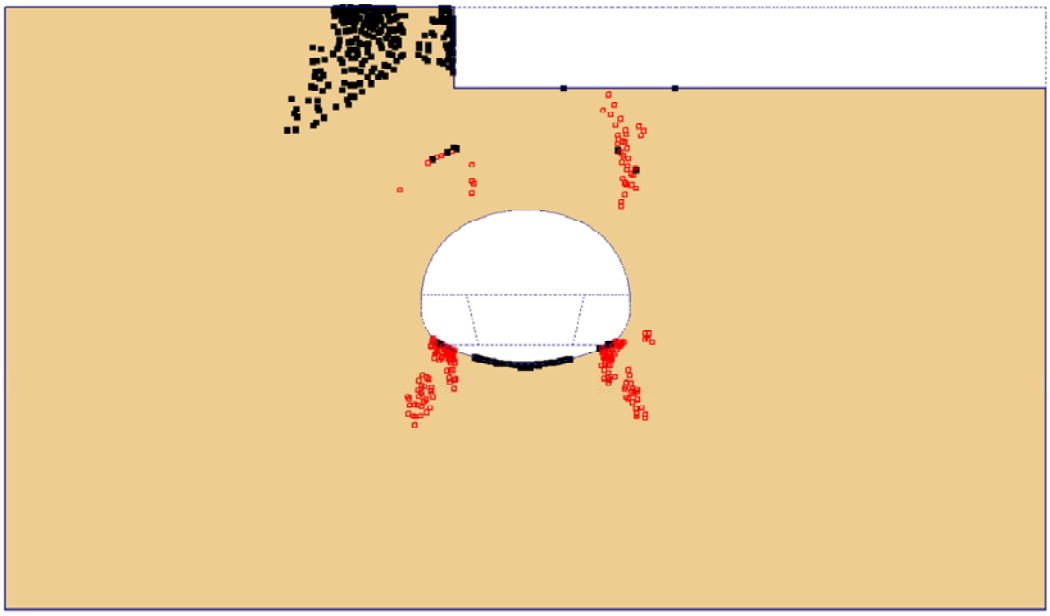


Fig. 52 Plot of plastic points
- Step no: 78 - (Phase: 10)

16.3 *Structures*

16.3.1 Beams

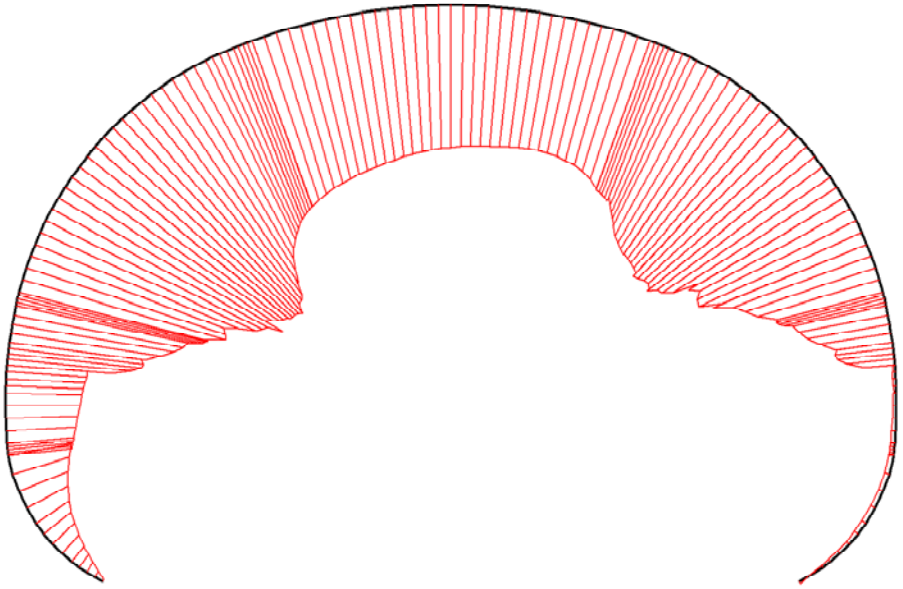


Fig. 53 Axial forces in beam
Extreme value -860,98 kN/m (Phase: 10)

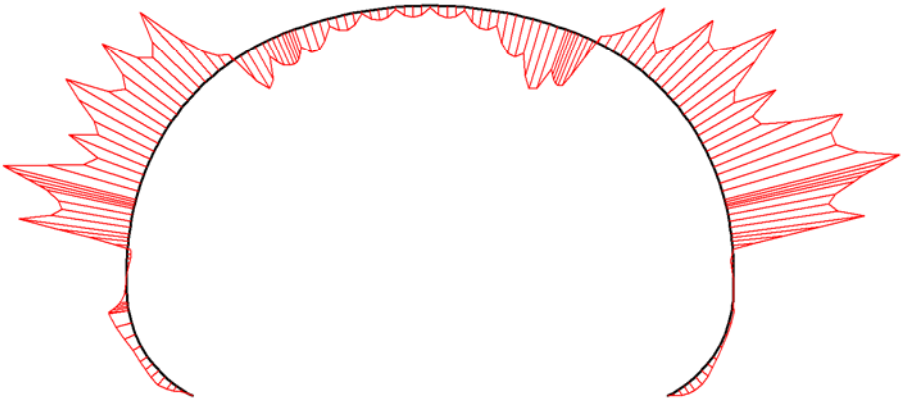


Fig. 54 Bending moments in beam
Extreme value -35,07 kNm/m (Phase: 10)

16.3.2 Anchors

Table [17] Anchors phase no: 10

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	15,122	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	17,631	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	23,045	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	30,738	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	37,672	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	37,004	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	62,754	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	85,781	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	77,821	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	73,033	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	72,922	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	84,443	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	116,992	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,166	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	-0,029	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	14,922	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	17,570	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	21,117	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	24,666	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	39,778	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	39,392	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	79,806	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	80,837	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	77,711	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	80,481	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	88,147	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	109,614	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-1,549	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-2,125	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

REPORT

05/10/2013

User: EPTISA

Title: CAVERNA ESTACION GALDAKAO. Sostenimiento E-3, Secc. B, RMR = 45

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-44,000	44,000
Y	-26,400	24,620

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Geometry

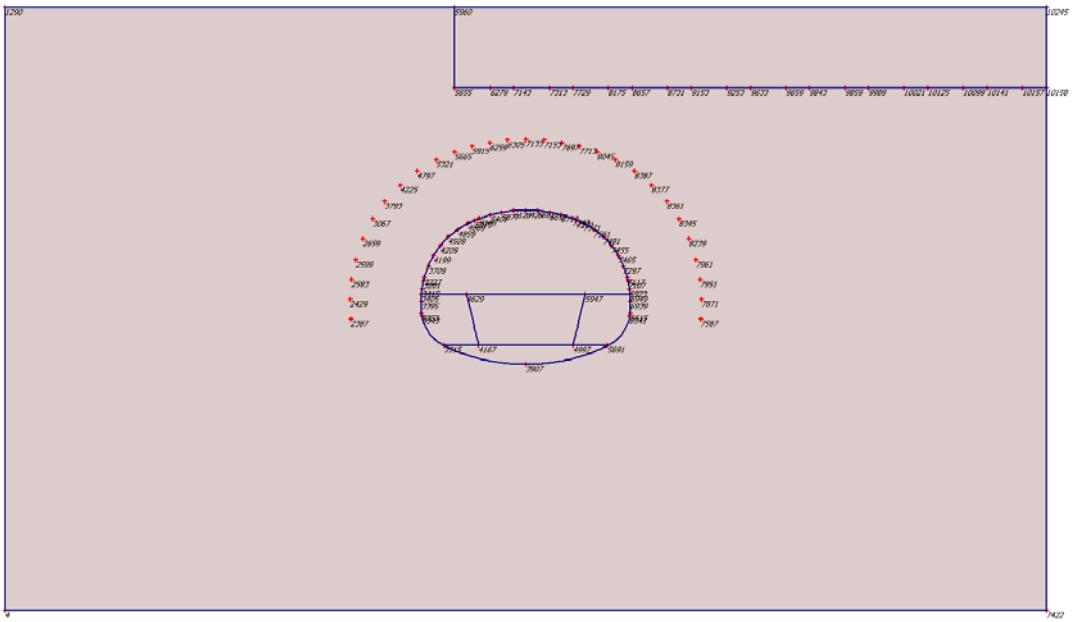


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

3. Structures

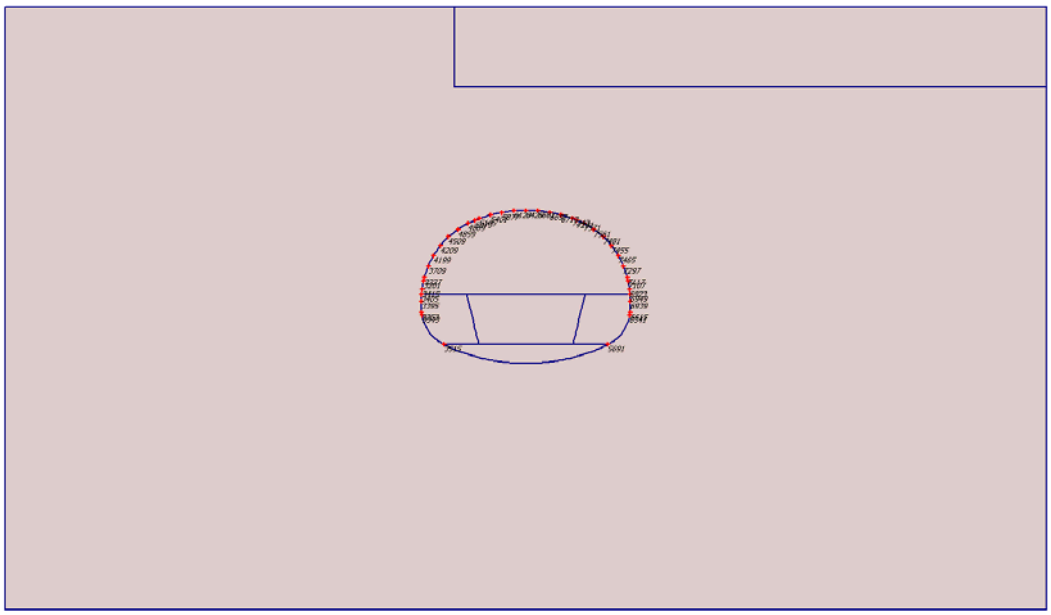


Fig. 2 Plot of geometry model with structures

4. Mesh data

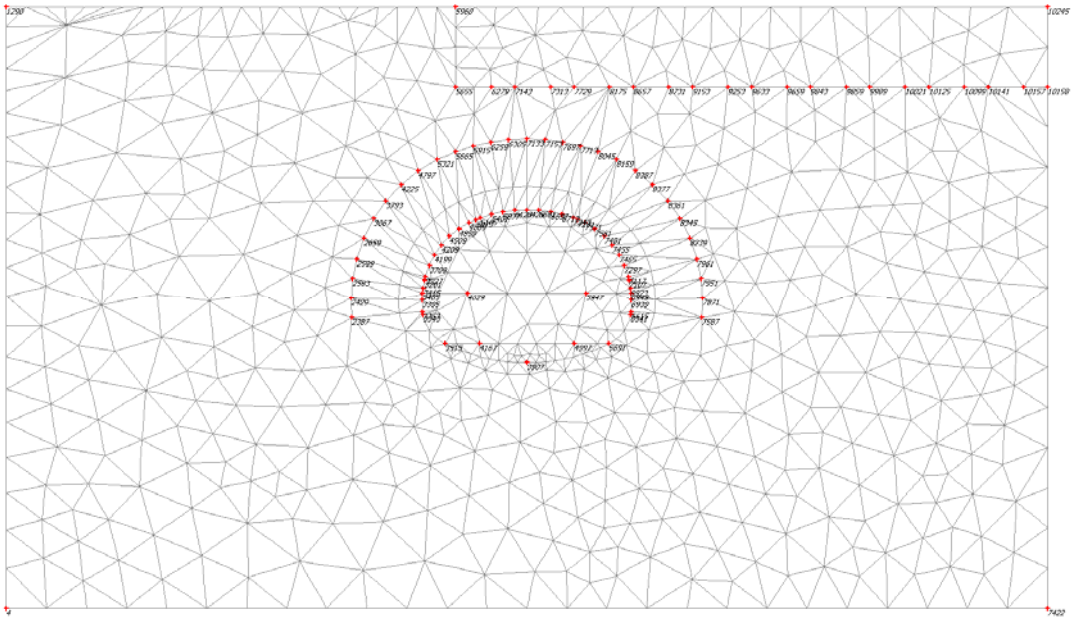


Fig. 3 Plot of the mesh with significant nodes

5. Material data

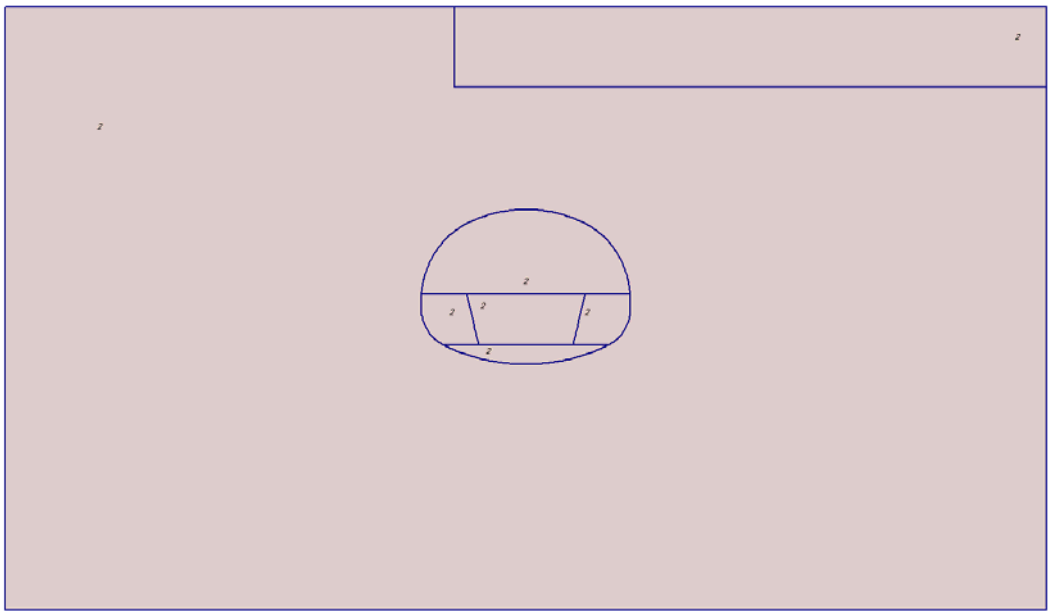


Fig. 4 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		1 Lut-are RMR20	2 Lut-are RMR = 45
Type		Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,50	26,50
γ_{sat}	[kN/m³]	26,50	26,50
k_x	[m/day]	0,000	0,000
k_y	[m/day]	0,000	0,000
e_{init}	[-]	0,500	0,500
c_k	[-]	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m²]	640000,000	3100000,000
ν	[-]	0,300	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	246153,846	1192307,692
E_{oed}	[kN/m²]	861538,462	4173076,923
c_{ref}	[kN/m²]	90,00	190,00
φ	[°]	35,00	44,00
ψ	[°]	0,00	0,00
E_{inc}	[kN/m²/m]	0,00	0,00
y_{ref}	[m]	0,000	0,000
$c_{increment}$	[kN/m²/m]	0,00	0,00
$T_{str.}$	[kN/m²]	0,00	0,00
$R_{inter.}$	[-]	1,00	1,00
Interface permeability		Neutral	Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	w [kN/m/m]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	Gunita 25+cercha TH29 c1m	4,4E6	20200,00	6,53	0,20	1E15	1E15

Table [6] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	L spacing [m]
1	Bulon f25	103000,00	184,000	184,000	1,00

6. Calculation phases

Table [7] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Total multipliers	1	1
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	2	3
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	4	7
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	8	10
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	11	14
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	15	18
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	19	21
<Phase 8>	8	7	Plastic analysis	Staged construction	22	24
<Phase 9>	9	8	Plastic analysis	Staged construction	25	27
<Phase 10>	10	9	Plastic analysis	Staged construction	28	30

