ANEJO Nº7

Obras Subterráneas

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO EN TÚNEL 1

2. GEOMETRÍA DE LAS SECCIONES DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS 3

2.1 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN DEL TÚNEL DE LÍNEA 3

2.2 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN DE CAVERNA DE ESTACIÓN 4

2.3 GEOMETRÍA DE LAS SECCIONES DE LAS RESTANTES OBRAS SUBTERRÁNEAS 5

3. INFORMACIÓN PRELIMINAR Y CAMPAÑA GEOTÉCNICA DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN 7

3.1 INFORMACIÓN PRELIMINAR 7

3.2 CAMPAÑA GEOTÉCNICA DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN 7

4. BREVE DESCRIPCIÓN DEL TERRENO ATRAVESADO 9

4.1 COMPLEJO SUPRAURGONIANO (ALBIENSE SUPERIOR) FLYSCH NEGRO, FORMACIÓN DURANGO 9

4.1.1 Alternancia de Areniscas silíceas y Lutitas (CS-5) 9

5. CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA 11

5.1 CS-5, ALTERNANCIA DE ARENISCAS SILÍCEAS Y LUTITAS 12

5.1.1 Descripción general CS-5 12

5.1.2 Parámetros de la roca matriz CS-5, zonas de predominancia de lutitas y de alternancia de areniscas y lutitas 12

5.1.3 Parámetros de la roca matriz CS-5, zonas de areniscas 15

5.2 AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN 18

6. CARACTERIZACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO 19

6.1 CONTINUIDAD O PERSISTENCIA 19

6.2 FRICCIÓN Y COHESIÓN 19

6.2.1 Fricción 20

6.2.2 Cohesión 20

7. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO 21

7.1 CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS 21

7.1.1 Clasificación Q de Barton 21

7.1.2 Clasificación RMR de Bieniawski 23

ÍNDICE *(continuación)*

7.1.3 Análisis estadístico de los valores obtenidos en los sondeos 24
7.1.4 Tramificación de la calidad del macizo a lo largo del túnel 25
7.2 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MACIZO ROCOSO 26
7.2.1 Parámetros deformacionales 27
7.2.1.1 Ensayos in situ para la determinación de Em 27
7.2.1.2 Correlaciones empíricas entre Em y las clasificaciones geomecánicas 29
7.2.1.3 Correlaciones empíricas entre Em y Ei 31
7.2.1.4 Estimaciones de Em mediante RocLab y comparación con los resultados de campo 31
7.2.1.5 Valores de Em propuestos para los cálculos 33
7.2.2 Parámetros resistentes 33
7.2.3 Parámetros a considerar en el análisis tensodeformacional 34

8. DEFINICIÓN DEL SOSTENIMIENTO Y REVESTIMIENTO 36
8.1 SOSTENIMIENTOS TIPO 36
8.2 TRATAMIENTO EN BOQUILLAS 38
8.3 TRATAMIENTO EN ENTRONQUES 39
8.4 REVESTIMIENTO 40
8.5 IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE 41
8.5.1 Inyecciones de impermeabilización en el contorno del túnel 42

9. CÁLCULOS 43
9.1 ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. TÚNEL DE LÍNEA Y DEMÁS OBRAS SUBTERRÁNEAS DEL GRUPO 3 44
9.1.1 Descripción de los cálculos realizados 44
9.1.2 Modelo geológico geotécnico 45
9.1.2.1 Parámetros geotécnicos 45
9.1.2.2 Coeficiente de reparto de tensiones 47
9.1.3 Modelo numérico 48
9.1.4 Márgenes de seguridad establecidos como referencia para el análisis de los resultados 53
9.1.5 Resultados obtenidos 53
9.1.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD K0 57
9.2 ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. CAVERNA DE LA ESTACIÓN DEL HOSPITAL 58
9.2.1 Descripción de los cálculos realizados 58

ÍNDICE *(continuación)*

9.2.2 Modelo geológico geotécnico 59
9.2.2.1 Parámetros geotécnicos 59
9.2.3 Modelo numérico 59
9.2.4 Márgenes de seguridad establecidos como referencia para el análisis de los resultados 64
9.2.5 Resultados obtenidos 64
9.2.6 Conclusiones del análisis tensodeformacional 66
9.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE BLOQUES 67
9.3.1 Análisis de estabilidad de bloques tramo Galdakao - Hospital 69
9.3.1.1 Tramo 1(Dominio 18): PK 4+340 a PK 4+603 69
9.3.1.2 Tramo 2 (Dominio 19): PK 4+603 a PK 4+735 73
9.3.1.3 Tramo 3 (Dominio 20): PK 4+735 a PK 5+518 76
9.3.1.4 Tramo 4 (Dominio 21): PK 5+518 a PK 5+841 86
9.3.1.5 Tramo 5 (Dominio 20): PK 5+841 a PK 5+942 106
9.3.1.6 Tramo 6 (Dominio 22): PK 5+942 a PK 5+989 110
9.3.1.7 Tramo 7 (Dominio 22): CAVERNA DE ESTACIÓN PK 5+989 a PK 6+098 112
9.3.1.8 Tramo 8 (Dominio 22): PK 6+098 a PK 6+270 115

10. PROCESO CONSTRUCTIVO 119
10.1 MODO DE EXCAVACIÓN 119
10.1.1 Excavabilidad 119
10.1.1.1 Resistencia mecánica 119
10.1.1.2 Abrasividad 119
10.1.1.3 Criterios de excavabilidad 122
10.1.1.4 Velocidad de las ondas sónicas 124
10.1.2 Forma y dimensiones de la sección 126
10.1.3 Vibraciones 126
10.1.4 Rendimiento/coste 126
10.1.5 Conclusiones y método de excavación propuesto 127
10.2 MÉTODO DE EJECUCIÓN 127
10.2.1 Fases de excavación y sostenimiento 128
10.3 EXCAVACIÓN DE LOS CONDUCTOS VERTICALES 129

11. TRATAMIENTOS ESPECIALES 131
11.1 TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN DE LA CLAVE 131

ÍNDICE *(continuación)*

11.2 TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN DEL FRENTE 131
11.3 TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN DE LA SOLERA 132
11.4 TRATAMIENTOS FRENTE A INFILTRACIONES DE AGUA 132

12. CONTROL GEOTÉCNICO Y AUSCULTACIÓN 133
12.1 Control geotécnico 133
12.2 Auscultación 134
12.2.1 Parámetros de control 134
12.2.2 Tipos de instrumentos, características y colocación 135
12.2.3 Propuesta de auscultación. secciones de control y zonas singulares 138
12.2.4 Lecturas a realizar y frecuencia 141

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 DEL HOSPITAL.

1. INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO EN TÚNEL

El Proyecto de Construcción del tramo Galdakao - Hospital de la Línea 5 del F.M.B. arranca a las afueras del centro urbano de Galdakao (PK 4+340) y finaliza en el Hospital de Galdakao. Transcurre íntegramente por este Municipio, saliendo del centro urbano y pasando bajo el río Nervión, el barrio de Bekea y de nuevo bajo el río antes de llegar a la zona del Hospital donde finaliza el tramo. Tiene una longitud de 1,84 km, todos ellos en túnel en mina.

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

TRAMO	PK inicio	PK final	L túnel mina (m)
Túnel Galdakao – Estación Hospital	4+340,000	5+988,872	1648,872
Estación Hospital	5+988,872	6+098,272	109,400
Estación Hospital – Fin trazado	6+098,272	6+270,000	171,728

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** de línea del tramo **Galdakao – Hospital** transcurre entre los PKs 4+340 y 6+270 (L = 1930 m), en el Término Municipal de Galdakao, y se excavará en mina.

En planta, el túnel discurre en una sucesión de rectas y curvas circulares con sus clotoides de transición. Las rectas son de longitud considerable (entre 170 y 500 m aproximadamente) y las curvas tienen radios que oscilan entre 250 m y 1000 m.

En alzado presenta una pendiente descendente en el inicio, con 3 ‰ hasta el PK 4+374 donde comienza un acuerdo vertical de kv = 3000 para aumentar la pendiente negativa hasta el 50 ‰. En el PK 4+632 (acuerdo con kv = 2000) pasa a pendiente ascendente de 40‰ hasta un máximo en el PK 5+234 donde con kv = 2000 vuelve a descender con el 40‰ hasta el PK 5+582, punto de acuerdo con kv = 2000 a partir del cual asciende con el 50‰. En el PK 5+920, con kv = 1200 se inicia el tramo horizontal en el que se sitúa la estación de Hospital y termina con un acuerdo de kv = 2000 en el PK 6+158 para descender al 35‰ hasta el final del tramo en el PK 6+270.

La primera parte, hasta el primer cruce bajo el río Nervión (PK 4+620) transcurre bajo una zona urbana y la N-634 (PK 4+500), mientras que a continuación la cobertera aumenta y pasa bajo el barrio de Bekea en una zona de monte y poco poblada. Tras el segundo cruce bajo el Nervión (PK 5+760) alcanza una zona de vega del río para llegar al Hospital.

La montera máxima en este tramo es de 69 m (en el entorno del PK 5+300).

En este tramo entronca en perpendicular con el túnel una galería para ventilación de emergencia y salida de emergencia (PKs 5+320 y 5+340), denominada salida de Puentelatorre. La geometría de la sección de la galería para ventilación de emergencia es la misma que la sección de túnel de línea, mientras que la geometría de la sección de salida peatonal es más pequeña (Grupo 2). La salida de emergencia peatonal entronca 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 Puentelatorre proyectada tiene una longitud en mina de 306 m. Se empleará como ataque para la excavación del túnel en mina y la estación del Hospital, con objeto de minimizar las afecciones a las vías en servicio existentes en la zona. Otro punto de acceso auxiliar para determinadas labores será el cañón de Usansolo.

El túnel en mina llega a la **estación del Hospital,** cuya caverna tiene una longitud de 109,40 m (entre los PKs 5+988,88 y 6+098,28). Cuenta con dos accesos mediante cañones en sus extremos, así como con un pozo para ascensor junto a la entrada del Hospital. A ambos lados de la caverna, entroncando con el túnel de línea, se ejecutarán las obras singulares correspondientes a ventilación de emergencia (PK 5+930 y PK 6+115), y también para la ventilación EBA (PK 5+965).

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

Por encima de la caverna proyectada transcurren los accesos al Hospital desde la carretera N-240, y su extremo oeste se encontraría en planta junto al parking del hospital.

La montera en la zona de la estación es de 10 a 16 m.

El **tramo final** es de **túnel en mina** que funcionará como mango de maniobras de final de línea. Arranca en la estación y finaliza en el PK 6+270, por lo que su longitud será de 171,72 m.

En planta, el trazado pasa en el PK 6+155 de recta a curva de radio 250 con su clotoide de transición correspondiente.

El trazado en alzado se mantiene horizontal hasta el PK 6+157 donde comienza el acuerdo vertical con kv = 2000 con el que vuelve a descender con pendiente del 35‰ hasta el final del tramo.

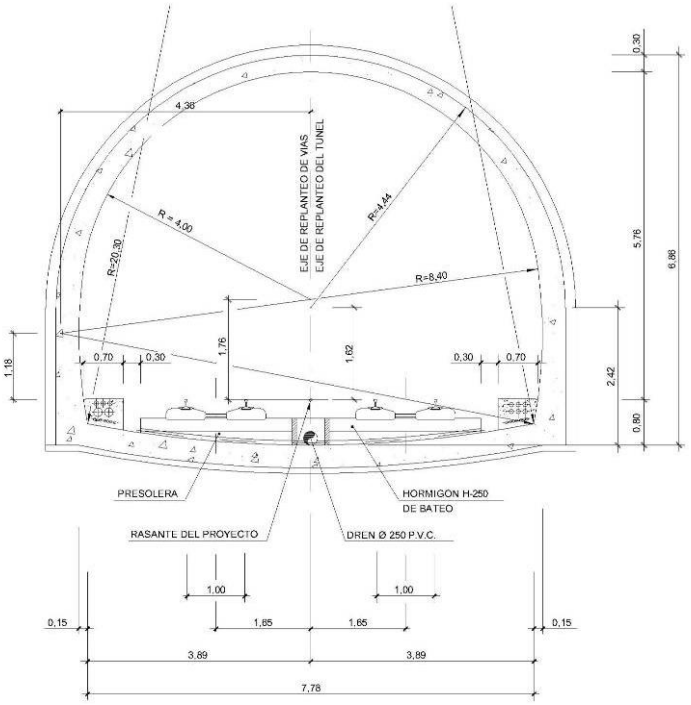
Transcurre bajo el entorno del hospital: edificio del parking, viales circundantes, carretera N-240.

La montera en este tramo es de 16 a 27 m.

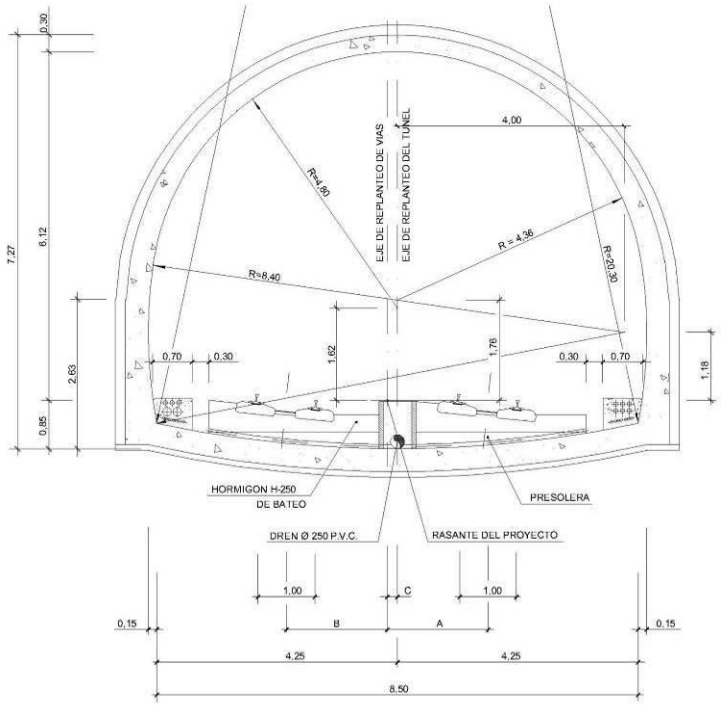
2. GEOMETRÍA DE LAS SECCIONES DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS

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.



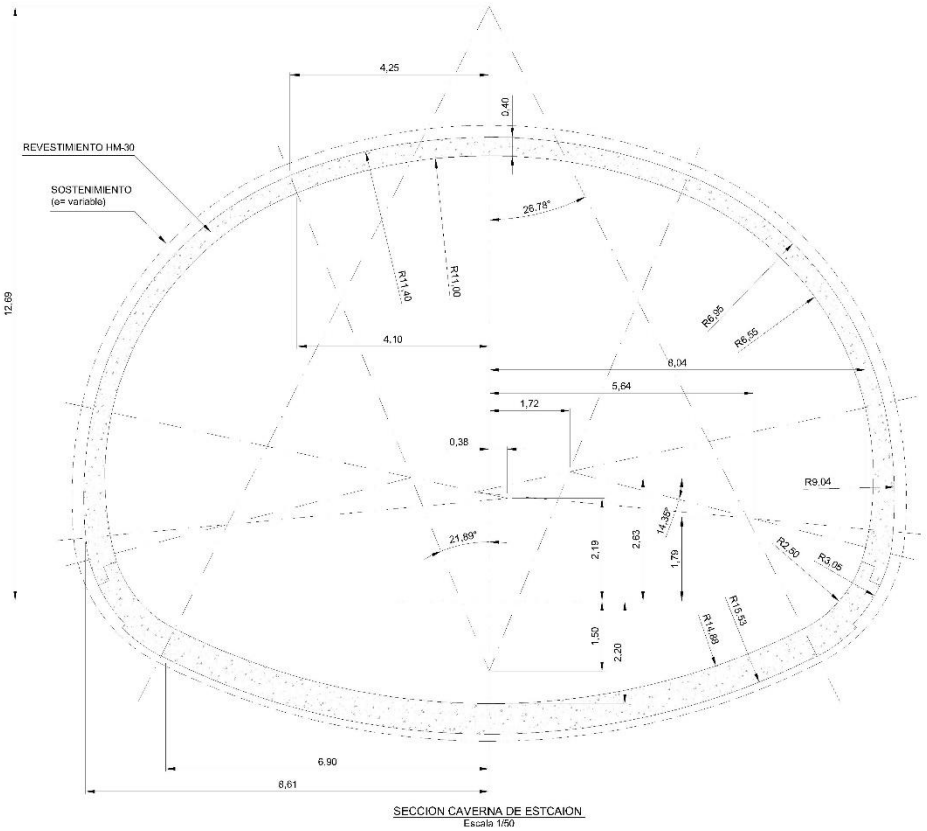
SECCION TIPO EN TUNEL (EN RECTA)
ESCALA 1/50



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

2.2 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN DE CAVERNA DE ESTACIÓN

La estación del Hospital 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 de las anteriores obras subterráneas, las más significativas por su frecuencia (túnel de línea) o envergadura (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 del Hospital. Pertenecen al Grupo 1, con dimensión equivalente inferior a 4 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 2, con dimensión equivalente entre 4 y 7 m.

- Cañones de acceso a la estación del Hospital, 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 del Hospital, 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.

- 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.

- 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.

En el Documento 2 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 nº 5 de Geología y Geotecnia se recogen con detalle los datos de partida o información geotécnica preliminar correspondiente al Estudio Informativo de este tramo (Galdakao Centro-Usansolo), así como todos los trabajos realizados para el presente Proyecto de Construcción (trabajos de campo y ensayos de laboratorio).

A continuación se resume la investigación sobre el terreno empleada para la caracterización de los tramos de túnel en mina:

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 del mismo como en trabajos anteriores en la zona.

Se trata de sondeos mecánicos, ensayos in situ y de laboratorio, trabajos de geofísica y la cartografía geológico-geotécnica que se han incorporado al presente Proyecto de Construcción. En el Anejo 5 de Geología y Geotecnia se recoge una relación detallada de todos ellos.

3.2 CAMPAÑA GEOTÉCNICA DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

A continuación se resumen los **sondeos mecánicos** realizados a lo largo del trazado:

SONDEO	Longitud (m)	Localización
SM-26	70,20	Túnel de línea PK 4+310
SM-27	42,30	Túnel de línea PK 4+550
SM-29	49,20	Túnel de línea PK 4+900
SM-30	61,50	Túnel de línea PK 5+185
SM-31	76,95	Salida de emergencia Puentelatorre
SM-31A	70,00	Túnel de línea PK 5+530
SM-32	40,00	Salida de emergencia Puentelatorre (boquilla)
SM-33	36,00	Túnel en mina Bekea (alejado por modificaciones en el trazado tras su realización)
SM-33A	25,40	Túnel de línea PK 5+785
SM-34	15,00	Cañón de acceso a la estación del Hospital
SM-35	30,00	Túnel de línea PK 5+970

SONDEO	Longitud (m)	Localización
SM-36	43,00	Caverna estación PK 6+085
SM-37	31,00	Ascensor de acceso a la estación del Hospital
SM-38	20,20	Cañón de acceso a la estación del Hospital

También se ha tenido en cuenta para la caracterización geotécnica del macizo rocoso, como se verá más adelante, el sondeo SM-25 realizado en la parte final del tramo anterior Aperribai – Galdakao (PK 4+030).

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 nº 5 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**: tres perfiles de tomografía eléctrica, cuyo objeto conocer y localizar la existencia de posibles fallas o zonas de fractura que puedan afectar a las excavaciones en mina.