7. Results for phase 1

7.1 *Deformations*

7.1.1 Plot of total displacements

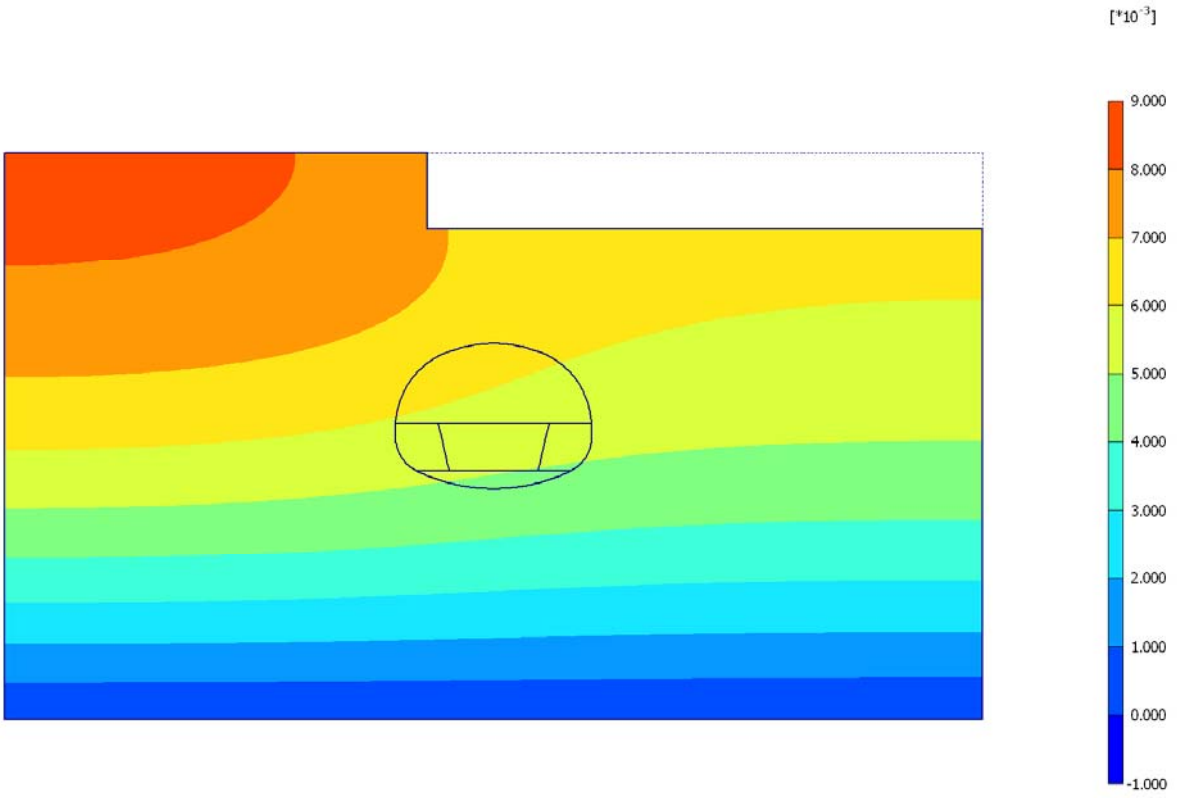


Fig. 5 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 1 - (Phase: 1)

7.2 *Stresses*

7.2.1 Plot of total stresses

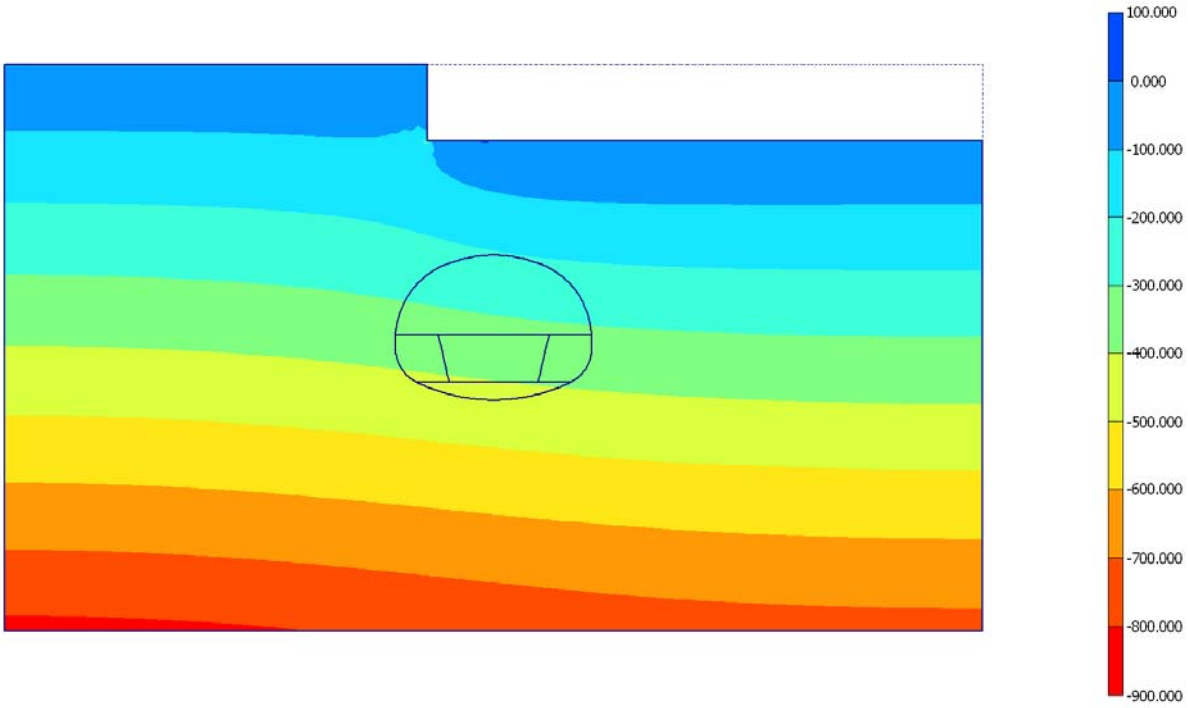


Fig. 6 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 1 - (Phase: 1)

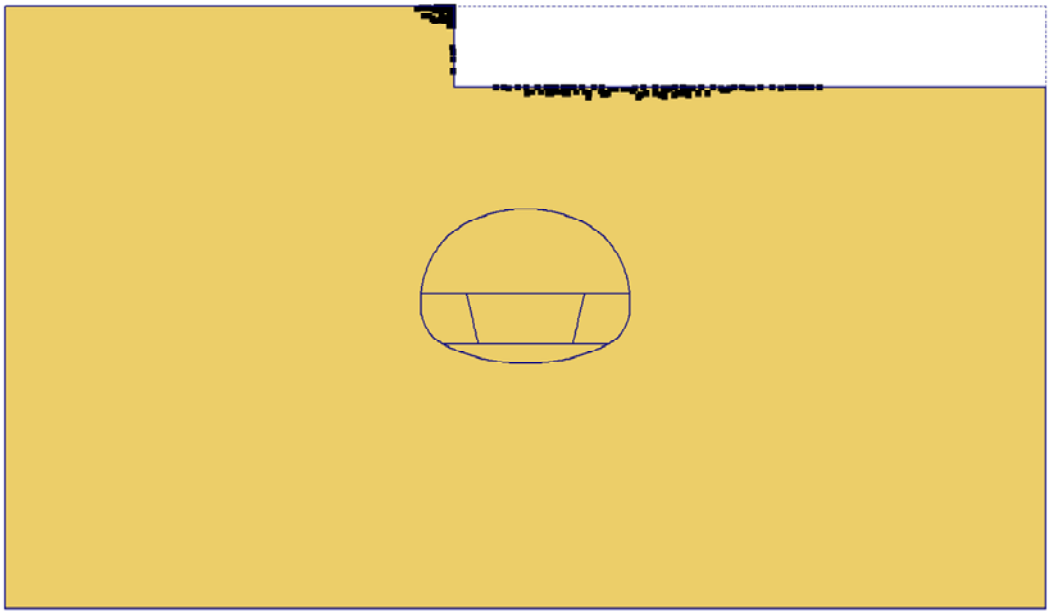


Fig. 7 Plot of plastic points
- Step no: 1 - (Phase: 1)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

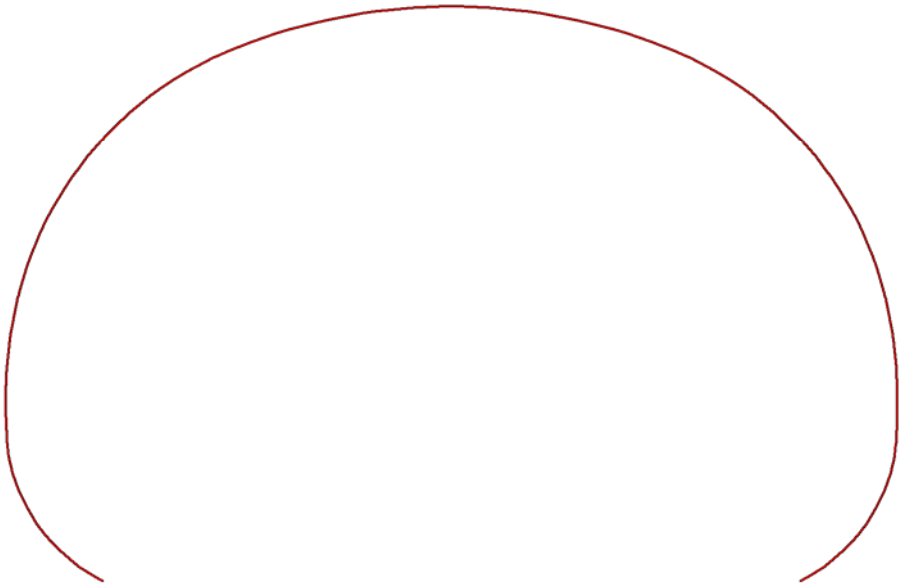


Fig. 8 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

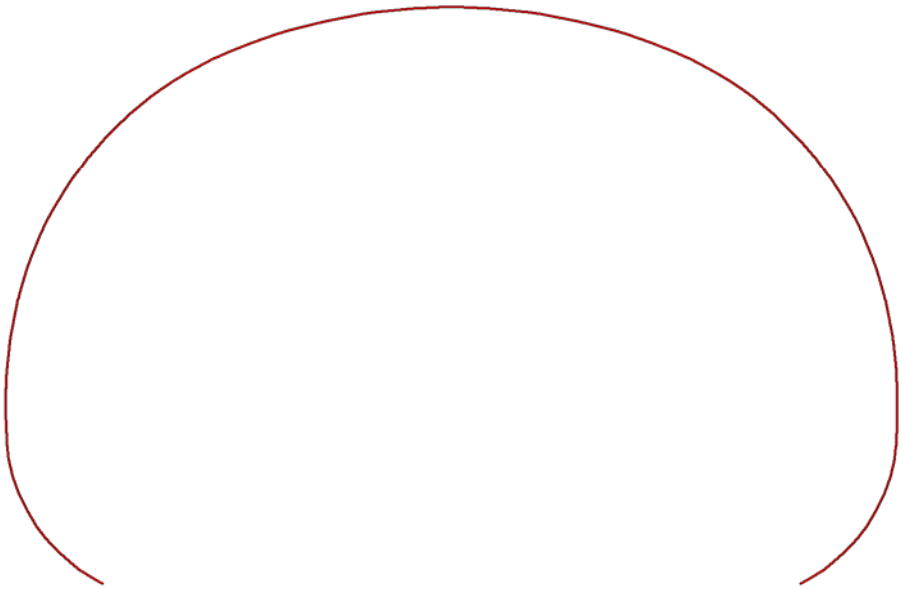


Fig. 9 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

7.3.2 Anchors

Table [8] Anchors phase no: 1

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

8. Results for phase 2

8.1 *Deformations*

8.1.1 Plot of total displacements

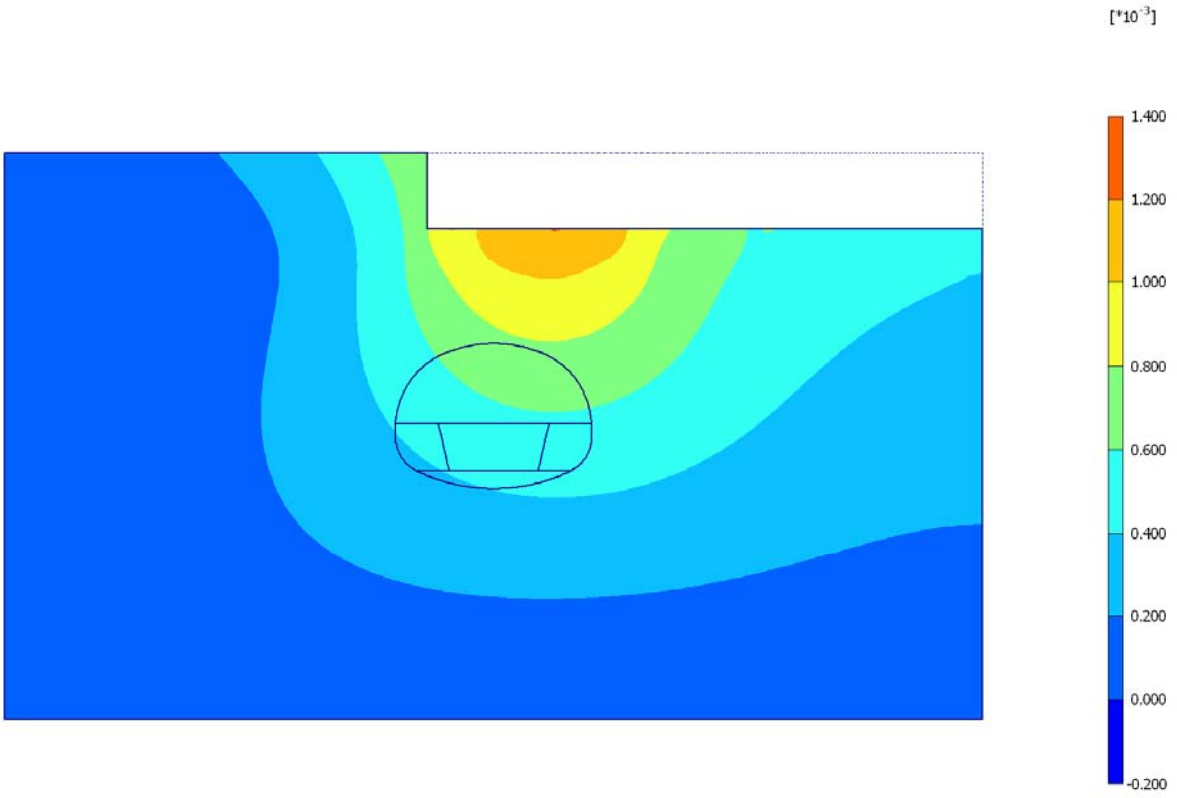


Fig. 10 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 2)

8.2 *Stresses*

8.2.1 Plot of total stresses

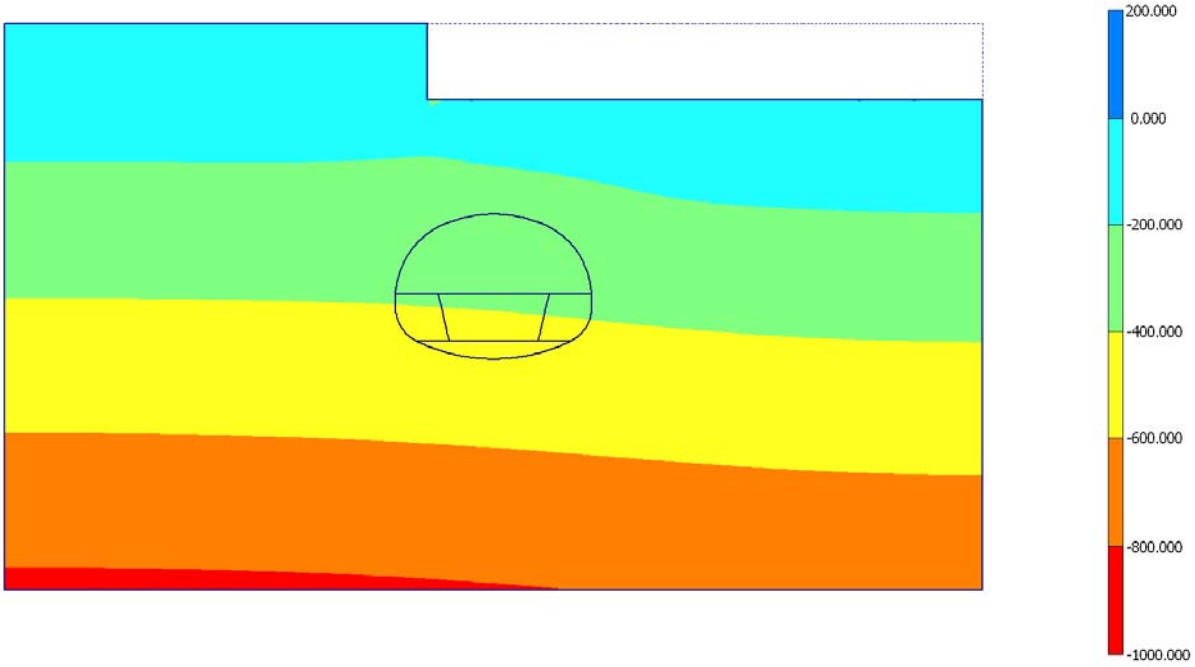


Fig. 11 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 2)