PERFIL DE TOMOGRAFÍA	Orientación	Localización	Longitud (m)
TME-1	SO-NE (transv)	Túnel en mina de Bekea	200
TME-2	SO-NE (transv)	Túnel en mina de Bekea	200
TME-3	E-O	Túnel en mina de Bekea	300

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.

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 nº 5 de Geología y Geotecnia se recogen las tablas resumen de los resultados obtenidos, así como los partes de todos los ensayos. En el presente Anejo se incluyen tablas resumen de los resultados correspondientes a las formaciones rocosas afectadas por el túnel en mina (Apéndice 7.6), junto con un análisis estadístico e interpretación de los parámetros más relevantes de la roca matriz en cada caso.

4. BREVE DESCRIPCIÓN DEL TERRENO ATRAVESADO

En el Anejo nº 5 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 son las siguientes:

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

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

Se trata de la única formación observada a lo largo de todo el trazado. Esta formación muestra una alternancia con 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 (incluso con granulometría de litarenitas y grauwvacas) que los argilíticos.

Igualmente se debe destacar que en este término, el aumento de la proporción de areniscas va emparejado al aumento de la potencia de los bancos y al 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 en los sondeos realizados en el barrio de Bekea, parece que los materiales que componen esta formación son mayoritariamente lutíticos-limolíticos, los grandes desmontes realizados para la obra del tren de alta velocidad que se está ejecutando en estos momentos, muestran la existencia de numerosos bancos de areniscas con potencias elevadas.

Estos niveles de areniscas están compuestas por granos de cuarzo fino y grueso, algo de feldespato, mica blanca y materia orgánica, de colores gris-blancos en fresco y marrón-rojizo en los afloramientos, ya que son fácilmente oxidables.

Todo lo comentado anteriormente queda patente en los ensayos de identificación petrográficos realizados en esta formación, cuyos resultados se adjuntan en el Apéndice 7.6 y en los que se observan unos resultados muy variados en cuanto a los porcentajes del grupo de la sílice y de los minerales arcillosos. Así, en ocasiones uno de ellos presenta una proporción mucho mayor que el otro y viceversa, pero también se ha detectado que en muchas ocasiones ambos componentes se encuentran muy compensados. Por el contrario, observamos que la presencia del grupo de los carbonatos en general es muy pequeña, siendo en muchos de los ensayos inexistente.

Durante las visitas de campo para la realización de la cartografía geológico-geotécnica, y tal y como se ha comentado anteriormente, se han observado afloramientos niveles de areniscas con una potencia elevada (cuerpos lenticulares de potencia métrica y decamétrica). De estos materiales se tomaron varios bloques para analizar sus propiedades. Petrográficamente observamos que en todos ellos el porcentaje de minerales del grupo de la sílice está en un 65% y el porcentaje en carbonato es inexistente, siendo el resto de minerales, del grupo de los minerales arcillosos, micas y opacos sin especificar.

Como consecuencia de todo lo observado, se ha realizado una caracterización geotécnica por separado de las areniscas y de los materiales lutítico-limolíticos solos o en alternancia delgada con las areniscas. Esto se recoge con detalle los puntos siguientes.

5. CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

A lo largo del trazado se interceptan diversas formaciones geológicas. Se entiende por formaciones 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 la formación considerada es la siguiente:

TRAMO DE TÚNEL EN MINA	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)
Galdakao - Hospital	CS-5, Alternancia de areniscas silíceas y lutitas	4+340,000	5+988,872	1648,872
Estación Hospital		5+988,872	6+098,272	109,400
Estación Hospital – Fin trazado		6+098,272	6+270,000	171,728

Para realizar la caracterización de la matriz rocosa de la formación se cuenta con los resultados de ensayos de laboratorio que se han llevado a cabo, tanto los correspondientes al presente Proyecto como los realizados en el Estudio Informativo.

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.

A continuación se describen la formación considerada y se resumen los valores de los parámetros geotécnicos representativos para la roca matriz.

5.1 CS-5, ALTERNANCIA DE ARENISCAS SILÍCEAS Y LUTITAS

5.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL CS-5

Esta formación aparece a lo largo de todo el trazado. Los sondeos que la cortan son el SM-25 (se encuentra al final del Tramo 2 y se ha tenido en cuenta en el análisis), SM-26, SM-27, SM-28 SM-29, SM-30, SM-31, SM-31A, SM-32, SM-33A, SM-34, SM-35, SM-36, SM-37 y SM-38 de la campaña para el presente Proyecto de Construcción, y el S-6, S-13, S-7 y S-14 del Estudio Informativo. También se han tomado tres bloques de roca en un afloramiento de areniscas detectado en superficie sobre la traza y que no ha sido cortado por los sondeos.

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.

5.1.2 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 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 y considerarlas en el cómputo de los materiales con predominancia lutítica/alternancia en este caso.

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)	2,600
Resistencia a compresión simple (MPa)	25,00
Resistencia a tracción (MPa)	2,50
Módulo de deformación (MPa)	15000
Coeficiente de Poisson	0,250
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	7
Índice Schimazek (kN/m)	0,188
Abrasividad Cerchar	1,5

Resistencia a compresión de la roca matriz, σci

En el análisis de los resultados de laboratorio obtenidos (resistencia a compresión simple) no se han tenido en cuenta los valores correspondientes a los siguientes casos, como criterio general:

- 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, hay ocasiones en las que 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.

- Los correspondientes a valores anormalmente bajos (del orden de los desestimados por las dos causas anteriores). Pueden deberse a la existencia de planos de discontinuidad que no han sido reseñados en el parte del ensayo, pero de la observación del resto del testigo en esas cotas puede deducirse que es posible que existan, o bien puede deberse a que la roca se encuentra más alterada y su matriz es más blanda de lo esperado.

- Los correspondientes a valores excepcionalmente altos. Sobre todo en este caso, en el que son frecuentes las intercalaciones de areniscas, es posible que el testigo ensayado esté constituído mayoritariamente por estos materiales más duros, obteniéndose un resultado más alto de lo esperable para la alternancia.

Los resultados obtenidos se encuentran en el rango 10 - 27 MPa, con un valor medio de 16,4 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 medio de 2,55 MPa), la resistencia a compresión debería ser como mínimo de 20 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 11,87 MPa y un valor de la constante mi de 2,79. Teniendo en cuenta el tipo de roca de que se trata, el valor de este último parámetro 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. El valor de la resistencia a compresión simple también resulta bajo, lo que puede indicar que también algunos ensayos triaxiales o de tracción se han visto afectados por la laminación aunque en menor medida.

- 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 = 25 MPa.

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 2,68, se encuentra claramente por debajo de lo recogido en bibliografía. Se propone considerar el valor mi = 7, al igual que en el tramo Aperribai – Sarratu donde también aparece esta formación.

Módulo de deformación Ei

En cuanto al módulo de deformación Ei, existe una gran dispersión en los resultados obtenidos: entre 2800 y 34600 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 = 20 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 = 12000 – 16000 MPa.

- 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 con objeto de dar coherencia a todos los parámetros entre sí, quedando también del lado de la seguridad.

Coeficiente de Poisson, νi

Para el coeficiente de Poisson se ha propuesto un valor ν = 0,250, 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 2,55 MPa en el cómputo de todos los valores considerados y se encuentran todos ellos en el rango 1,28 – 4,16 MPa. Como valor de referencia se considerará un valor del orden de la media, σti = 2,50 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.

5.1.3 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 y considerarlas en el cómputo de los materiales con predominancia de areniscas en este caso.

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)	50,00

PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CS-5, zonas de areniscas	
PARÁMETRO	VALOR
Resistencia a tracción (MPa)	6,0
Módulo de deformación (MPa)	17500
Coeficiente de Poisson	0,300
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	10
Índice Schimazek (kN/m)	3,479
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). Aunque no se recoja en el parte del ensayo esta circunstancia, hay casos en los que en la testificación de los sondeos se ha comprobado que la rotura reseñada coincide con la laminación descrita en dicho tramo.

Los resultados obtenidos se encuentran en el rango 23 - 78 MPa, con un valor medio de 49,5 MPa. Para establecer un valor representativo de este parámetro se han tenido en cuenta además los siguientes aspectos:

- 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 6,0 MPa), la resistencia a compresión debería estar en el rango 52 – 98 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, resulta un valor de resistencia a compresión de la roca matriz σci de 66,01 MPa y un valor de la constante mi de 5,15. 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).

- 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 = 50 MPa, coherente con el valor de resistencia a tracción propuesto.

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 5,15, se encuentra claramente 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). Se propone considerar el valor mi = 10, por posible presencia de cierta proporción de lutitas en algún tramo.

Módulo de deformación Ei

En cuanto al módulo de deformación Ei, se han obtenido resultados en el rango 4900 – 25700 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 = 50 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 = 17500 MPa.

- 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 = 17500 MPa.

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 obtenido de los ensayos de laboratorio.

Resistencia a tracción, σti

Los ensayos de resistencia a tracción presentan un valor medio de 5,96 MPa en el cómputo de todos los valores considerados y se encuentran todos ellos en el rango 2,22 – 10,63 MPa. Los

resultados obtenidos en las muestras en bloque tomadas son más bajos que los de los testigos en sondeo, aunque se han tenido en cuenta para quedar del lado de la seguridad. El valor de referencia será el 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.

5.2 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 Galdakao-Hospital, los resultados obtenidos en las litologías que serán afectadas por las obras subterráneas (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. Los resultados se recogen en la tabla del Apéndice 7.6 del presente Anejo.

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

- En el sondeo SM-30 realizado a la altura del barrio de Bekea, el agua presenta agresividad débil por pH y residuo seco, y media por CO2 libre.
- En el sondeo SM-32 realizado junto al río una vez pasado el barrio de Bekea, la muestra de agua ensayada presenta agresividad débil por CO2 libre y contenido en sulfatos.

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 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 dimensionamiento de una cuña inestable en un túnel y por lo tanto adoptar valores de continuidad en 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:

FORMACIÓN	SONDEO	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE PICO		PARÁMETROS RESIDUALES	
				c´(kp/cm2)	ϕ´(º)	c´(kp/cm2)	ϕ´(º)
CS-5	SM-26	32,60-32,80	Areniscas G:II	2,88	29,28	1,48	24,32
		48,30 - 48,60	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	5,27	17,48	3,6	15,94
		50,40 - 50,60	Lutitas y areniscas en alternancia cm G:II	0,42	37,47	0,27	29,36

6.2.1 FRICCIÓN

De los resultados recogidos en la tabla anterior, se tienen en cuenta los valores residuales, sin diferenciar litologías, para estar del lado de la seguridad. Se observa que hay una dispersión importante en los resultados, si bien resulta que el valor de unos 16º es excesivamente bajo y no representativo de esta formación, por lo que no se considera.

Teniendo en cuenta los otros dos datos y basándonos en experiencias previas en esta formación, para el cálculo de estabilidad de bloques en obra subterránea se considerarán los siguientes valores:

- Fricción ϕr = 25º So
- Fricción ϕr = 28º 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 los parámetros tensodeformacionales del macizo rocoso.

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 este último 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 sondeo, especificando a qué dominio corresponden:

FORMACIÓN	DOMINIO	SONDEO	% 10<RMR<20	% 20<RMR<45	% 45<RMR<55	% 55<RMR<70	% 70<RMR
CS-5	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
	Dominio 19	(S-13)	5,0	20,0	45,0	20,0	10,0
	Dominio 20	SM-30	0,0	8,9	91,1	0,0	0,0
		SM-31	2,1	24,9	19,6	47,1	6,3
	Dominio 21	SM-31A	0,0	15,2	23,3	61,5	0,0

FORMACIÓN	DOMINIO	SONDEO	% 10<RMR<20	% 20<RMR<45	% 45<RMR<55	% 55<RMR<70	% 70<RMR
CS-5	Dominio 21	SM-33A	0,0	69,3	30,7	0,0	0,0
	Dominio 22	SM-35	4,4	84,9	0,0	10,7	0,0
		SM-36	0,0	28,1	0,0	71,9	0,0

No se ha tenido en cuenta el sondeo SM-29 porque se considera asociado a una zona de falla, ni los sondeos SM-32 y SM-33 porque quedan muy lejos de la traza del túnel.
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). En el Dominio 19 no se ha realizado ningún sondeo, por lo que para estimar la calidad del macizo se ha considerado el sondeo S-13 del Estudio Informativo.

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 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 dos sondeos realizados en el mismo (SM-26 y SM-27)
Dominio 19	5,0	20,0	45,0	20,0	10,0	Se aplican los % de calidad estimados de forma aproximada en el sondeo S-13 a todo el tramo (no se cuenta con otros datos, se trata de un tramo corto del trazado)
Dominio 20	1,2	18,2	49,4	27,5	3,7	Aplicamos los % de cada sondeo en su tramo de proyección y en el resto del dominio la media obtenida a partir de los tres sondeos. No se ha tenido en cuenta el SM-29 porque se considera asociado a una zona de falla ni el SM-32 porque queda alejado de la traza
Dominio 21	0,0	27,4	25,0	47,6	0,0	Aplicamos los % de cada sondeo en su tramo de proyección y en el resto del dominio la media obtenida a partir de los sondeos.
Dominio 22	1,8	51,1	0,0	47,1	0,0	Aplicamos los % de cada sondeo en su tramo de proyección y en el resto del dominio la media obtenida a partir de los sondeos.

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 (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 nº 5 de Geología y Geotecnia se adjuntan los partes de los ensayos 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	ν	G (MPa)	E_{dil} carga (MPa)	E_{dil} descarga (MPa)
	SONDEO	PROFUNDIDAD					
CS-5	SM-26	45,10 – 45,90	56	0,30	517,07	1344,38	2097,24
		51,00 – 51,80	56	0,30	745,37	1937,96	3023,22
	SM-29	29,00 – 30,00	57	0,30	320,68	833,77	1284,00
	SM-30	40,20 – 40,80	52	0,25	74,03	185,08	294,27
		48,20 – 28,80	52	0,25	91,93	229,83	365,42

FORMACIÓN	ENSAYO		RMR	ν	G (MPa)	E_{dil} carga (MPa)	E_{dil} descarga (MPa)
	SONDEO	PROFUNDIDAD					
CS-5	SM-31	55,40 – 56,00	57	0,25	188,43	471,08	725,46
		65,40 – 66,00	57	0,25	665,37	1663,43	2561,67
	SM-32	23,00 – 23,60	67	0,25	882,44	2206,10	3132,66
	SM-35	9,00 – 9,60	36	0,25	72,56	181,40	175,10
		13,10 – 13,70	34	0,25	10,17	25,42	97,42
	SM-36	8,85 – 9,45	*	0,25	26,16	65,40	67,55
		14,55 – 15,15	40	0,25	374,54	936,34	2082,67

* En este tramo no se ha obtenido el índice RMR al considerarse que se trata de una zona de decompresión del macizo (en el techo del nivel). No se considera representativo del comportamiento del macizo a mayor profundidad.

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. Por otra parte, los resultados obtenidos en los ensayos de campo se encuentran por debajo de la curva 0,4·Em de la correlación de Hoek: se trata por tanto de valores que no parecen representativos, con la excepción de un valor que está justo junto a la línea de 1,6·Em (alternancia de lutitas y areniscas).

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
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	70	10992,21	3132*
	55	6124,21	294* - 12604
	45	3354,75	-
	20	685,07	-
	10	457,56	108*
CS-5 Areniscas	70	13190,65	-
	55	7349,05	380*

FORMACIÓN	GSI	Em (MPa) RocLab	Em (MPa) In situ
CS-5 Areniscas	45	4025,70	-
	20	822,09	-
	10	549,07	-

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

En la formación CS-5 con predominancia de Lutitas y alternancia de Lutitas y areniscas se ha obtenido un valor de Em del orden de 3000 MPa en un tramo de GSI = 67, cuando con RocLab resultan valores de Em de casi 11000 MPa para GSI de 70, por lo que no hay concordancia. Por otra parte, se han obtenido valores de Em entre 294 y 2906 MPa para GSI de 25 – 57 cuando con RocLab el valor de Em resultante para GSI = 55 es de 6124 MPa, superior a los de los ensayos in situ. El valor de 12604 MPa obtenido en un presiómetro realizado en un tramo de calidad similar (GSI = 57) en un sondeo del Estudio Informativo es muy superior al valor de RocLab y no se tiene certeza sobre las condiciones del ensayo, por lo que no se considera representativo y tampoco concuerda con los demás de su rango. Finalmente, un ensayo presiométrico en un tramo de macizo de calidad muy mala (GSI = 8) proporciona un Em de 108 MPa cuando en RocLab resultan 457 MPa para este caso.

En la formación CS-5 con predominancia de Areniscas se ha realizado únicamente un ensayo presiodilatométrico en un tramo de GSI = 52 en el que se ha obtenido Em in situ de 380 MPa, que no se ha considerado representativo: el valor resultante en RocLab para estos materiales y rango de GSI es del orden de 7349 MPa.

En conclusión, no se observa 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. Con carácter general, los resultados de los ensayos in situ son considerablemente más bajo de lo estimado mediante métodos empíricos y correlaciones. No se conoce el motivo de esta discordancia, pero no se considerarán como referencia los trabajos de campo.

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.

Tal y como se ha señalado en el punto anterior, no existe 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
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	70	10990
	55	6125
	45	3355
	20	685
	10	457
CS-5 Areniscas	70	12825
	55	7145
	45	3915
	20	800
	10	530

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)
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	>70	5,524	3,760
	55 – 70	3,005	1,609
	45 – 55	2,003	0,897
	20 - 45	0,726	0,159
	10 - 20	0,484	0,057
CS-5 Areniscas	>70	14,792	9,401
	55 – 70	8,430	4,022
	45 – 55	5,795	2,241
	20 - 45	2,270	0,398
	10 - 20	1,560	0,143

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)
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	55 – 70	6125	1,403	0,0067	0,504	0,385	43,00
	45 – 55	3355	0,982	0,0022	0,508	0,286	40,30
	20 - 45	685	0,402	0,0001	0,544	0,146	31,25
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	10 - 20	457	0,281	4,54E-05	0,585	0,094	28,50
CS-5 Areniscas	55 – 70	7145	2,005	0,0067	0,504	0,684	52,30
	45 – 55	3915	1,403	0,0022	0,508	0,479	50,00
	20 - 45	800	0,574	1,00E-04	0,544	0,230	41,15
	10 - 20	530	0,402	4,54E-05	0,585	0,148	35,00

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 galerías de ventilación y peatonales de emergencia y las secciones de ventilación de emergencia 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 pertenecen al Grupo 2 (excavaciones con diámetro equivalente entre 4 y 7 m) y los pozos verticales para ventilación de emergencia y 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
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
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 se recoge una comprobación de los sostenimientos más significativos (en este caso, del túnel de línea como representativo del Grupo 3 y de 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 Galdakao - Hospital se han proyectado las siguientes boquillas:

BOQUILLA	LOCALIZACIÓN
Puentelatorre	Galería de emergencia Puentelatorre
Labeaga	Cañón de Labeaga, acceso a Estación de Hospital
Usansolo	Cañón de Usansolo, acceso a Estación de Hospital

En los primeros metros de túnel en mina, 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.

<u>Resumen del tratamiento en boquillas</u>

El tratamiento que se ha previsto en las boquillas es el siguiente:

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 PUENTELATORRE Enfilaje de bulones de barra ϕ32 cada 0,50 m en clave, L = 12 m BOQUILLA CAÑÓN DE USANSOLO Paraguas de micropilotes perforación ϕ150 mm, camisa de acero ϕ114 y e=10 mm, L = 10 m inyectados con lechada, cada 0,50 m BOQUILLA CAÑON DE LABEAGA Paraguas de micropilotes perforación ϕ150 mm, camisa de acero ϕ114 y e=10 mm, L = 10 m inyectados con lechada, cada 0,50 m

En el Documento 2 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.).