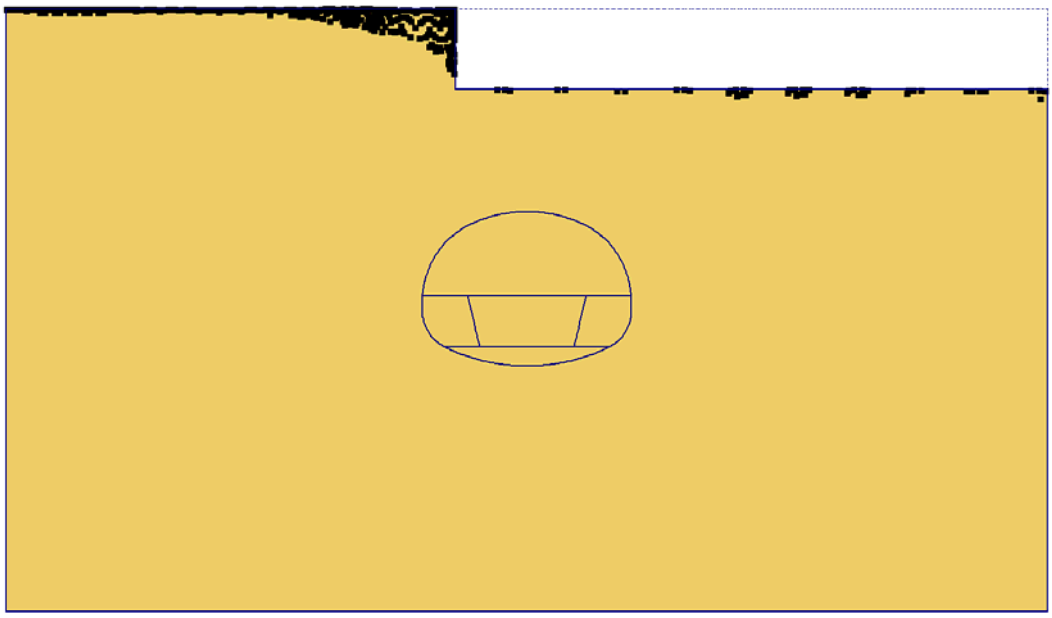


Fig. 12 Plot of plastic points
- Step no: 3 - (Phase: 2)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

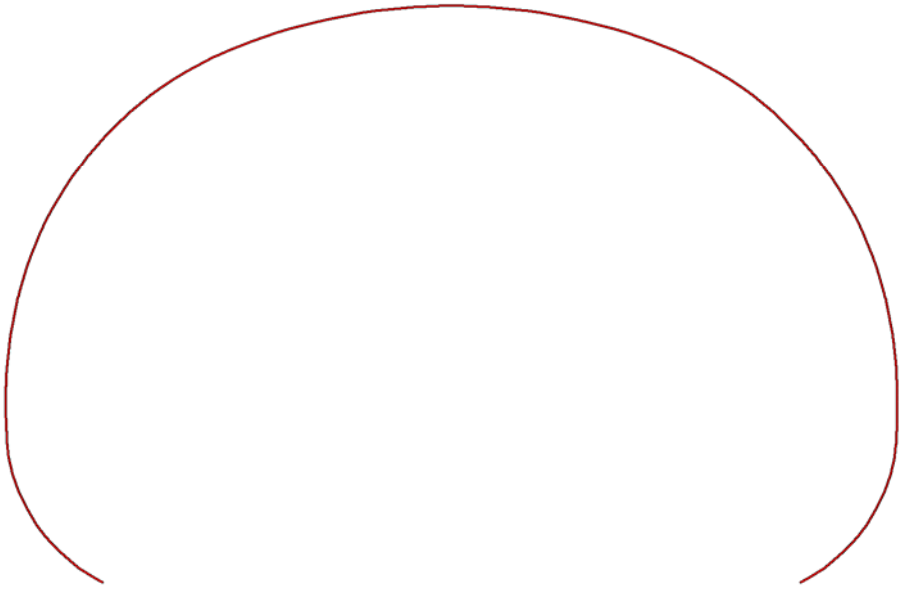


Fig. 13 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 2)

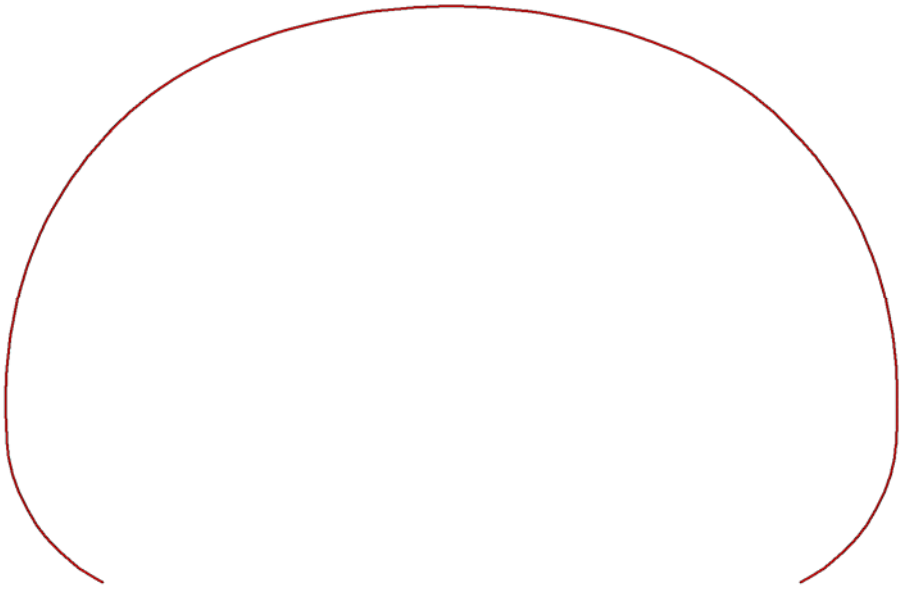


Fig. 14 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 2)

8.3.2 Anchors

Table [9] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

9. Results for phase 3

9.1 *Deformations*

9.1.1 Plot of total displacements

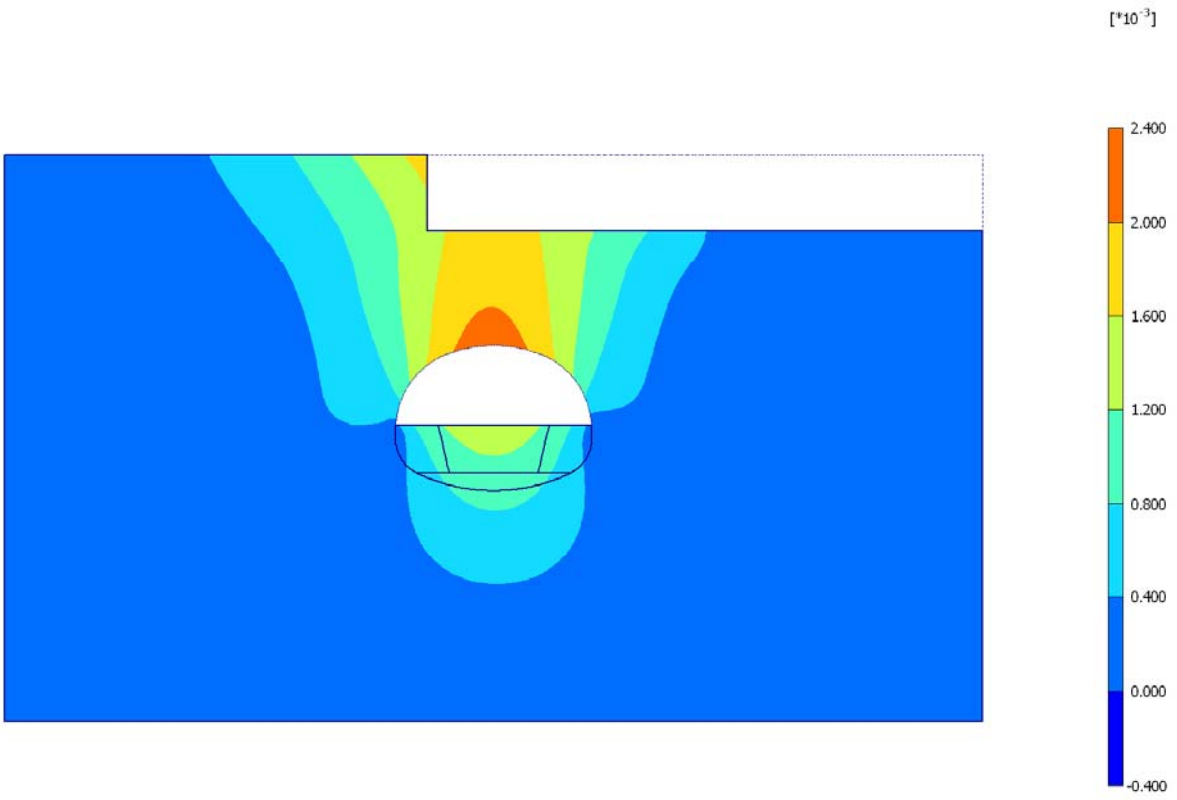


Fig. 15 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 7 - (Phase: 3)

9.2 *Stresses*

9.2.1 Plot of total stresses

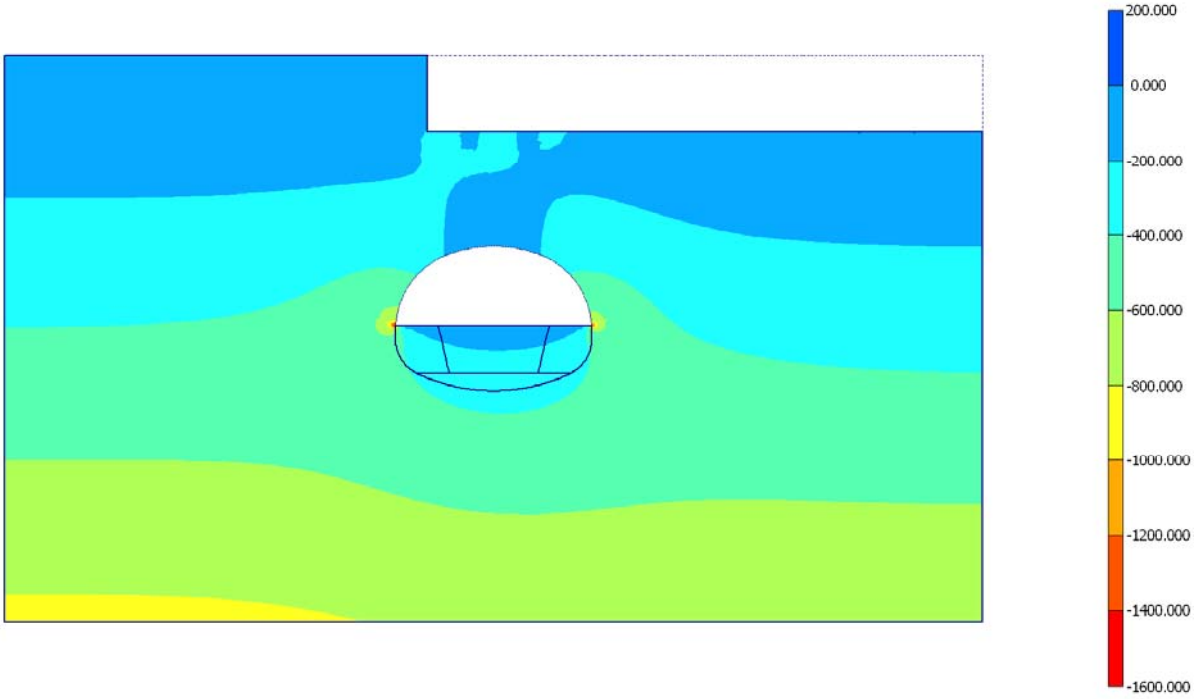


Fig. 16 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 7 - (Phase: 3)

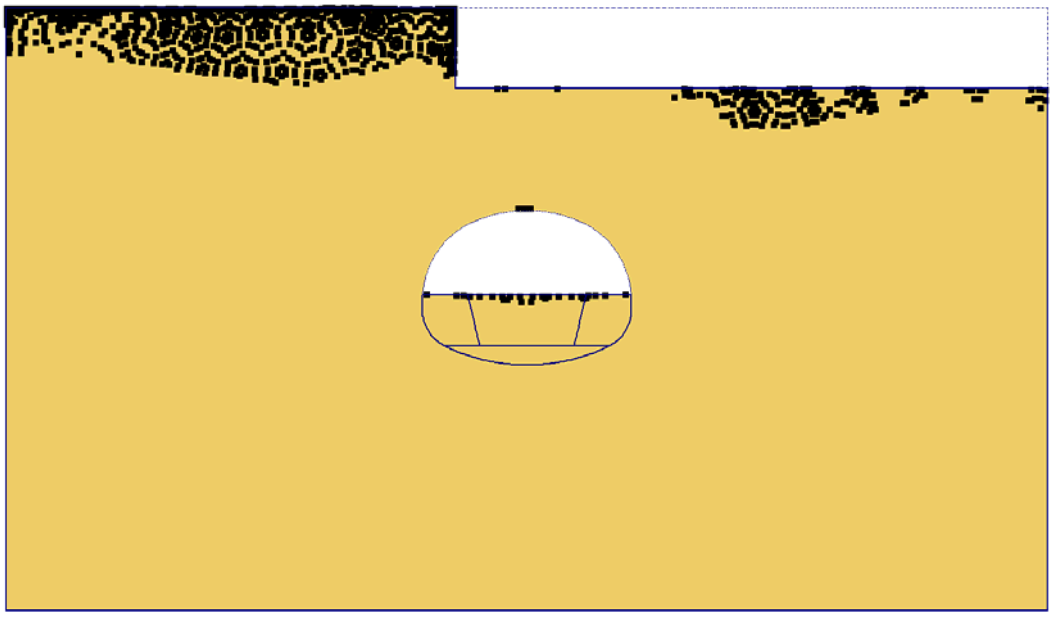


Fig. 17 Plot of plastic points
- Step no: 7 - (Phase: 3)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

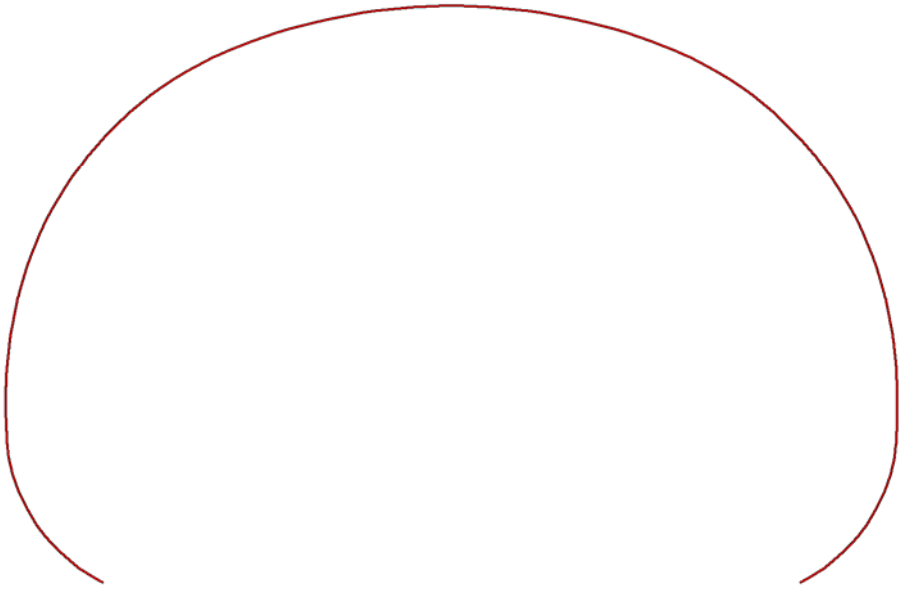


Fig. 18 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 3)

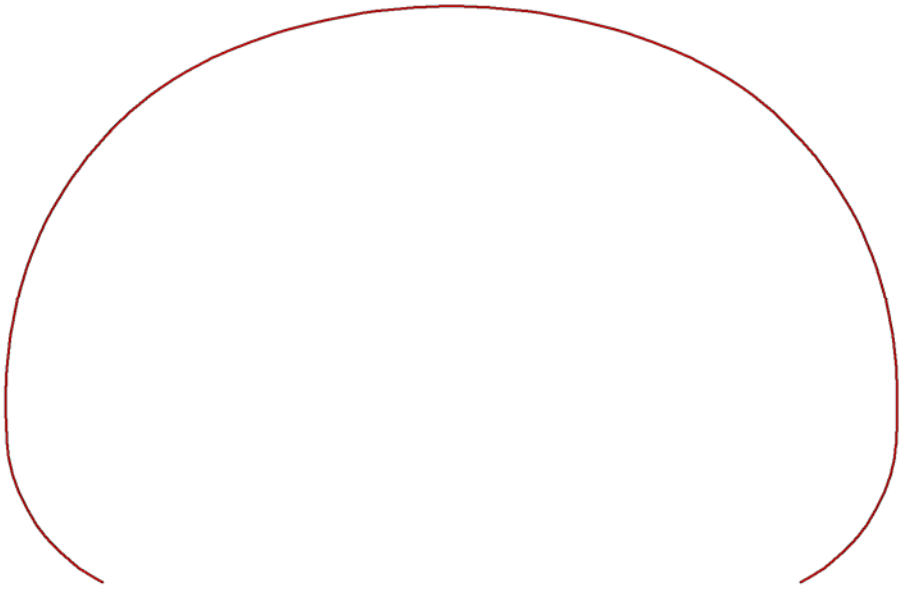


Fig. 19 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 3)