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 Galdakao – Hospital están previstos los siguientes puntos de entronque:

- Galería de ventilación de emergencia y peatonal de emergencia Puentelatorre (PKs 5+295,6 y 5+320,1) con el propio túnel
- Ventilación de emergencia 1 de estación con túnel de línea (PK 5+930)
- Ventilación EBA con túnel de línea (PK 5+965)
- Ventilación de emergencia 2 de estación con túnel de línea (PK 6+113,4)
- Cañones de acceso a estación con caverna
- Acceso a estación desde el ascensor con caverna

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 diámetro de túnel de longitud (se toma como valor medio 9,6 m) a cada lado entronque en el túnel de línea y en las galerías de emergencia, independientemente de la calidad del macizo. En la caverna de la estación se aplicará el sostenimiento E-3 en toda su longitud (el más pesado de los definidos en el Grupo 4) debido a la poca cobertera y existencia de infraestructuras y edificios sobre o muy cercanos a la traza, por lo que no será preciso tomar esta medida en los entronques con los cañones.

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 siguiente tabla:

REVESTIMIENTO	OBRA SUBTERRÁNEA	TRAMO (PK a PK)
Hormigón en masa HM-30	Túnel de línea	4+340 a 5+281,2 5+334,5 a 5+915,6 6+127,2 a 6+270
	Galería de emergencia Puentelatorre	0+069,38 a 0+311,10
Hormigón armado HA-30	Túnel de línea	5+281,2 a 5+334,5 5+915,6 a 5+989,28 6+098,68 a 6+127,2
	Caverna estación de Hospital	Toda su longitud (5+989,28 a 6+098,68)
	Galería de emergencia Puentelatorre	0+000 a 0+069,38 Tramo solo peatonal: toda su longitud
	Ventilación de emergencia 1	Toda su longitud
	Ventilación EBA	Toda su longitud
	Ventilación de emergencia 2	Toda su longitud
	Cañón de acceso Labeaga	Toda su longitud
	Cañón de acceso Hospital	Toda su longitud
	Cañón de acceso Usansolo	Toda su longitud
	Pozos verticales Raise Boring	Todos

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 el 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.

8.5.1 INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN EN EL CONTORNO DEL TÚNEL

Se ha previsto la ejecución de inyecciones de impermeabilización en el contorno del túnel en los dos tramos de paso bajo los cauces fluviales, con objeto de evitar posibilidad de una afluencia masiva de agua al mismo.

Esta medida se ha considerado oportuna teniendo en cuenta las características del macizo rocoso (en concreto la permeabilidad asociada a las areniscas presentes en la alternancia de litologías), así como la presencia de una falla estimada en uno de los pasos subfluviales y la baja cobertera de roca sana en dichos puntos.

Los dos pasos subfluviales existentes en el tramo Galdakao-Hospital, en los que se ha previsto aplicar este tratamiento son:

PASO SUBFLUVIAL	TRAMO (PK a PK)	TRATAMIENTO
Río Ibaizabal	4+580 a 4+630	Inyecciones de lechada en el contorno del túnel
Río Ibaizabal	5+730 a 5+790	Inyecciones de lechada en el contorno del túnel

En el Anejo 5 de Geología y Geotecnia se recoge una estimación de los caudales de infiltración a lo largo del túnel.

Las inyecciones serán de lechada de cemento, de microcemento o de resina, en función de los resultados que se obtengan en los ensayos previos que se lleven a cabo durante la obra para determinar cuál es la opción idónea.

Por otra parte, en zonas de falla en las que el macizo rocoso se encuentra muy fracturado y es habitual una mayor circulación de agua, puede ser oportuno aplicar también este tratamiento de inyecciones de impermeabilización. Así, aunque no se ha prescrito de forma específica este tratamiento en las zonas de falla, sí se ha tenido en cuenta en el presupuesto su aplicación como tratamiento especial.

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 la formación CS-5 cuyas características geotécnicas se han estimado anteriormente, y en la que se han diferenciado dos tipos de materiales con distintos parámetros de cálculo: la alternancia de limolitas y areniscas y la predominancia de areniscas.

Otro aspecto a tener en cuenta es la cobertera a considerar en los cálculos. El tramo Galdakao – Hospital transcurre con poca cobertera en gran parte de sus 1930 m de longitud, entendiendo por poca cobertera que no se superan los 40 m de tapada. Esto ocurre en prácticamente la mitad del tramo (1022 m), mientras que en el resto del trazado la cobertera se encuentra entre 40 - 50 m en una longitud de 730 m y únicamente se superan los 60 m en una longitud de 178 m en la zona de Bekea donde el terreno alcanza las mayores cotas. A la vista de estas circunstancias, se han realizado cálculos con la cobertera máxima (69 m) que se alcanza en el entorno del PK 5+300 de forma puntual pero también se ha analizado el comportamiento de los sostenimientos a aplicar en los terrenos de peor calidad (ST-IV y ST-V) para una cobertera de 60 m y para la situación más habitual de cobertera de 40 m como máximo.

Dado que no se conoce a priori la localización de cada tipo de material a lo largo de la traza, se ha calculado considerado en ambos casos las diferentes coberteras. En resumen, los casos calculados son los siguientes:

CASO DE CÁLCULO	SOSTENIMIENTO	FORMACIÓN	COBERTERA MÁXIMA
1	ST-II	CS-5 Lutitas y areniscas alternancia	69 m
2		CS-5 Areniscas	69 m
3	ST-III	CS-5 Lutitas y areniscas alternancia	69 m
4		CS-5 Areniscas	69 m
5	ST-IV	CS-5 Lutitas y areniscas alternancia	69 m (máxima)
6			60 m
7			40 m (habitual)
8		CS-5 Areniscas	69 m (máxima)
9			60 m
10			40 m (habitual)
11	ST-V	CS-5 Lutitas y areniscas alternancia	69 m (máxima)
12			60 m
13			40 m (habitual)
14		CS-5 Areniscas	69 m (máxima)
15			60 m
16			40 m (habitual)

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):

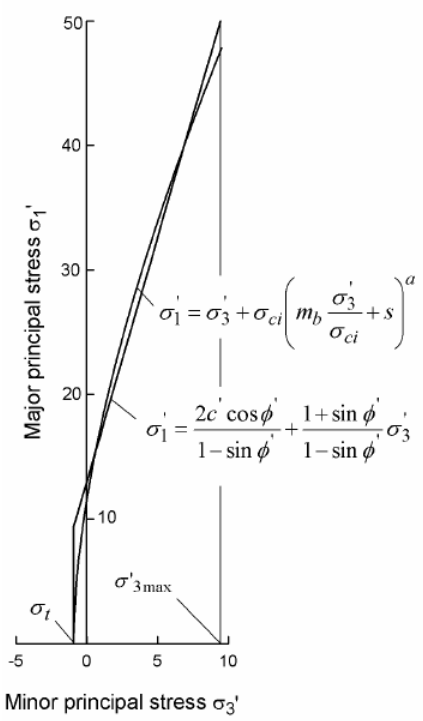
FORMACIÓN	CALIDAD, RMR	Em (MPa)	C. ROTURA HOEK-BROWN			MOHR-COULOMB	
			mb	s	a	c´ (MPa)	ϕ´ (º)
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	55 – 70	6125	1,403	0,0067	0,504	0,440	44,50
	45 – 55	3355	0,982	0,0022	0,508	0,320	42,00
	20 - 45	685	0,402	0,0001	0,544	0,160	33,00
	10 - 20	457	0,281	4,54E-05	0,585	0,102	27,00
CS-5 Areniscas	55 – 70	7145	2,005	0,0067	0,504	0,684	52,30
	45 – 55	3915	1,403	0,0022	0,508	0,479	50,00
	20 - 45	800	0,574	1,00E-04	0,544	0,230	41,15
	10 - 20	530	0,402	4,54E-05	0,585	0,148	35,00

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. Como ya se ha expuesto anteriormente, en este caso, la cobertera en la mayor parte del trazado es inferior a los 40 m y sólo se supera la cobertera de 60 m en una longitud de 165 m. Esto ocurre en la zona de baso bajo el barrio de Bekea, donde la orografía alcanza mayores cotas. Así, se han llevado a cabo los cálculos considerando la cobertera máxima (69 m) y también con 59 m para conocer la sensibilidad a este parámetro y con 40 m como representativo de la situación más habitual.

  En cuanto a los límites laterales y el límite 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

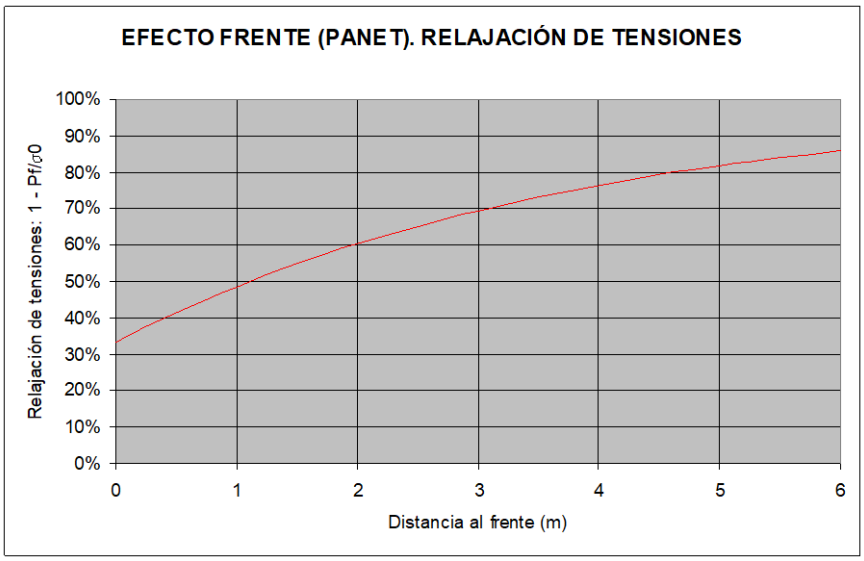
$\sigma 0$ la tensión confinante en el terreno ($\sigma 0 = \gamma \cdot H$)

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 límite 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.

En cuanto a las tracciones en la gunita, hay casos en los que se supera el valor de tensión admisible a flexotracción, en los cuales se ha estimado una redistribución de tensiones entre gunita y cerchas (esto ocurre en los sostenimientos más pesados, que cuentan con estos elementos metálicos como refuerzo). Si con la redistribución en el % necesario se obtienen resultados satisfactorios (tensiones por debajo de los límites anteriormente citados), se considera que el funcionamiento del sostenimiento es admisible.

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 y ST-III 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 esos valores de esfuerzos en estos tramos del elemento plate que modeliza el sostenimiento para la estimación de las tensiones máximas por el motivo ya señalado (se estima un valor del orden de los obtenidos en el entorno).

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	COBERTERA (m)	V_{max} EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN TERRENO (MPa)	σ_C MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	σ_C EN GUNITA (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	II	69	$2{,}73 \cdot 10^{-3}$	7,83	-	4,301	17,94
CS-5 Areniscas		69	$2{,}29 \cdot 10^{-3}$	8,58	-	3,911	11,28
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	III	69	$5{,}21 \cdot 10^{-3}$	4,94	-	9,400	52,23
CS-5 Areniscas		69	$4{,}17 \cdot 10^{-3}$	7,53	-	6,646	18,60
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	IV	69	$3{,}05 \cdot 10^{-2}$	3,68	127,115	11,004	184,00
		59	$2{,}48 \cdot 10^{-2}$	3,44	102,872	7,683	184,00
		40	$1{,}49 \cdot 10^{-2}$	2,83	128,759	5,310	168,13
CS-5 Areniscas		69	$2{,}08 \cdot 10^{-2}$	5,57	128,371	11,005	183,71
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	V	69	$6{,}60 \cdot 10^{-2}$	3,33	138,166	13,902	184,00
		59	$5{,}04 \cdot 10^{-2}$	2,86	274,800	6,918	184,00
		40	$2{,}84 \cdot 10^{-2}$	2,10	60,859	5,98	184,00
CS-5 Areniscas		69	$3{,}74 \cdot 10^{-2}$	3,71	93,121	8,868	184,00

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

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

SOSTENIMIENTO TIPO	COBERTERA (m)	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	69	$2{,}73 \cdot 10^{-3}$	7,83	-	4,301	17,94
ST-III	69	$5{,}21 \cdot 10^{-3}$	4,94	-	9,401	52,23
ST-IV	69	$3{,}05 \cdot 10^{-2}$	3,68	127,115	11,004	184,00
	59	$2{,}48 \cdot 10^{-2}$	3,44	102,872	7,683	184,00
	40	$1{,}49 \cdot 10^{-2}$	2,83	128,759	5,310	168,13
ST-V	69	$6{,}60 \cdot 10^{-2}$	3,33	138,166	13,902	184,00
	59	$5{,}04 \cdot 10^{-2}$	2,86	274,800	6,918	184,00
	40	$3{,}05 \cdot 10^{-2}$	2,10	60,859	5,980	184,00

El terreno plastifica en una franja de aproximadamente 1,0 - 1,5 m en los hastiales en el caso del sostenimiento tipo ST-II, mientras que en el sostenimiento ST-III aparecen también algunos puntos plastificados dispersos en la bóveda (se mantiene la franja en los 1,5 m). En el ST-IV calculado con cobertera máxima, la zona plastificada en hastiales se amplía a 3,0 m, extendiéndose parcialmente a la bóveda, y en la base aparecen algunos puntos unos 4 m por debajo. Con cobertera de 59 m se reduce ligeramente la zona de plastificación y con cobertera de 40 m es claramente menor, con una franja de puntos plásticos de 2,0 m en hastiales y de 3,0 – 4,0 m en los extremos de la contrabóveda. Finalmente, en el ST-V correspondiente a terreno de muy mala calidad, con cobertera máxima 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. Con cobertera de 59 m se reduce ligeramente la zona de plastificación y con cobertera de 40 m el espesor de la zona plastificada es de 4,0 m en hastiales y de unos 6,0 m en contrabóveda. 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 los sostenimientos ST-II y ST-III por debajo del límite establecido como criterio en el 75% de su límite elástico. En el caso de sostenimiento ST-IV para cobertera máxima, aparecen tracciones localizadas que superan la tensión admisible a flexotracción estimada (4000 kN/m^2). Por su magnitud, no es posible que el sistema cerchas-gunita continúe trabajando satisfactoriamente teniendo en cuenta una redistribución de esfuerzos entre la gunita fisurada y las cerchas. Lo mismo ocurre en el caso del sostenimiento ST-V que se aplicará a terreno de RMR = 10 – 20, como puede observarse en el Apéndice 7.8. En los cálculos de estos sostenimientos con cobertera de 59 m, se tiene que en el sostenimiento ST-IV las solicitaciones en la gunita se reducen significativamente, quedando dentro de los rangos admisibles y en el sostenimiento ST-V las tensiones también se reducen de forma importante pero aún aparecen tracciones localizadas por encima de la tensión admisible a flexotracción considerada: con una redistribución de esfuerzos del 38% tanto cerchas como gunita estarían en el límite de las tensiones consideradas como referencia en el diseño. Finalmente, los cálculos realizados con cobertera de 40 m reflejan que en el sostenimiento ST-IV las tracciones en la gunita superan ligeramente los 4000 kN/m2 (los momentos flectores son del orden de los obtenidos para cobertera de 59 m pero los axiles son bastante más bajos) y el sistema gunita – cerchas funciona correctamente con una redistribución de esfuerzos del 15%, mientras que en el sostenimiento ST-V los esfuerzos en el hormigón proyectado se encuentran dentro de los rangos admisibles. Dado que la zona de máxima cobertera se encuentra en un tramo muy localizado, no se modifica el diseño de este sostenimiento tipo ST-V pero se da por válido con el añadido de que probablemente será necesaria la aplicación de algún tratamiento especial en determinadas zonas en las que concurran la aparición de estos materiales de tan mala calidad con otras circunstancias como cobertera superior a los 45 m, puntos singulares como boquillas, entronques, etc. para reforzar el sostenimiento. También será necesario llevar a cabo un control exhaustivo de la excavación en estos casos.

En cuanto a las cerchas que se aplicarán en los sostenimientos ST-IV y ST-V la compresión máxima se encuentra claramente por debajo del 75% del límite elástico considerado como referencia, si bien al tener en cuenta una redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita estos valores aumentan hasta el límite. Esta situación se daría en zonas con cobertera por encima de los 60 m, en las que no se espera que aparezcan estos materiales en tramos con entidad, mientras que por lo general, con menos metros de tapada nos encontraremos dentro de los límites razonables como se ha comprobado con los cálculos para cobertera de 40 m.

La tracción máxima en bulones alcanza los 184 KN en varios de ellos en los sostenimientos ST-IV y ST-V, lo que supone el 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

SOSTENIMIENTO TIPO	COBERTERA (m)	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	69	$2{,}29 \cdot 10^{-3}$	8,58	-	3,911	11,28
ST-III	69	$4{,}14 \cdot 10^{-3}$	7,53	-	6,646	18,60
ST-IV	69	$2{,}08 \cdot 10^{-2}$	5,57	128,371	11,005	183,71
ST-V	69	$3{,}74 \cdot 10^{-2}$	3,71	93,121	8,868	184,00

El terreno plastifica en una franja de aproximadamente 0,5 m en los hastiales en el caso del sostenimiento tipo ST-II y aparecen también algunos puntos plastificados dispersos en la contrabóveda, al igual que en el sostenimiento ST-III. En el ST-IV, la zona plastificada en hastiales se amplía a 2,0 m y en la contrabóveda aparecen algunos puntos en una franja de 2,0 – 2,5 m. Finalmente, en el ST-V correspondiente a terreno de muy mala calidad, la zona plastificada en hastiales y parte de la bóveda alcanza unos 2,0 – 3,0 m, mientras que en la base aparecen puntos hasta a unos 4,0 – 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 sostenimientos por debajo del límite establecido como criterio en el 75% de su límite elástico.

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

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

9.1.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD K0

Para la formación CS-5 con predominancia de lutitas y alternancia lutitas – areniscas, en la que el sostenimiento se encuentra más solicitado, se han realizado los cálculos considerando K0 = 1,2. Analizando los resultados obtenidos, se tiene que la situación es análoga a los cálculos con K0 = 0,8: para los sostenimientos ST-II y ST-III los esfuerzos en gunita y bulones se encuentran claramente por debajo de los límites de seguridad considerados, mientras que para los sostenimientos ST-IV y ST-V se produce la fisuración de la gunita en la hipótesis de cobertera máxima y la capacidad resistente de las cerchas no cubre las solicitaciones que resultan para el

sistema cerchas-gunita, mejorando la situación con cobertera de 59 m y de 40 m, cuando la redistribución de esfuerzos entre ambos elementos queda dentro de los límites de resistencia admisible. Los resultados obtenidos se adjuntan en tablas resumen al final del Apéndice 7.8.

9.2 ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. CAVERNA DE LA ESTACIÓN DEL HOSPITAL

9.2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CÁLCULOS REALIZADOS

La caverna de la estación del Hospital 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 ejecutará con poca cobertera de roca sana y se localiza en planta entre un aparcamiento del hospital y la carretera nacional.

En cuanto a la calidad del macizo rocoso, a la vista de lo observado en los sondeos realizados en la zona (SM-35 y SM-36), pueden aparecer tramos de calidad media-mala (90% de RMR<45 en el sondeo SM-35), mejorando con PKs crecientes (75% RMR >55 en SM-36). Por todo ello, se ha procedido en Proyecto a plantear un sostenimiento único en toda la longitud de la estación, que será el más pesado de los definidos para las obras de este grupo (E-3).