9.3.2 Anchors

Table [10] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

10.Results for phase 4

10.1 *Deformations*

10.1.1 Plot of total displacements

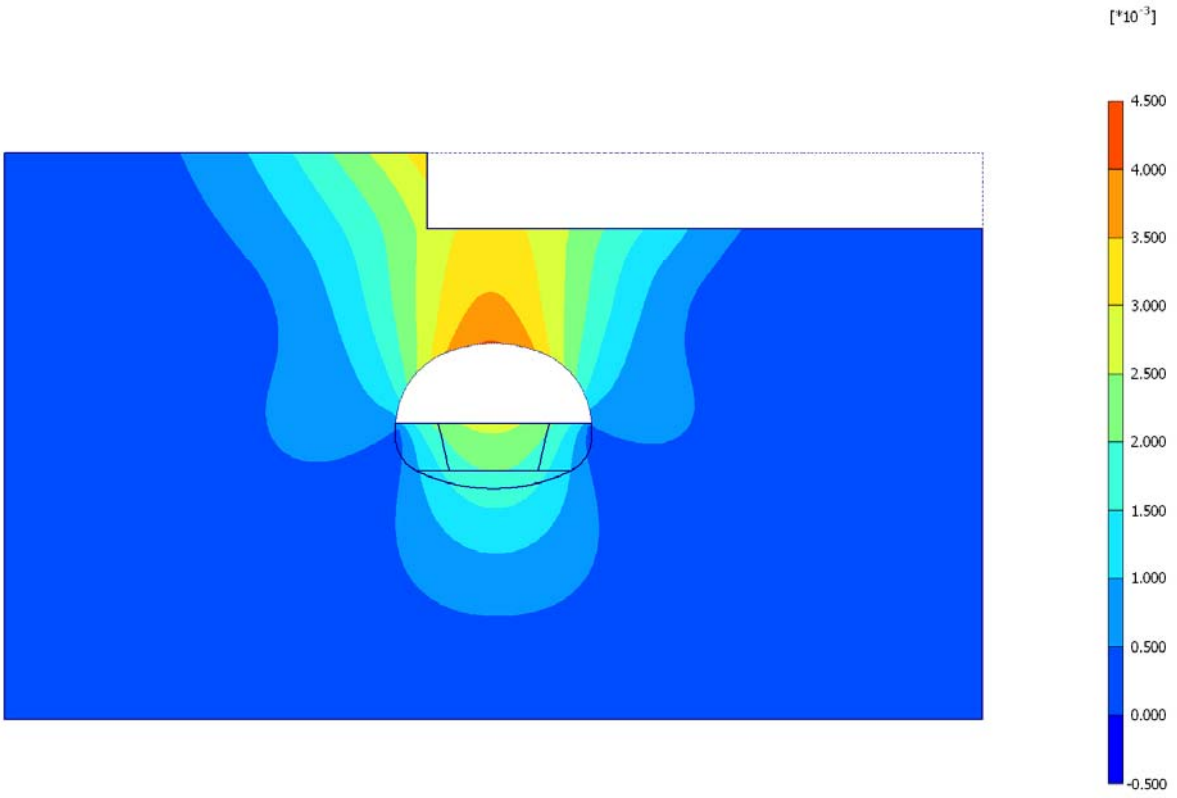


Fig. 20 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 10 - (Phase: 4)

10.2 *Stresses*

10.2.1 Plot of total stresses

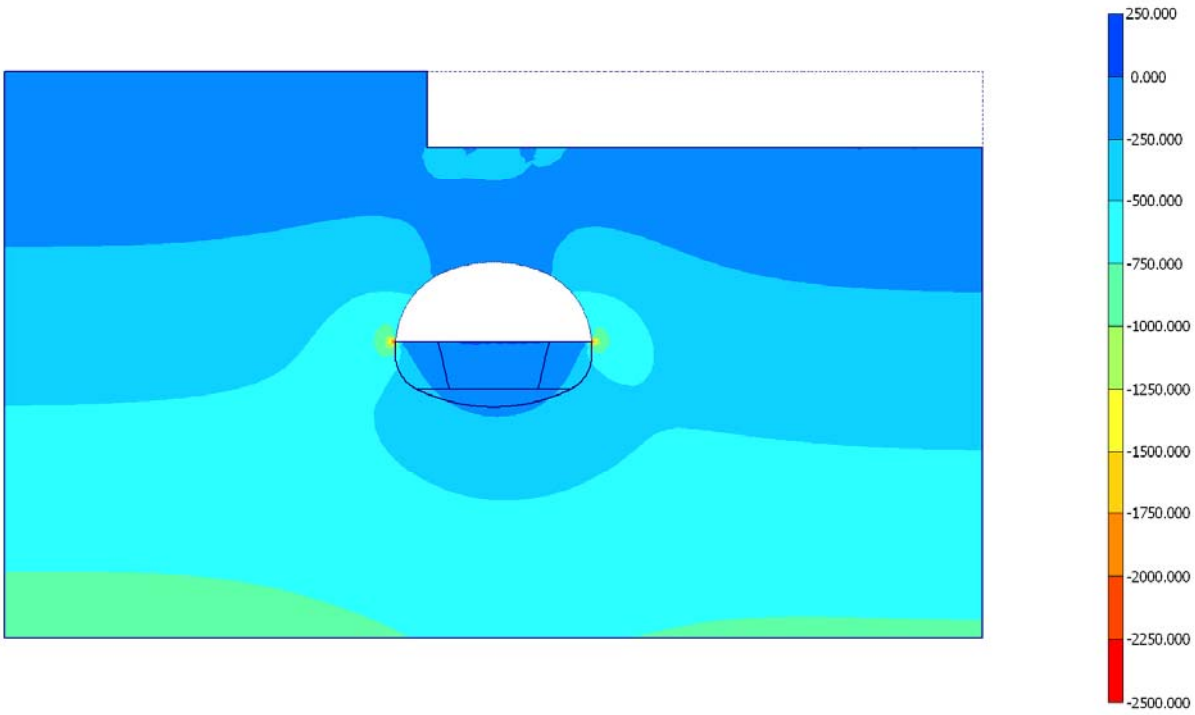


Fig. 21 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 10 - (Phase: 4)

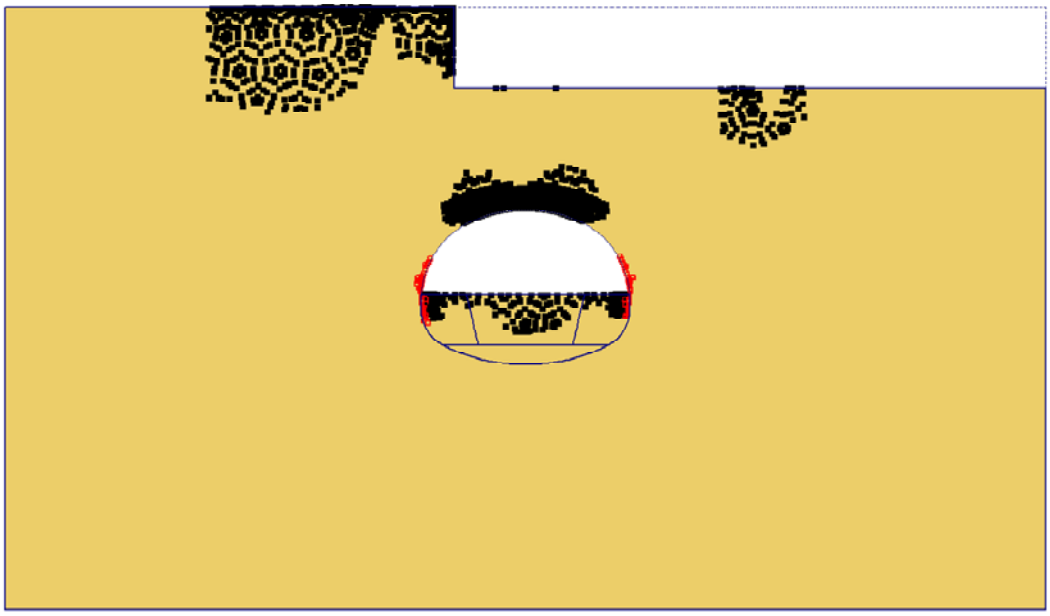


Fig. 22 Plot of plastic points
- Step no: 10 - (Phase: 4)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

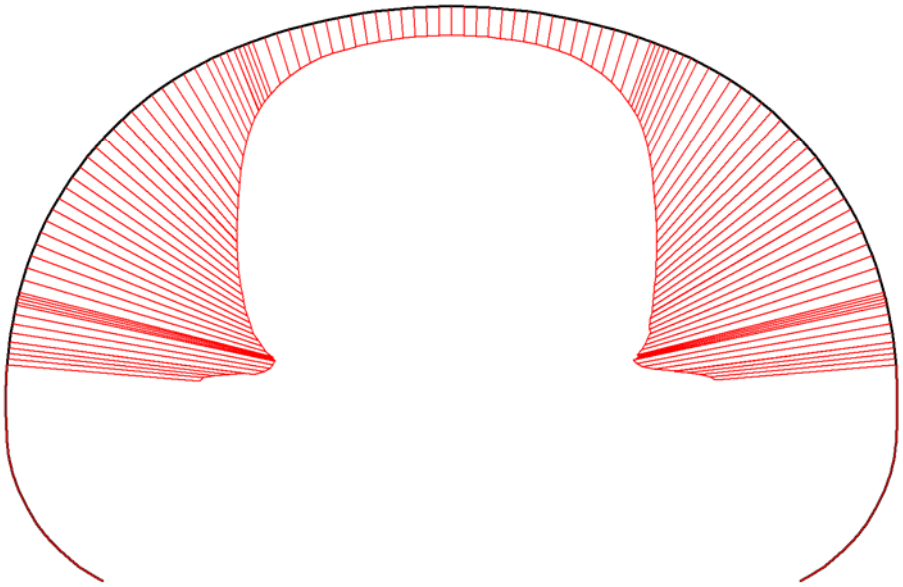


Fig. 23 Axial forces in beam
Extreme value -540,11 kN/m (Phase: 4)

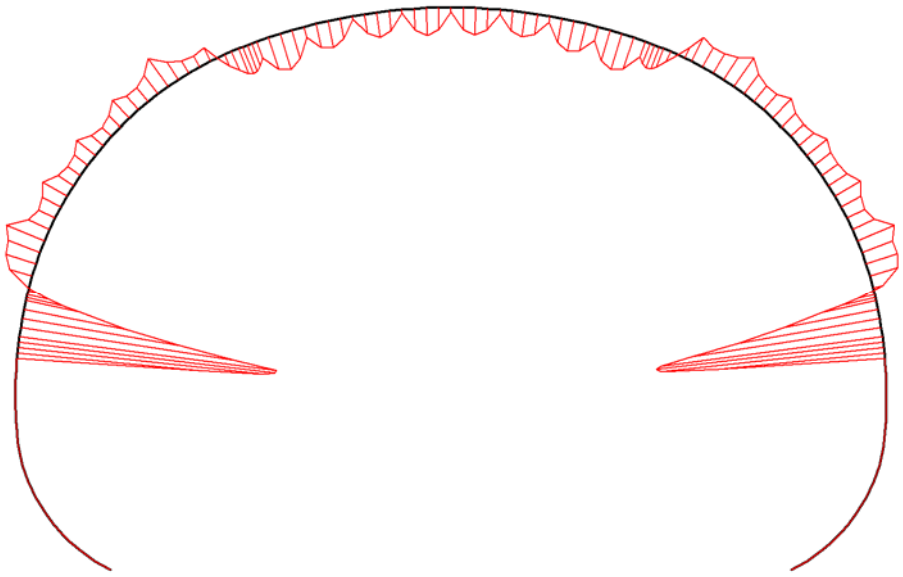


Fig. 24 Bending moments in beam
Extreme value 8,30 kNm/m (Phase: 4)

10.3.2 Anchors

Table [11] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	5,717	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	5,815	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	6,011	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	6,110	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	5,694	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	4,753	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	3,919	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	3,395	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	2,956	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	2,496	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	2,021	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	1,687	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	0,259	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	5,756	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	5,928	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,133	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	5,989	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,324	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,541	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	3,984	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	3,475	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	2,915	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	2,335	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	1,911	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,208	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

11.Results for phase 5

11.1 *Deformations*

11.1.1 Plot of total displacements

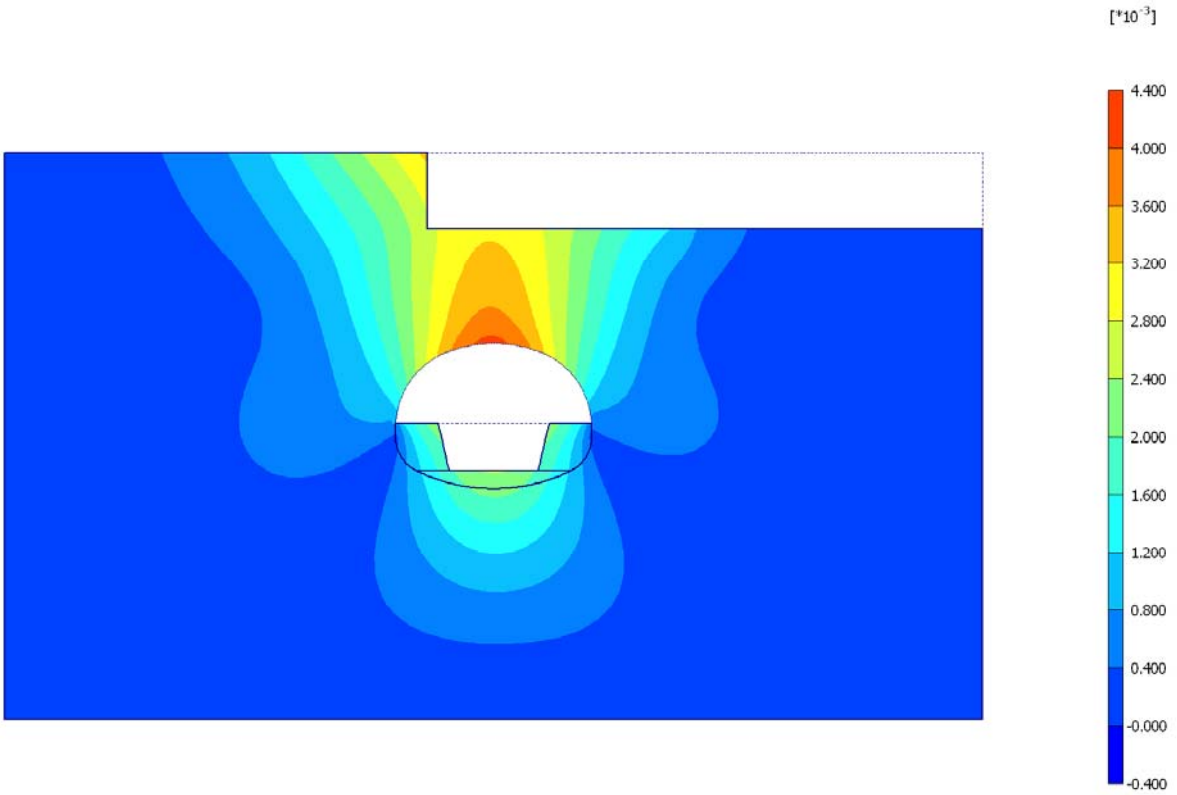


Fig. 25 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 14 - (Phase: 5)

11.2 *Stresses*

11.2.1 Plot of total stresses

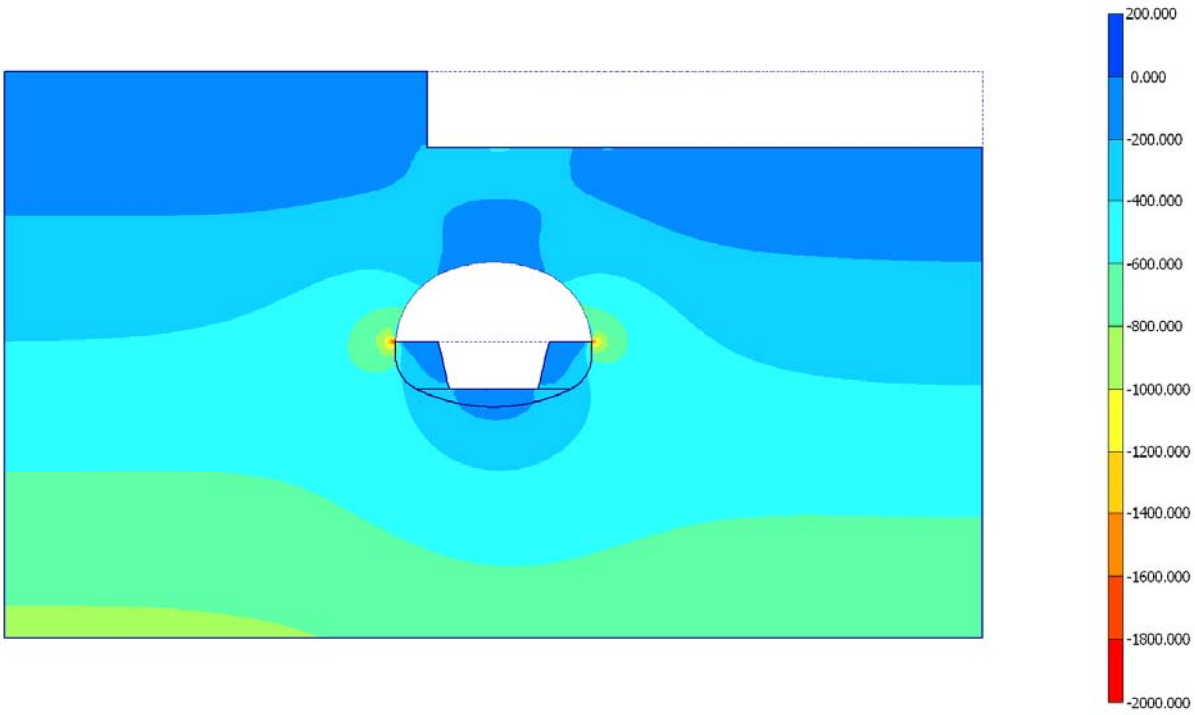


Fig. 26 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 14 - (Phase: 5)

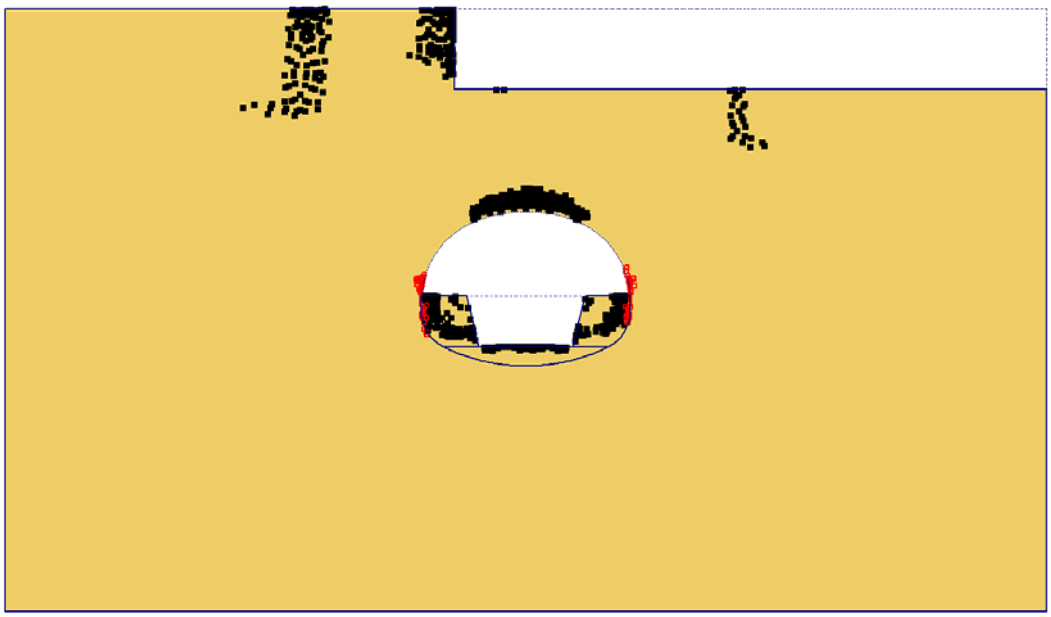


Fig. 27 Plot of plastic points
- Step no: 14 - (Phase: 5)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

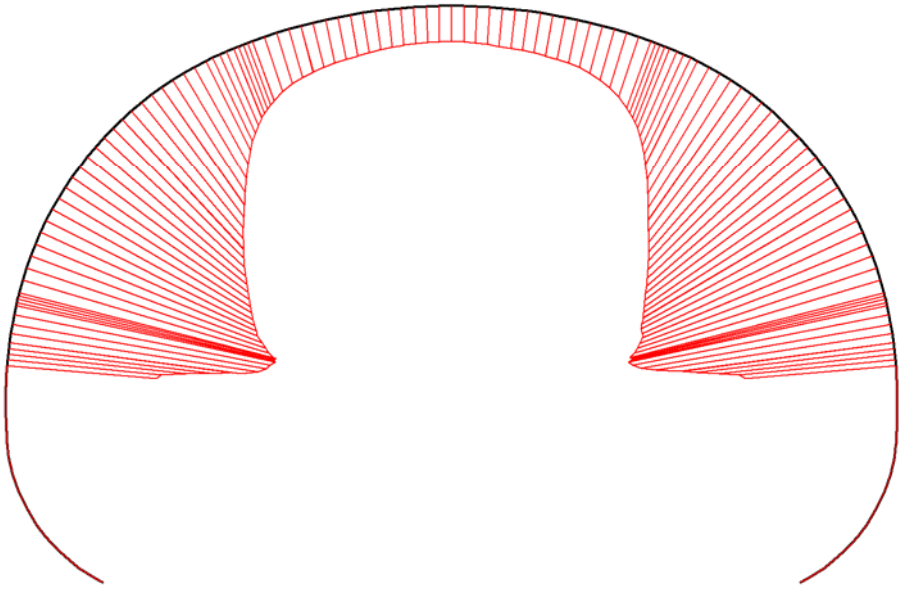


Fig. 28 Axial forces in beam
Extreme value -518,55 kN/m (Phase: 5)

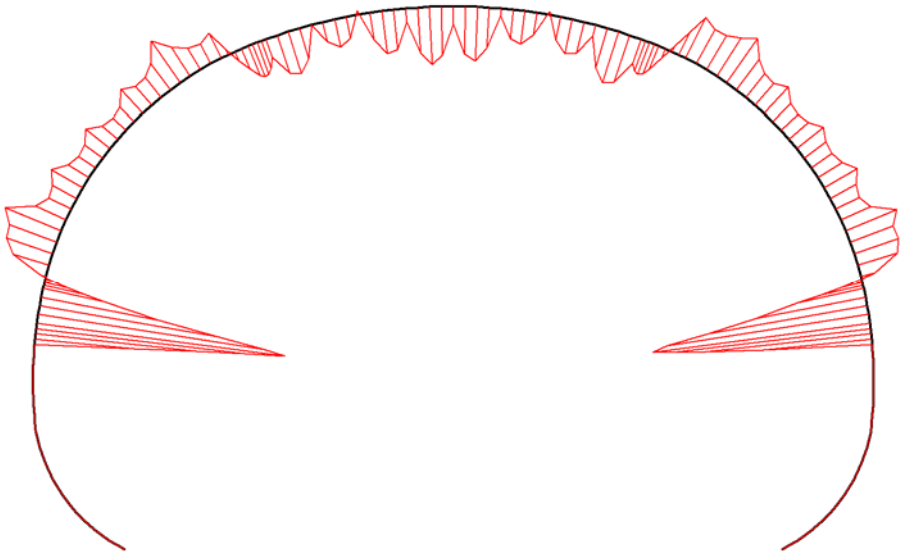


Fig. 29 Bending moments in beam
Extreme value 6,31 kNm/m (Phase: 5)

11.3.2 Anchors

Table [12] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	7,346	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	7,240	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	7,081	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	6,923	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	6,255	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	4,966	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	3,951	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	3,411	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	2,993	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	2,565	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	2,139	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	1,927	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	0,732	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,217	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	6,923	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,693	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,283	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,409	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,541	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	4,012	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	3,548	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	3,048	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	2,557	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	2,349	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	1,061	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

12. Results for phase 6

12.1 *Deformations*

12.1.1 Plot of total displacements

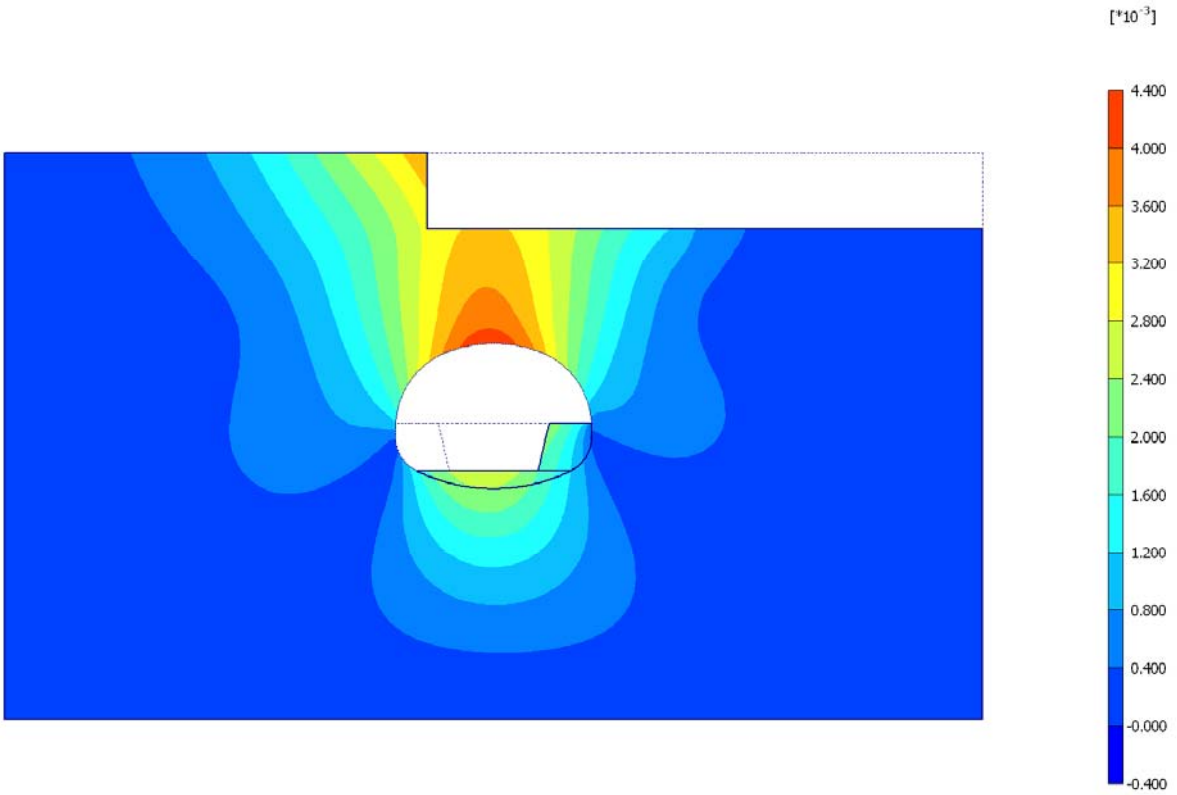


Fig. 30 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 18 - (Phase: 6)

12.2 *Stresses*

12.2.1 Plot of total stresses

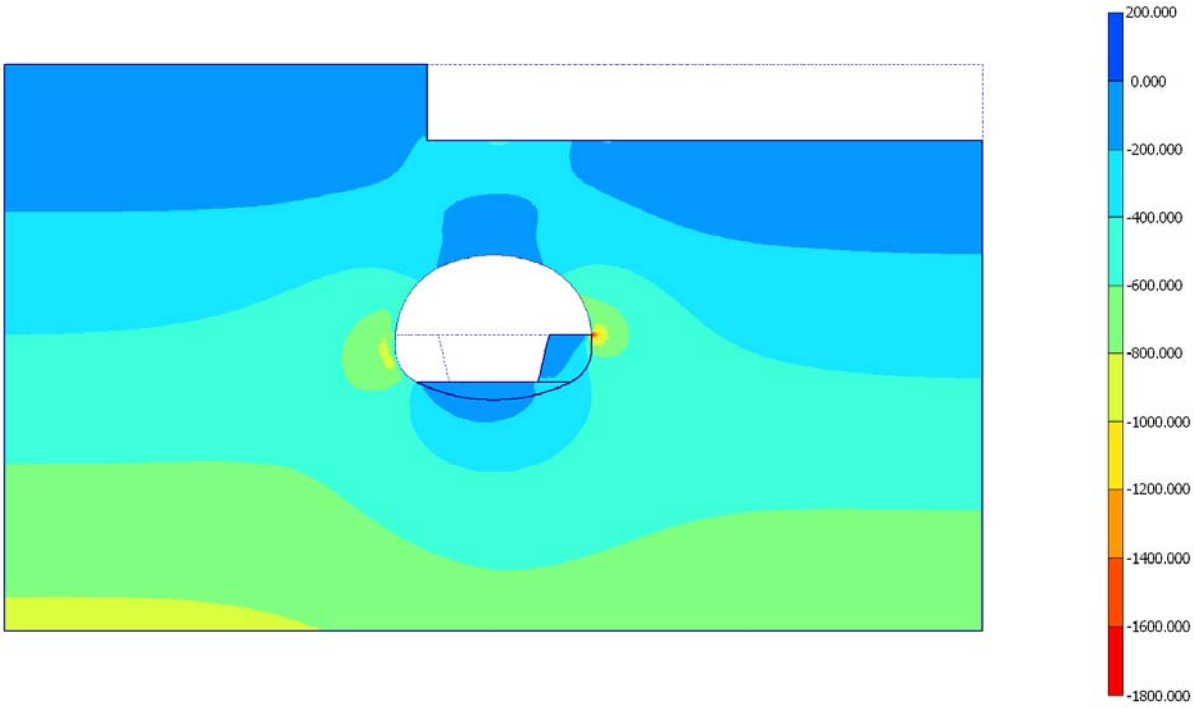


Fig. 31 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 18 - (Phase: 6)

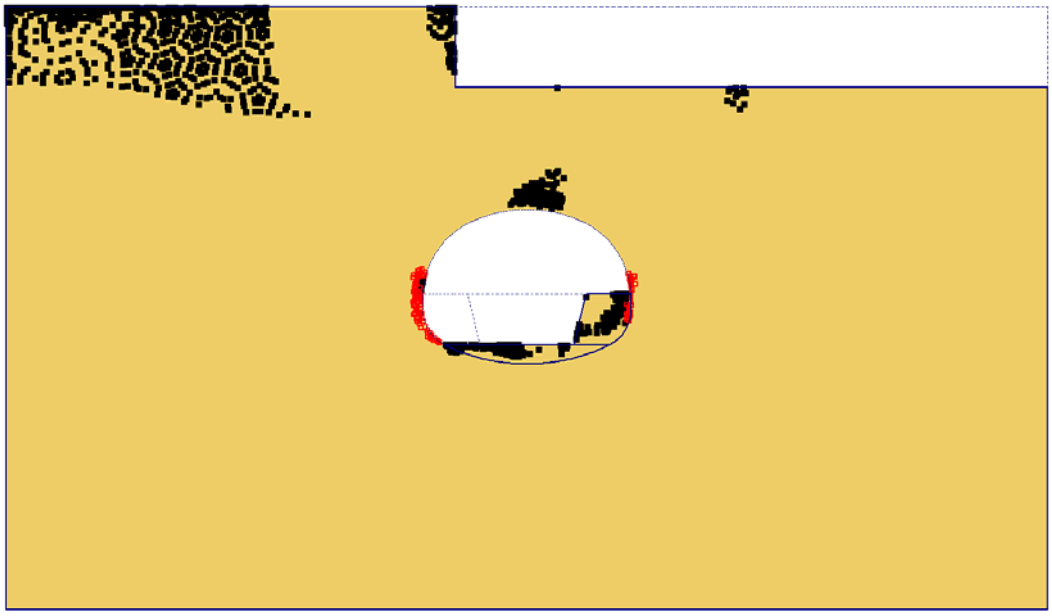


Fig. 32 Plot of plastic points
- Step no: 18 - (Phase: 6)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

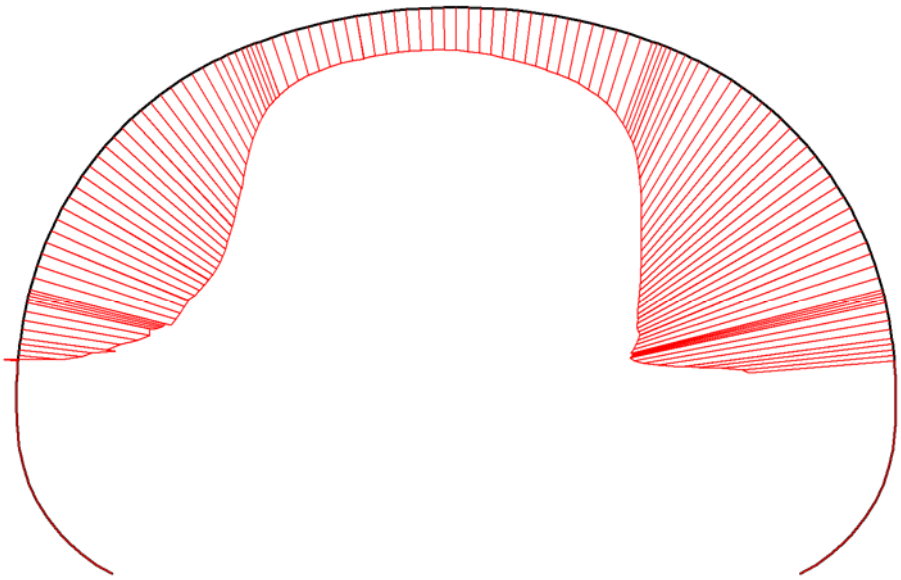


Fig. 33 Axial forces in beam
Extreme value -543,42 kN/m (Phase: 6)