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

SOSTENIMIENTO TIPO	RMR
E-3	20

Se han analizado dos secciones, con la cobertera mínima y con la cobertera máxima estimada.

SECCIÓN	COBERTERA (m)	COBERTERA ROCA SANA (m)
Sección A	10	3,0
Sección B	16	6,8

Por otra parte, la caverna se excavará en la formación CS-5, cuyas características geotécnicas se han estimado anteriormente. Al igual que para el túnel de línea, se ha calculado para materiales en los que predomina la alternancia de lutitas y areniscas y para materiales en los que predominan las areniscas (de mejores características geotécnicas).

Los casos de cálculo son, por tanto, cuatro:

CASO DE CÁLCULO	FORMACIÓN	COBERTERA
1	CS-5, predominancia de lutitas y alternancia de lutitas y areniscas	10 m
2		16 m
3	CS-5, predominancia de areniscas	10 m
4		16 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 Alternancia lutitas-areniscas	20 - 45	685	0,402	0,0001	0,544	0,160	33,00
CS-5 Areniscas	20 - 45	800	0,574	1,00E-04	0,544	0,230	41,15

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

El nivel de suelos/roca alterada suprayacente se ha caracterizado con los parámetros estimados en el capítulo 7.2.1.5 para roca de RMR=10, que son propios de suelos.

9.2.3 MODELO NUMÉRICO

- Tamaño del área de trabajo y densidad de la malla

  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 la máxima y la mínima estimadas, con el espesor de suelos o roca altamente – completamente meteorizada que se puede interpretar a partir de la información puntual que proporcionan los sondeos realizados en la zona.

  En cuanto a los límites laterales y el límite 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.

  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

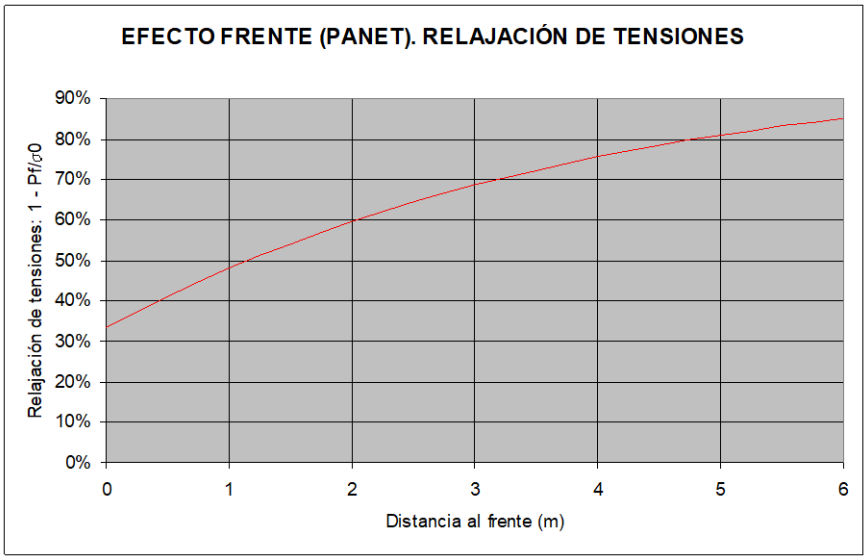
$\sigma 0$ la tensión confinante en el terreno ($\sigma 0 = \gamma \cdot H$)

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:

$E_{acero} = 2{,}1 \cdot 10^{8}$ 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 límite 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 en la que se considera la cobertera mínima han proporcionado los siguientes resultados:

FORMACIÓN	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 Alternancia lutitas-areniscas	$8{,}89 \cdot 10^{-3}$	1,11	31,710	2,777	29,93
CS-5 Areniscas	$7{,}27 \cdot 10^{-3}$	1,39	30,381	2,786	21,42

En cuanto a los desplazamientos en superficie, se han obtenido las leyes correspondientes a cada caso de cálculo, que se adjuntan al final del Apéndice 7.9. Estos resultados son orientativos, ya que en realidad la topografía del terreno no es horizontal como se representa como simplificación para el cálculo, pero permite conocer el orden de magnitud de los movimientos esperables. Como puede observarse, para el caso de alternancia de lutitas y areniscas el desplazamiento máximo en superficie se originará sobre la clave de la caverna y tendrá una componente fundamentalmente vertical, con magnitud del orden de $7 \cdot 10^{-3}$ m. Se reducirán significativamente a medida que nos alejamos del eje y contarán con componente horizontal importante a unos 10 – 20 m de distancia, con magnitud de unos $3{,}5 \cdot 10^{-3}$ m. Para el caso de predominancia de areniscas, el aire de la ley de desplazamientos es igual y los valores más bajos: desplazamiento máximo sobre el eje de $5{,}61 \cdot 10^{-3}$ m (vertical).

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 30 KN, también por debajo del 75% del límite elástico establecido como referencia para el diseño.

En el terreno, los puntos plásticos se localizan en hastiales, en una franja reducida de 0,5 – 1,0 m en el trasdós del sostenimiento para el terreno con predominancia de lutitas y areniscas, y aún inferior (menor de 0,50 m) para el terreno con predominancia de areniscas.

Sección B:

Los cálculos para esta sección, con la cobertera máxima, han proporcionado los siguientes resultados:

FORMACIÓN	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 Alternancia lutitas-areniscas	$1{,}21 \cdot 10^{-2}$	1,44	41,522	3,194	52,24
CS-5 Areniscas	$9{,}70 \cdot 10^{-3}$	1,77	39,618	2,798	31,76

En cuanto a los desplazamientos en superficie, se han obtenido las leyes correspondientes a cada caso de cálculo, que se adjuntan al final del Apéndice 7.9. Estos resultados son orientativos, ya que en realidad la topografía del terreno no es horizontal como se representa como simplificación para el cálculo, pero permite conocer el orden de magnitud de los movimientos esperables. Como puede observarse, para el caso de alternancia de lutitas y areniscas el desplazamiento máximo en superficie se originará sobre la clave de la caverna y tendrá una componente fundamentalmente vertical, con magnitud de $8{,}56 \cdot 10^{-3}$ m. Se reducirán significativamente a medida que nos alejamos del eje y contarán con componente horizontal importante a unos 10 – 20 m de distancia, con magnitud de unos $4 \cdot 10^{-3}$ m. Para el caso de predominancia de areniscas, el aire de la ley de desplazamientos es igual y los valores más bajos: desplazamiento máximo sobre el eje de $6{,}55 \cdot 10^{-3}$ m (vertical).

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 52 KN, también por debajo del 75% del límite elástico establecido como referencia para el diseño.

En el terreno, los puntos plásticos se localizan en hastiales, en una franja reducida de 1,0 – 1,5 m en el trasdós del sostenimiento para el terreno con predominancia de lutitas y areniscas, mientras que en el terreno con predominancia de areniscas dicho espesor no supera 1,0 m.

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 quedan dentro de los rangos admisibles.

No obstante, hay que señalar que estas comprobaciones no eximen de un máximo control durante la ejecución de la obra de las estructuras y servicios existentes en el entorno 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 del Hospital 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 E-3 del Grupo 4 (no se define E-1 y el E-2 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 E-3: 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 inicialmente en los cálculos para estar del lado de la seguridad, pero sí se ha comprobado su efecto con en los siguientes casos:

- cuñas cuyo factor de seguridad se encuentra entre 1,0 y 1,5
- cuñas de pequeño tamaño (inferior a la malla de 2x2 m de bulones prevista) que no se sostienen con el bulonado sistemático
- cuñas que precisan de algún bulón ocasional con el que se eleva el factor de seguridad al rango 1,0 – 1,5

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.

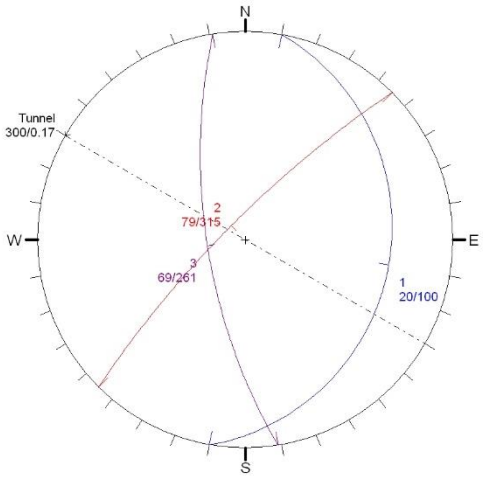
9.3.1 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE BLOQUES TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL

9.3.1.1 TRAMO 1(DOMINIO 18): PK 4+340 A PK 4+603

Datos de partida

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

Rumbo/pendiente del túnel: en función de la dirección del ataque en este tramo, se ha considerado 300/0,17.