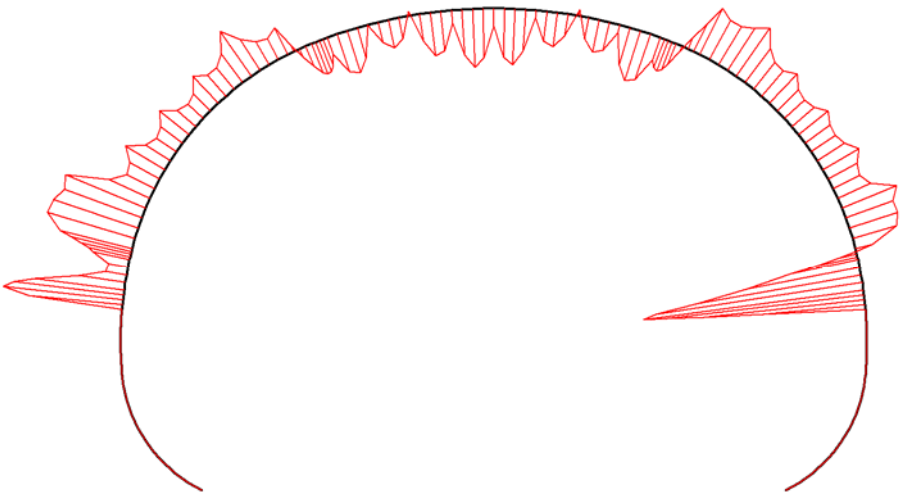


Fig. 34 Bending moments in beam
Extreme value 5,53 kNm/m (Phase: 6)

12.3.2 Anchors

Table [13] Anchors phase no: 6

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	7,482	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	7,423	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	7,258	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	7,072	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	6,380	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	5,059	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	4,011	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	3,438	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	2,994	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	2,549	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	2,115	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	1,913	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	0,735	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,282	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	6,937	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,707	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,368	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,630	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,947	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	4,653	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	4,501	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	4,431	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	4,565	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	5,613	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	7,602	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

13.Results for phase 7

13.1 *Deformations*

13.1.1 Plot of total displacements

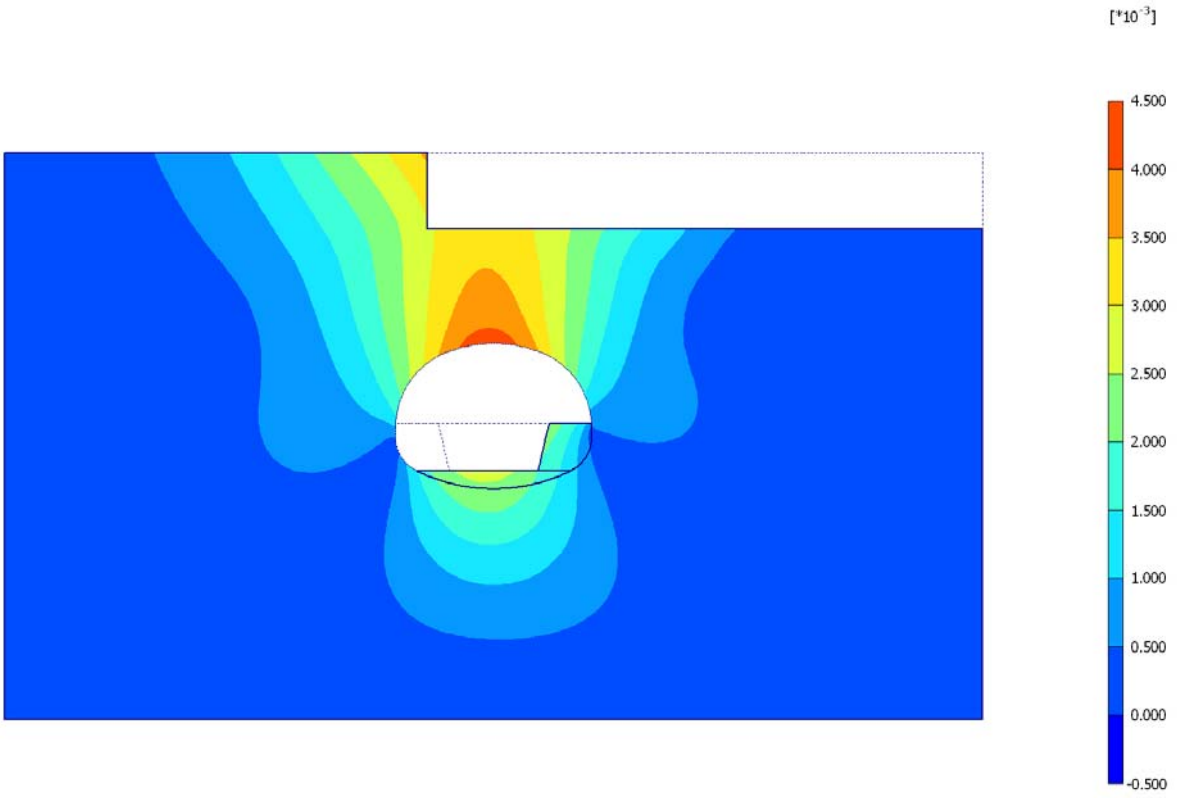


Fig. 35 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 21 - (Phase: 7)

13.2 *Stresses*

13.2.1 Plot of total stresses

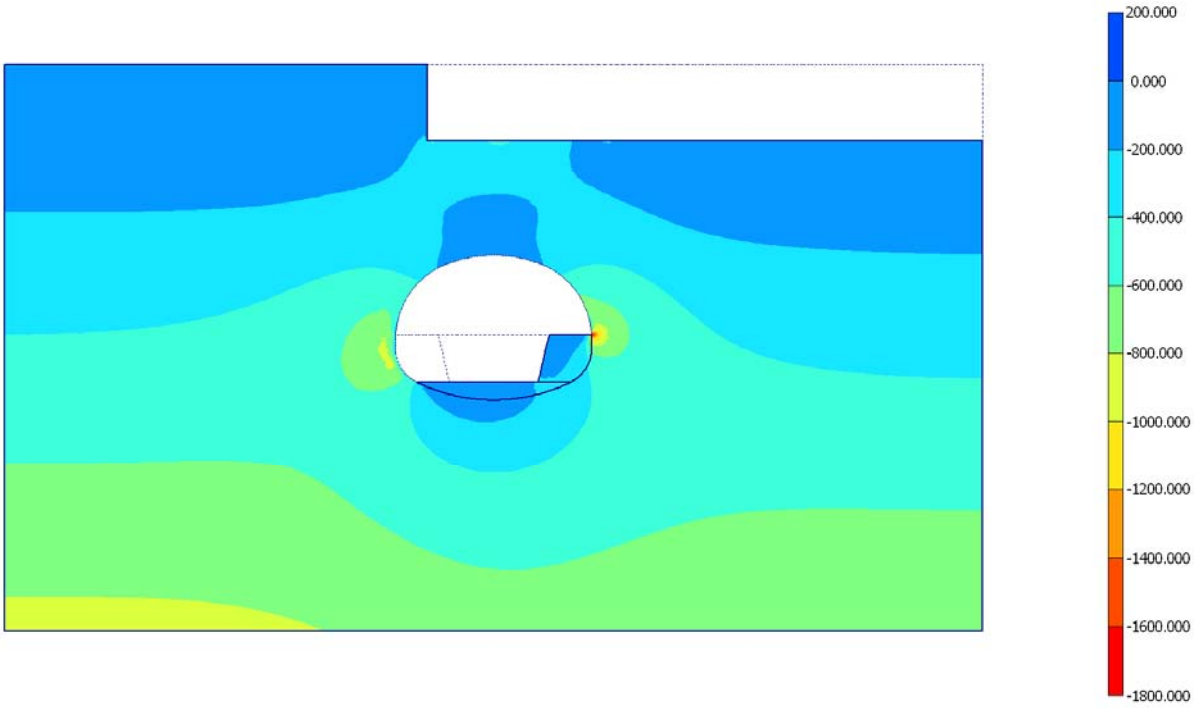


Fig. 36 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 21 - (Phase: 7)

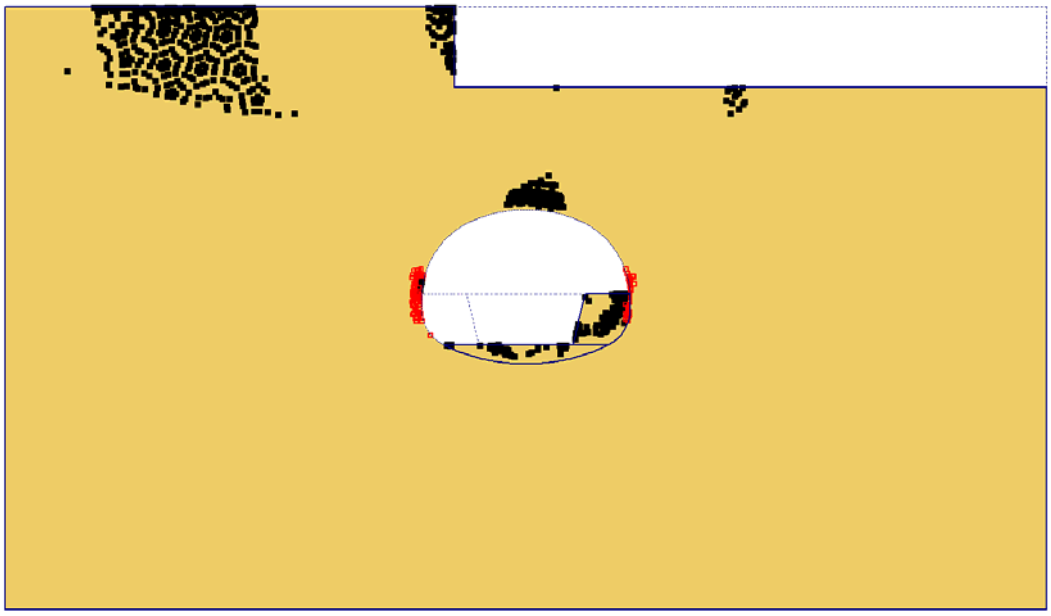


Fig. 37 Plot of plastic points
- Step no: 21 - (Phase: 7)

13.3 *Structures*

13.3.1 Beams

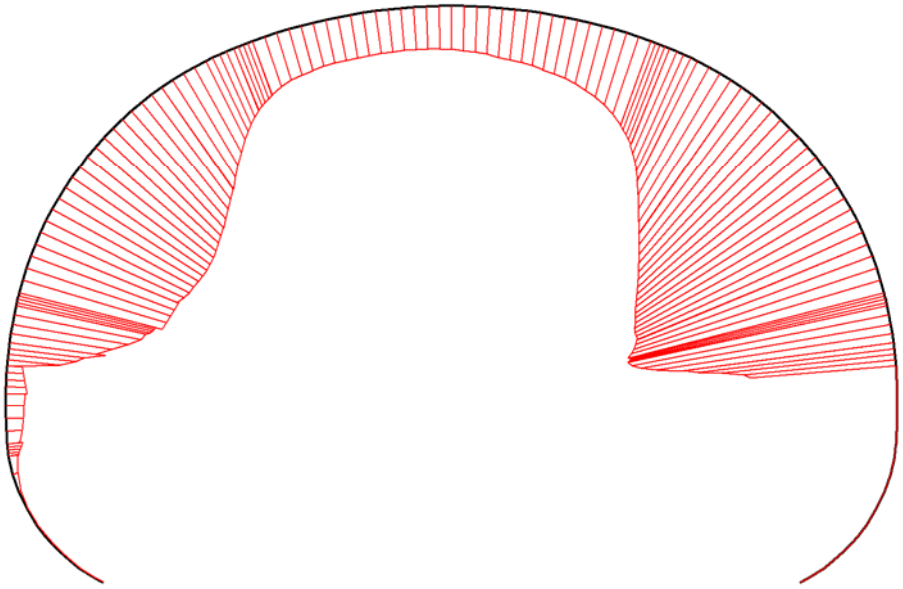


Fig. 38 Axial forces in beam
Extreme value -542,81 kN/m (Phase: 7)

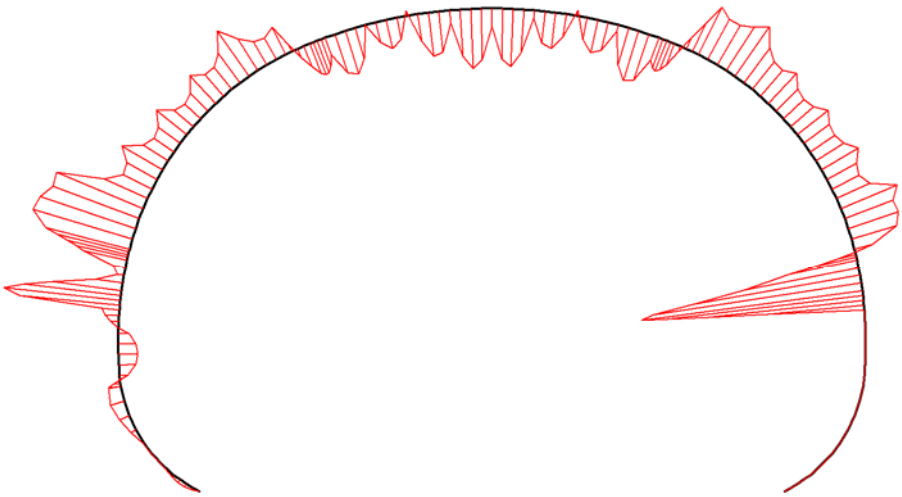


Fig. 39 Bending moments in beam
Extreme value 5,41 kNm/m (Phase: 7)

13.3.2 Anchors

Table [14] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	7,517	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	7,469	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	7,296	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	7,088	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	6,388	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	5,065	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	4,018	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	3,446	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	3,002	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	2,558	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	2,127	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	1,931	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	0,772	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,300	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	6,941	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,709	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,373	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,642	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,966	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	4,680	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	4,536	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	4,470	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	4,607	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	5,752	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	7,939	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,351	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,231	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

14.Results for phase 8

14.1 *Deformations*

14.1.1 Plot of total displacements

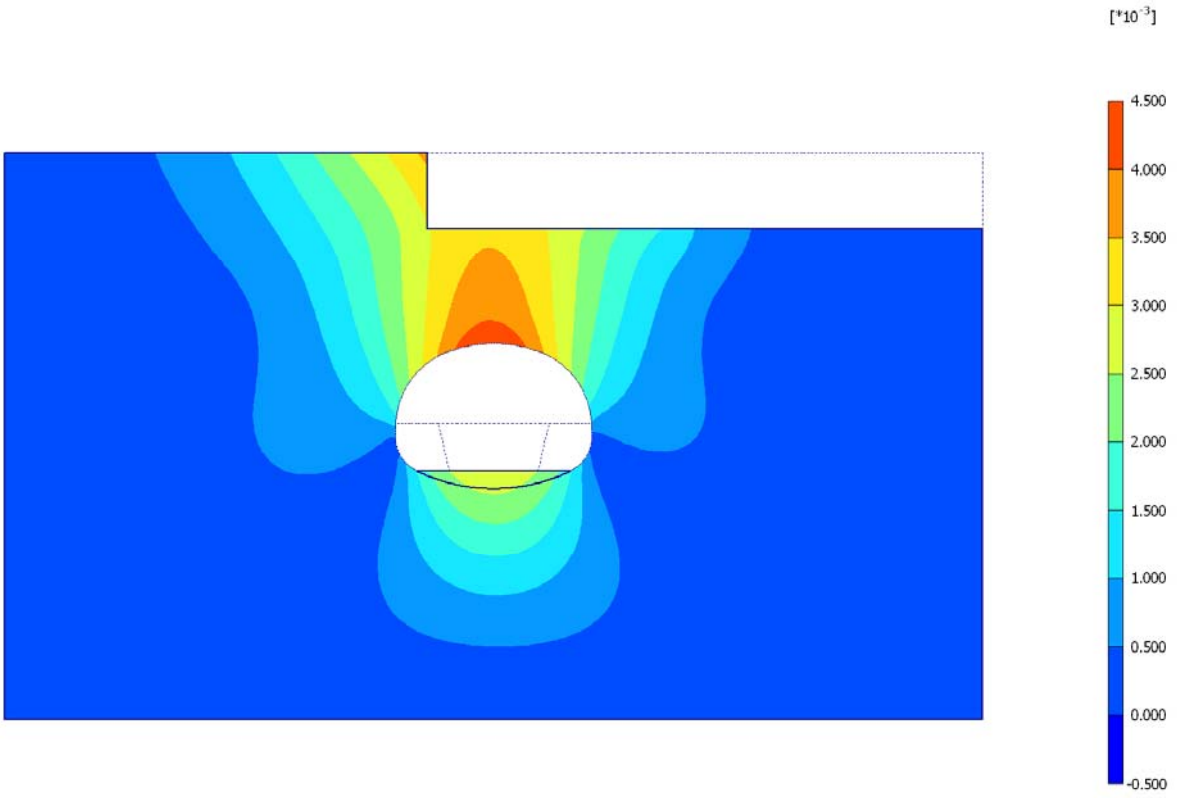


Fig. 40 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 24 - (Phase: 8)

14.2 *Stresses*

14.2.1 Plot of total stresses

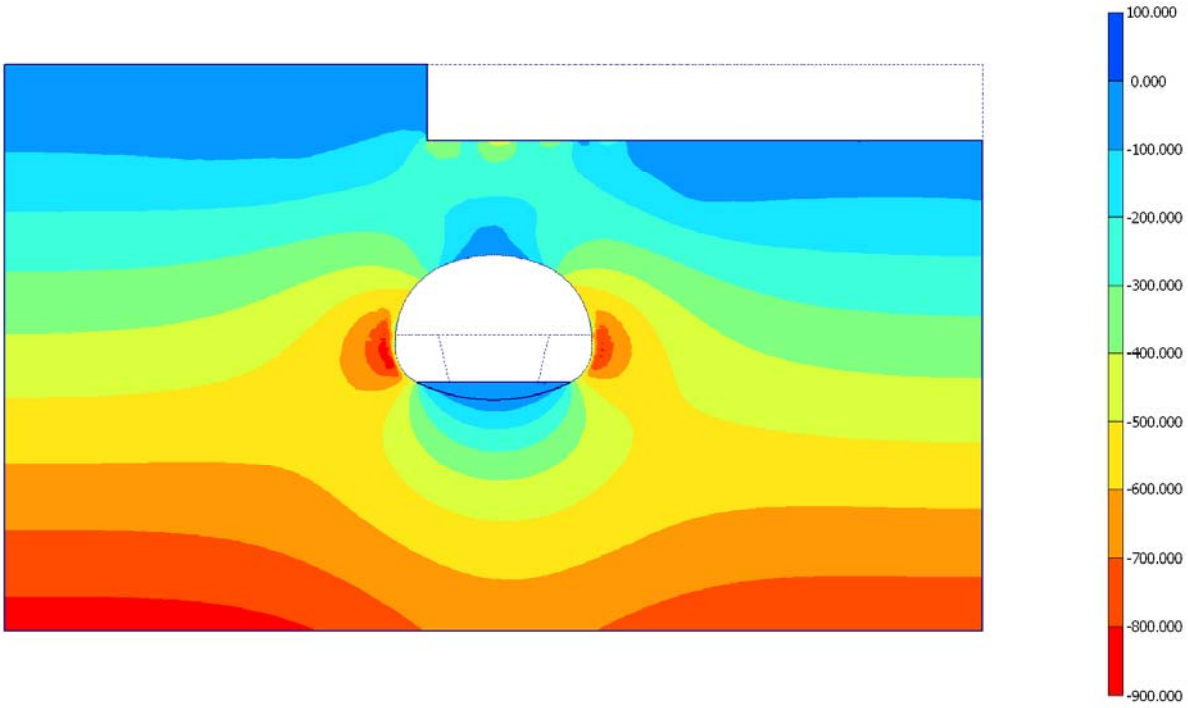


Fig. 41 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 24 - (Phase: 8)

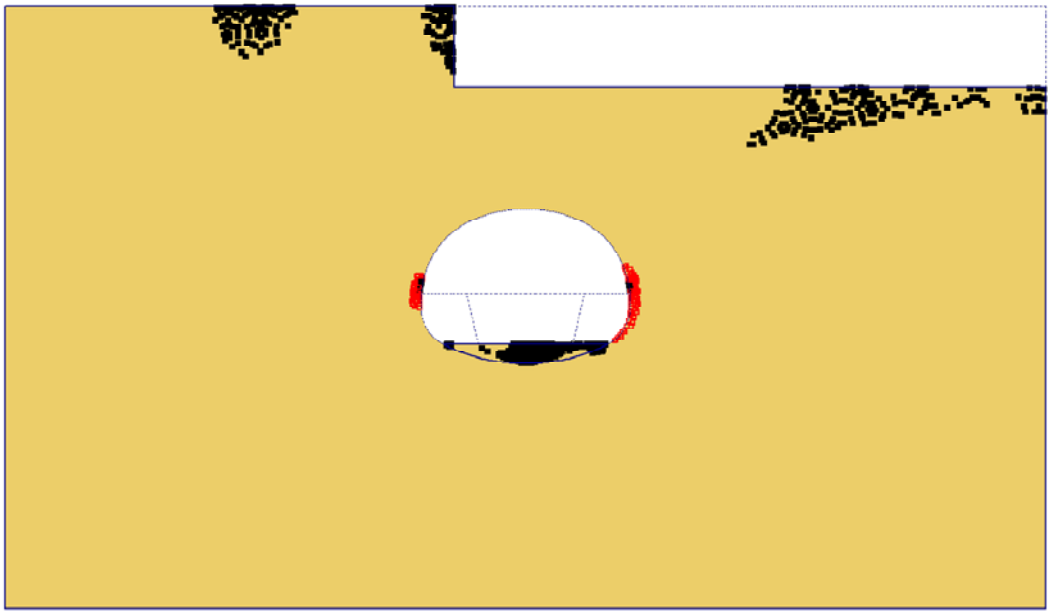


Fig. 42 Plot of plastic points
- Step no: 24 - (Phase: 8)

14.3 *Structures*

14.3.1 Beams

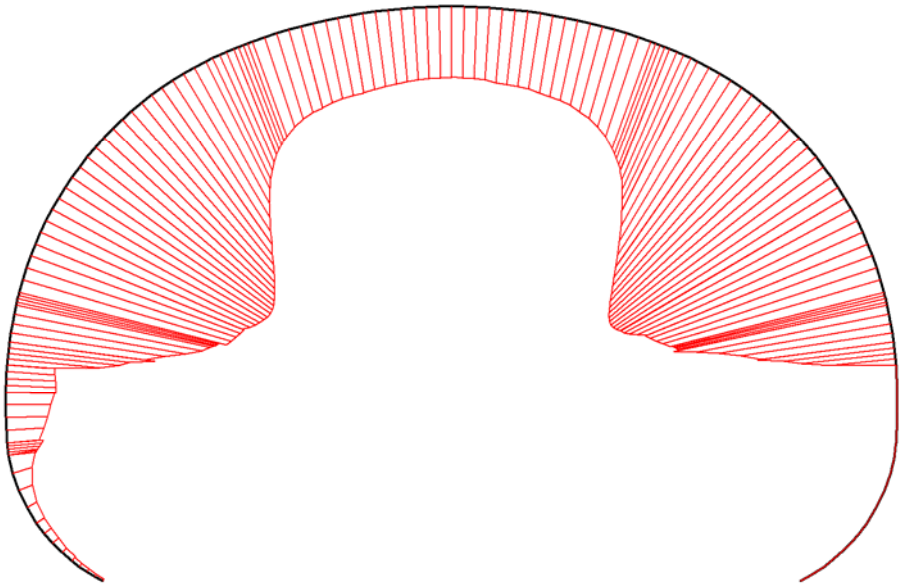


Fig. 43 Axial forces in beam
Extreme value -409,54 kN/m (Phase: 8)

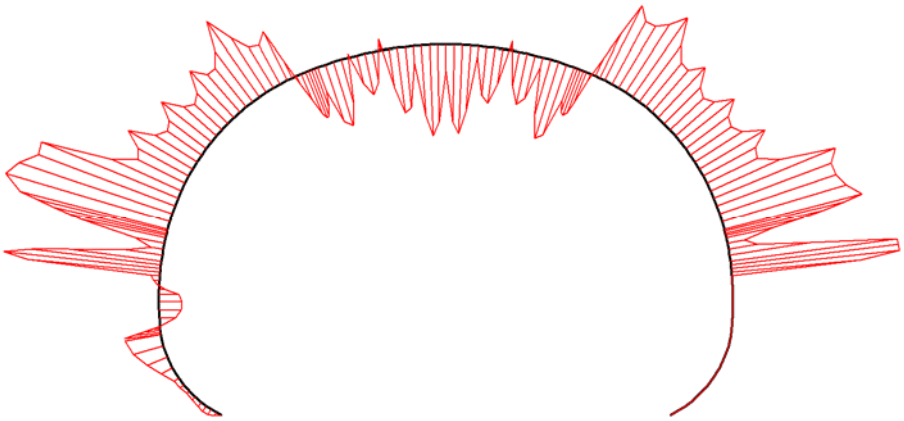


Fig. 44 Bending moments in beam
Extreme value -2,69 kNm/m (Phase: 8)

14.3.2 Anchors

Table [15] Anchors phase no: 8

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	7,613	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	7,538	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	7,347	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	7,141	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	6,480	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	5,238	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	4,332	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	3,979	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	3,838	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	3,805	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	3,958	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	4,875	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	6,642	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,421	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,077	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,844	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,484	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,709	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,994	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	4,677	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	4,511	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	4,432	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	4,560	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	5,707	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	8,029	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,426	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,212	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

15.Results for phase 9

15.1 *Deformations*

15.1.1 Plot of total displacements

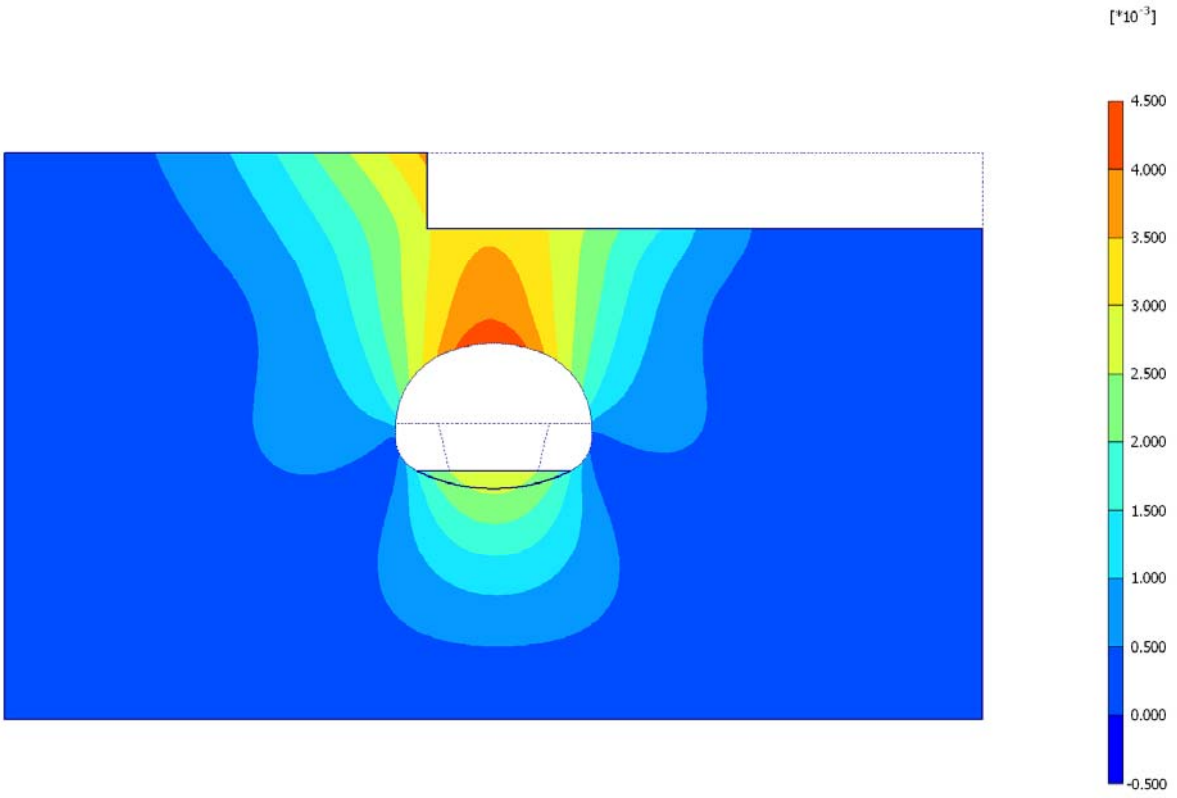


Fig. 45 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 27 - (Phase: 9)

15.2 *Stresses*

15.2.1 Plot of total stresses

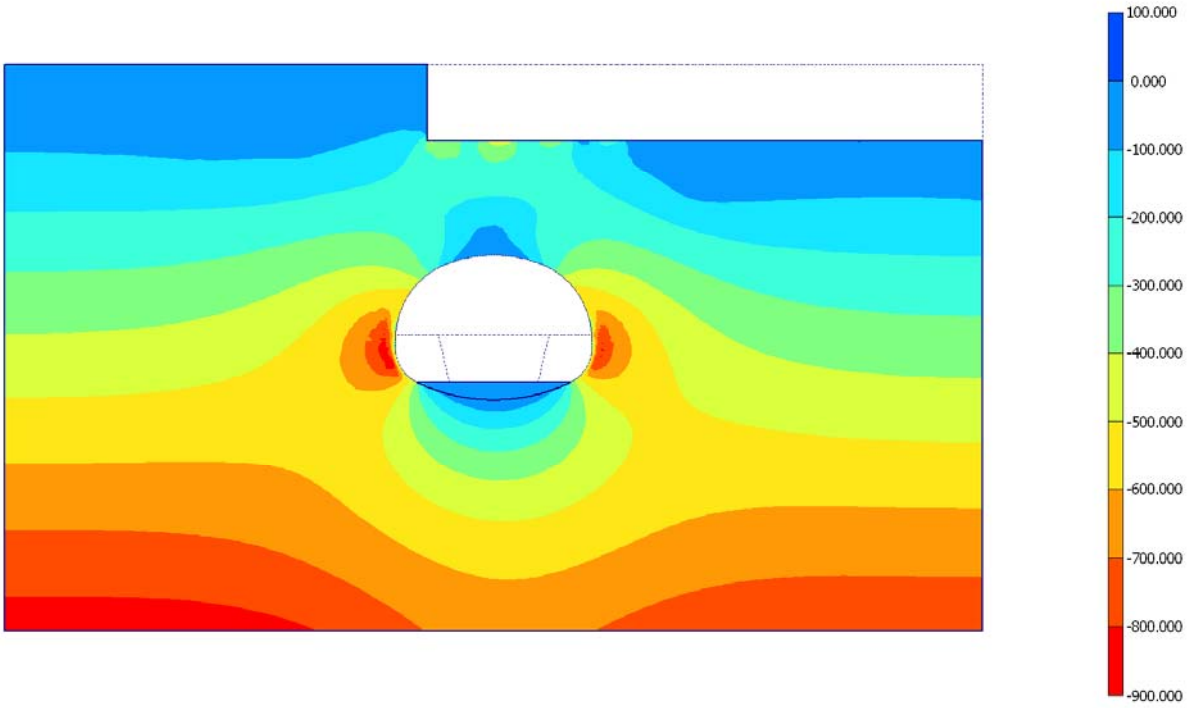


Fig. 46 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 27 - (Phase: 9)

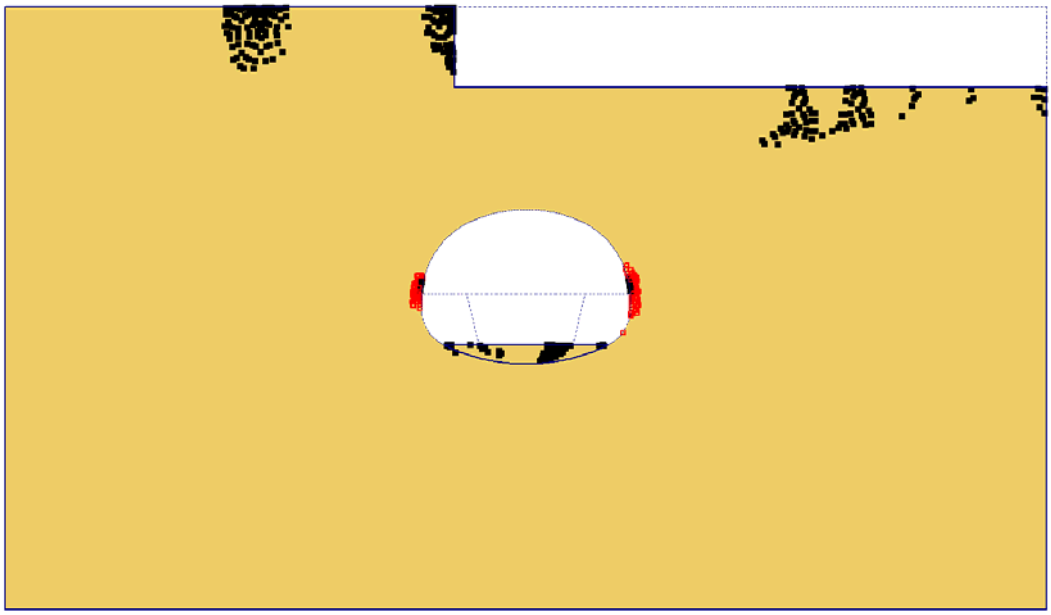


Fig. 47 Plot of plastic points
- Step no: 27 - (Phase: 9)

15.3 *Structures*

15.3.1 Beams

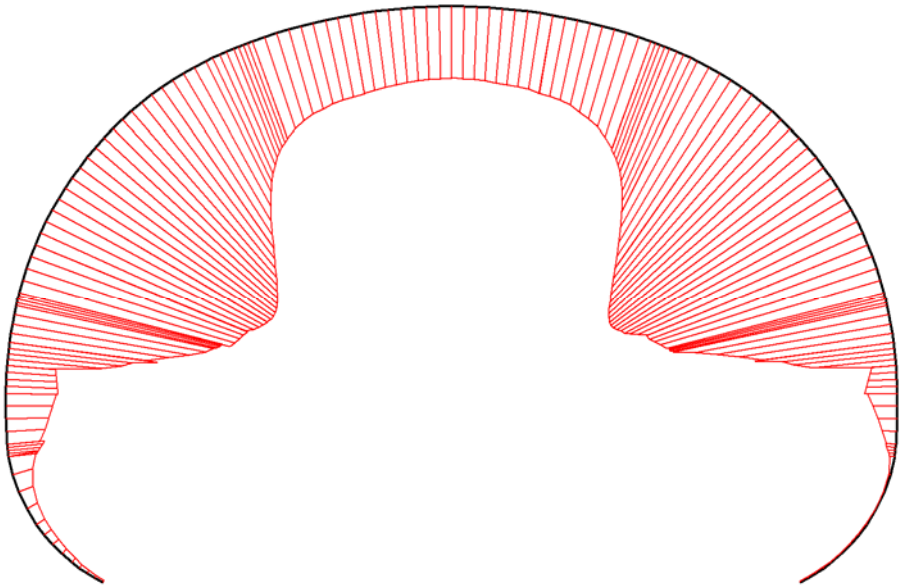


Fig. 48 Axial forces in beam
Extreme value -404,48 kN/m (Phase: 9)

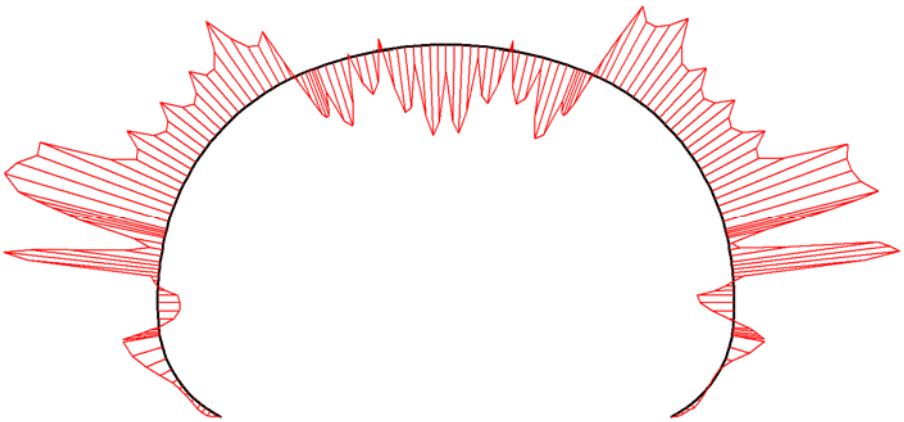


Fig. 49 Bending moments in beam
Extreme value -2,70 kNm/m (Phase: 9)

15.3.2 Anchors

Table [16] Anchors phase no: 9

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	7,617	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	7,541	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	7,349	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	7,144	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	6,486	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	5,249	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	4,350	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	4,005	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	3,872	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	3,844	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	3,994	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	5,033	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	6,983	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,362	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,119	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,426	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,082	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,850	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,489	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,714	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,997	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	4,680	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	4,513	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	4,433	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	4,561	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	5,707	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	8,034	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,429	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,212	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

16. Results for phase 10

16.1 *Deformations*

16.1.1 Plot of total displacements

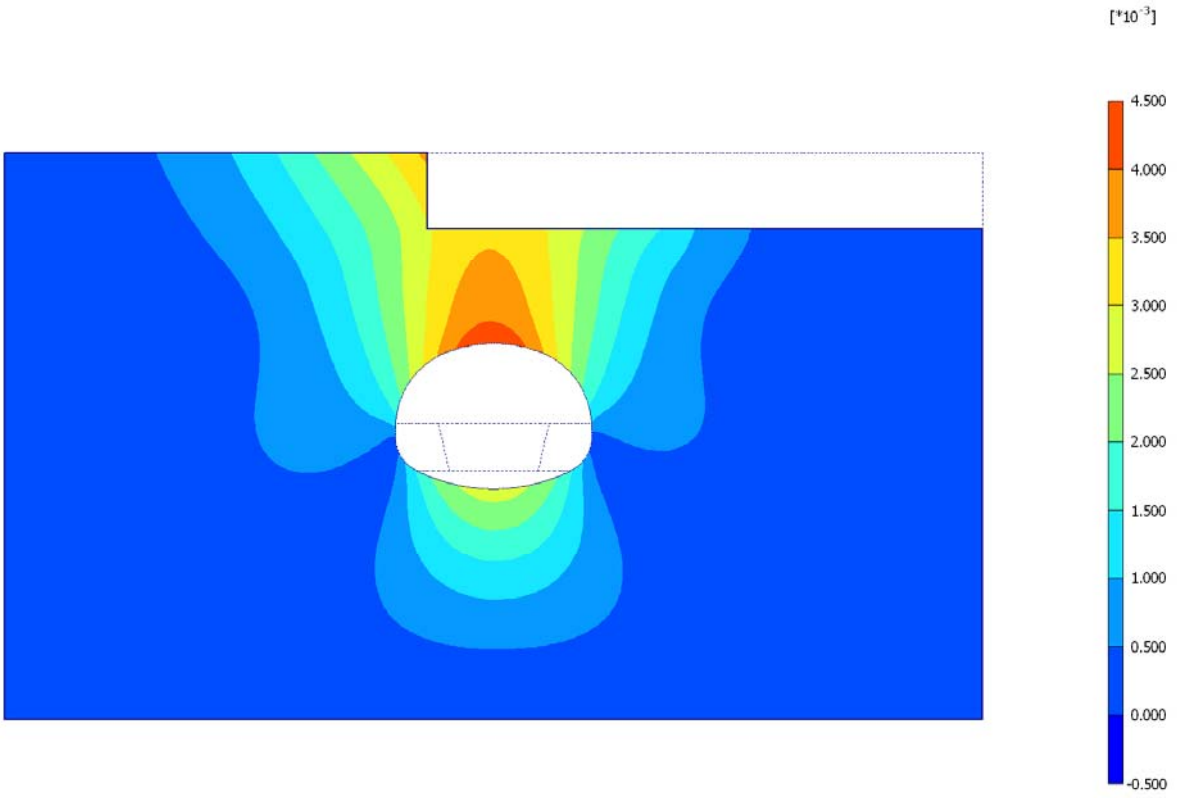


Fig. 50 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 10)

16.2 *Stresses*

16.2.1 Plot of total stresses

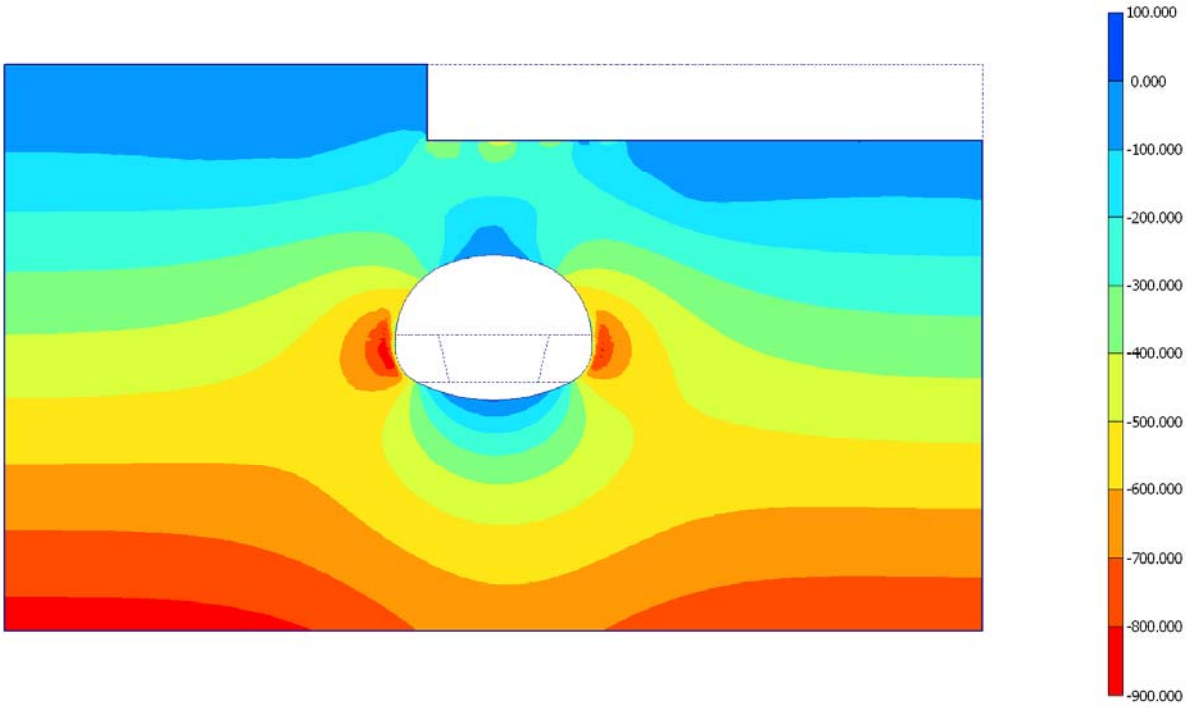


Fig. 51 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 10)

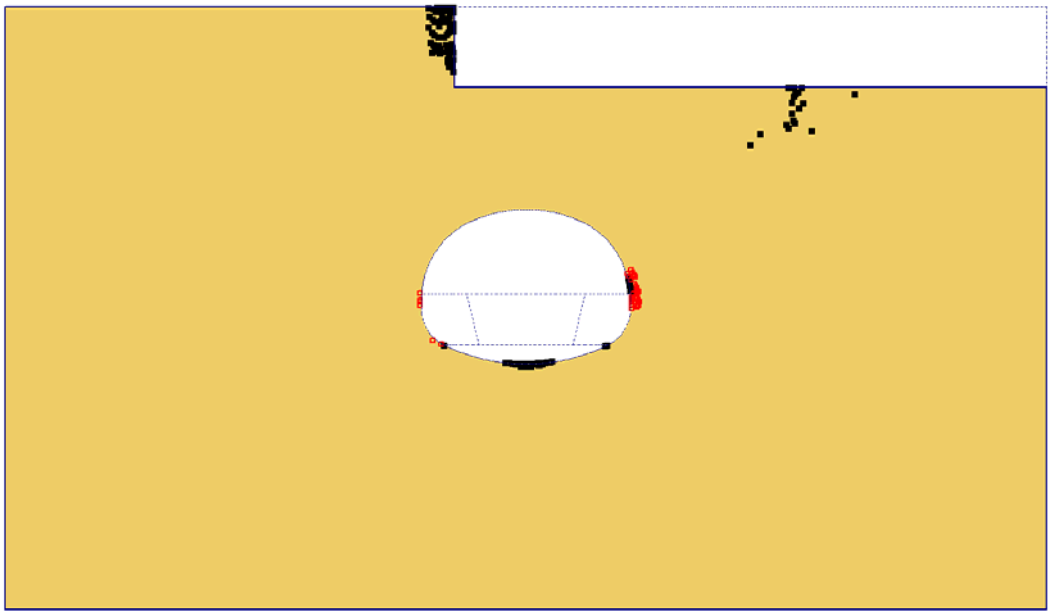


Fig. 52 Plot of plastic points
- Step no: 30 - (Phase: 10)

16.3 *Structures*

16.3.1 Beams

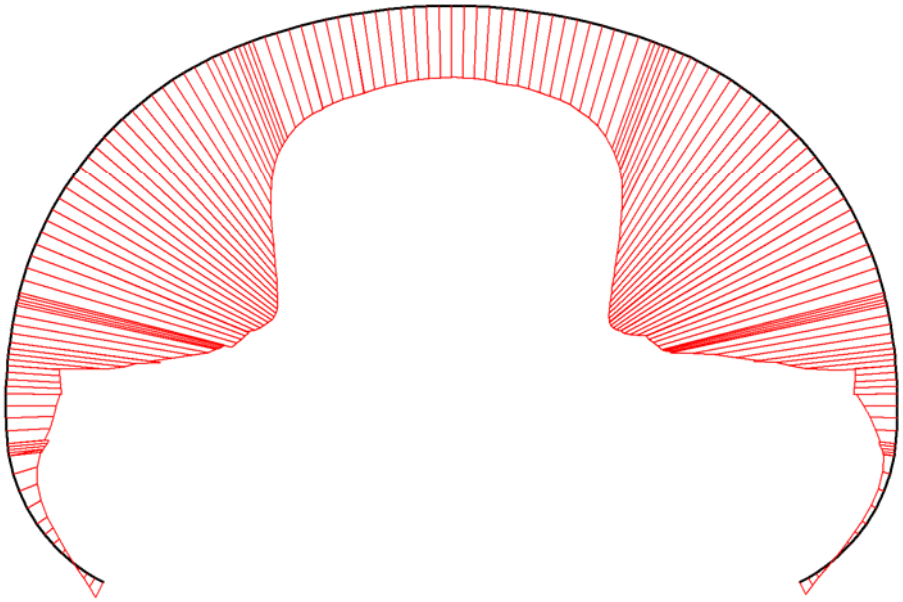


Fig. 53 Axial forces in beam
Extreme value -404,89 kN/m (Phase: 10)

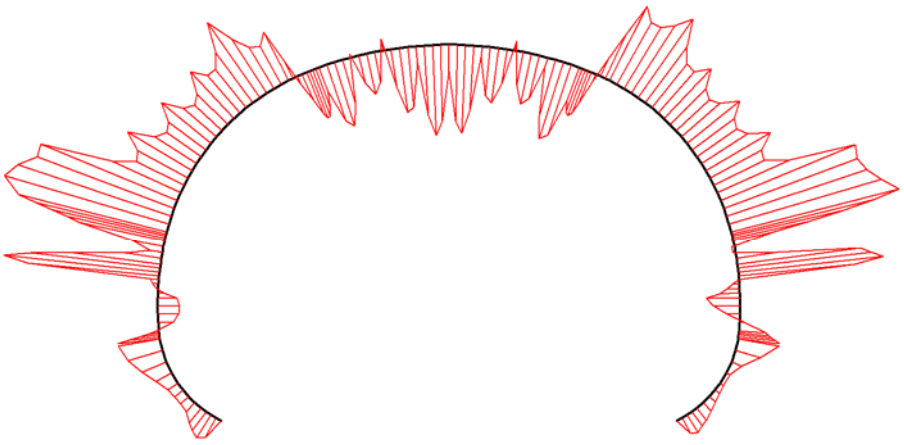


Fig. 54 Bending moments in beam
Extreme value -2,73 kNm/m (Phase: 10)

16.3.2 Anchors

Table [17] Anchors phase no: 10

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	|Fmax,comp| [kN]	|Fmax,tens| [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	6425 7133	0,000 0,000	7,416 13,416	7,611	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7153 6681	1,530 1,009	13,346 7,372	7,535	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7697 6697	3,050 2,011	13,146 7,240	7,344	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7713 6713	4,540 2,993	12,816 7,023	7,139	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8045 7243	6,000 3,954	12,366 6,721	6,481	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8159 7571	7,590 4,885	11,676 6,326	5,244	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8387 7561	9,190 5,754	10,726 5,806	4,343	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	8377 7481	10,640 6,543	9,546 5,166	3,995	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	8361 7455	11,910 7,231	8,186 4,424	3,861	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	8345 7465	12,970 7,807	6,656 3,593	3,830	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	8239 7297	13,800 8,261	4,986 2,686	3,975	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	7961 7117	14,390 8,582	3,216 1,724	5,054	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	7951 6923	14,720 8,772	1,526 0,730	7,132	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	7871 6939	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,431	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	7587 6615	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,108	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6305 6123	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,420	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6259 5877	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,077	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5915 5401	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,844	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5665 5105	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,482	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5321 4869	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,704	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
21	4797 4859	-9,190 -5,754	10,726 5,806	4,985	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4225 4509	-10,640 -6,543	9,546 5,166	4,665	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	3793 4209	-11,910 -7,231	8,186 4,424	4,496	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	3067 4199	-12,970 -7,807	6,656 3,593	4,415	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	2659 3709	-13,800 -8,261	4,986 2,686	4,543	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	2599 3227	-14,390 -8,582	3,216 1,724	5,693	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	2583 3415	-14,720 -8,772	1,526 0,730	8,022	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	2429 3395	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,422	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2387 3353	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,211	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002