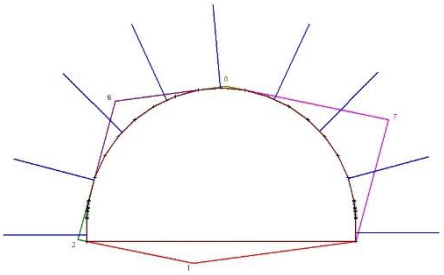


Corto plazo

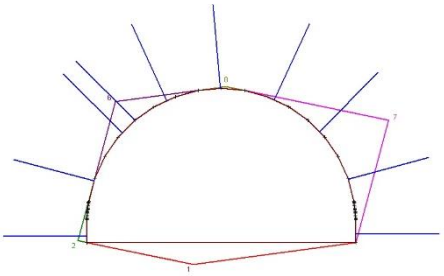
CORTO PLAZO. TRAMO 1 GALDAKAO - HOSPITAL SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con 1 bulón adicional
1	8,323	Estable	
2	0,058	975,349	
6*	2,079	0,103	2,033
7	12,520	1,635	
8**	0,010	0,000	
9 (frente)	11,902	2,983	

**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

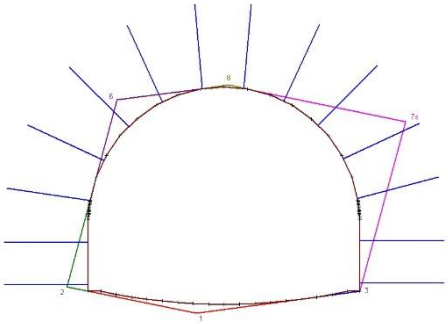
Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 1 GALDAKAO - HOSPITAL 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	

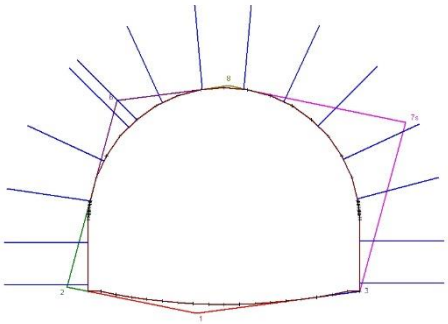
*En la cuña nº6 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación de la gunita (3 cm de espesor) el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional 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



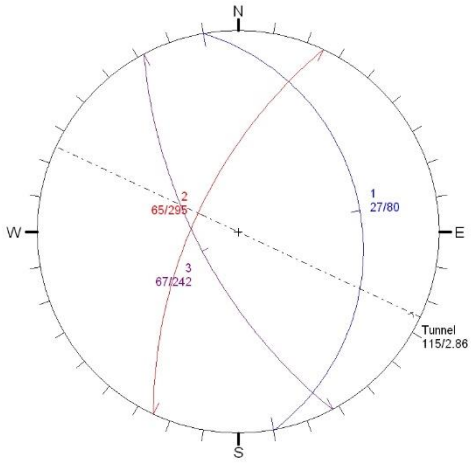
S_O/J1/J2 CON BULÓN ADICIONAL EN LA CUÑA Nº6

9.3.1.2 TRAMO 2 (DOMINIO 19): PK 4+603 A PK 4+735

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	27/080
J1	65/295
J2	67/242

Rumbo/pendiente del túnel: 115/2,86

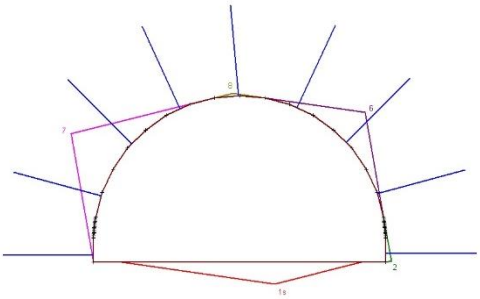


Corto plazo

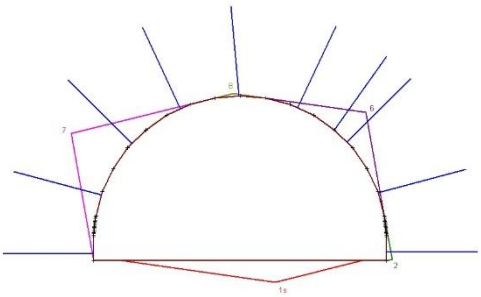
CORTO PLAZO. TRAMO 2 GALDAKAO - HOSPITAL SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con 1 bulón adicional
1	5,922	Estable	
2	0,019	2354,25	
6*	3,389	0,248	1,593
7	8,961	2,842	
8**	0,017	0,000	
9 (frente)	5,429	63,936	

*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

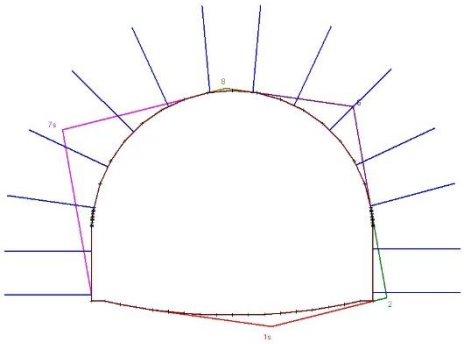
LARGO PLAZO. TRAMO 2 GALDAKAO - HOSPITAL SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con 1 bulón adicional
1	1,630	Estable	
2	0,347	118,882	
6*	3,389	0,248	1,346
7**	12,110	1,845	
8***	0,017	602,190	
9 (frente)	5,429	5,083	

*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 por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.

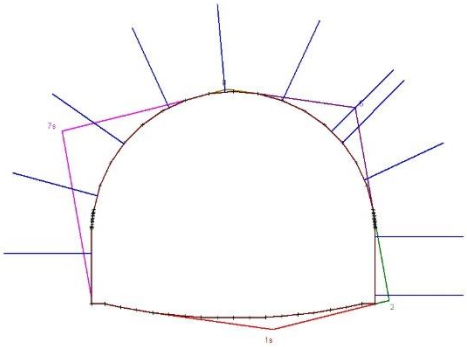
**En la cuña nº7 se ha obtenido un factor de seguridad ligeramente por debajo del valor de referencia (1,5). Se ha comprobado que con la aplicación de la capa de sellado de 3 cm de hormigón proyectado el factor de seguridad se elevará ya ampliamente por encima de dicho valor.

***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 BULON ADICIONAL EN CUÑA Nº6

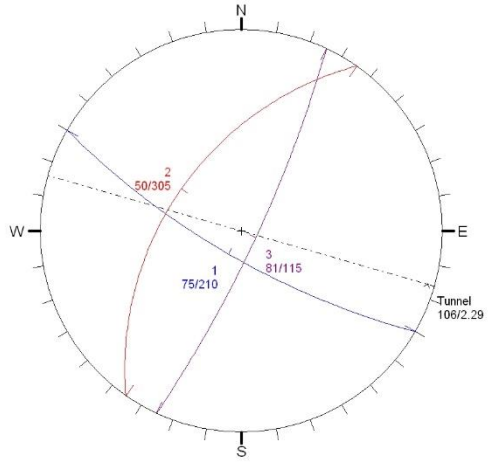
9.3.1.3 TRAMO 3 (DOMINIO 20): PK 4+735 A PK 5+518

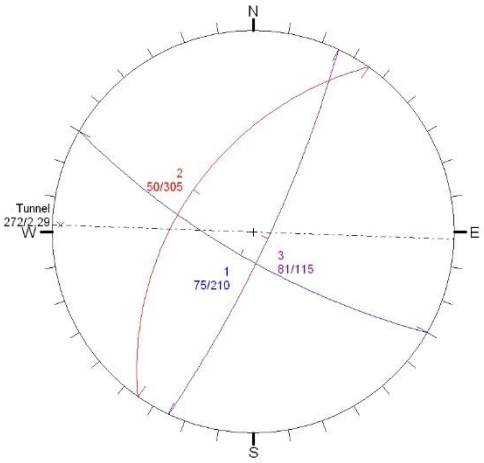
Datos de partida

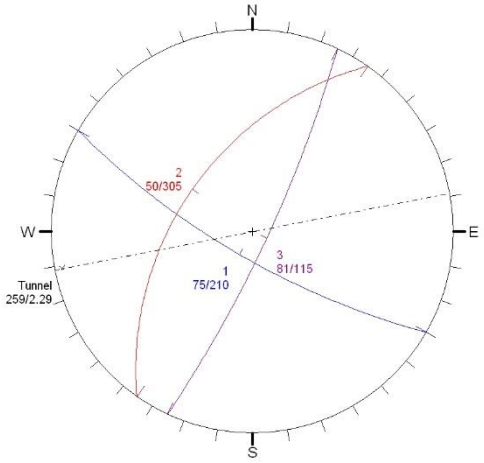
Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	75/210
J1	50/305
J2	81/115

Rumbo/pendiente del túnel: Dada la longitud del tramo y las variaciones en el trazado, se han considerado los siguientes casos:

Rumbo del túnel	Pendiente
106º	2,29
272º	2,29º
259º	2,29º





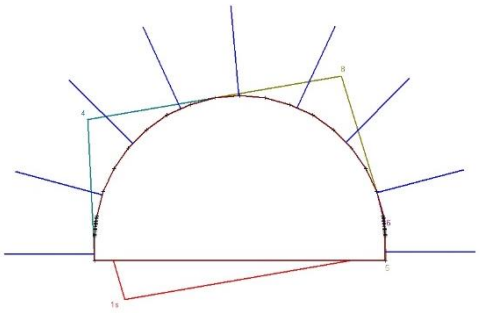


Corto plazo Rumbo de túnel 106º

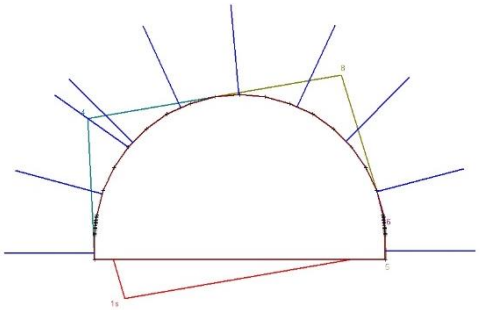
CORTO PLAZO. TRAMO 3 GALDAKAO - HOSPITAL Rumbo 106º, Pendiente 2,29º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con 1 bulón adicional
1	5,729	Estable	
4*	6,938	0,719	1,844
5	0,002	6,957	
6**	0,003	0,446	
8	6,385	1,757	
9 (frente)	6,756	4,624	

*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 (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 nº6 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

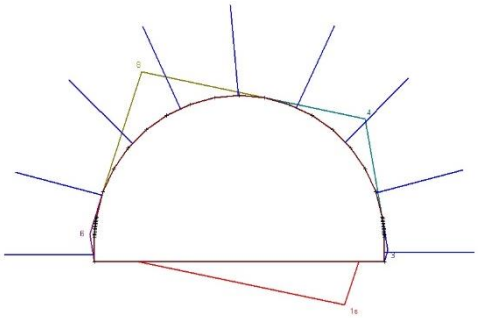


S_o/J1/J2 CON BULON ADICIONAL EN LA CUÑA Nº4

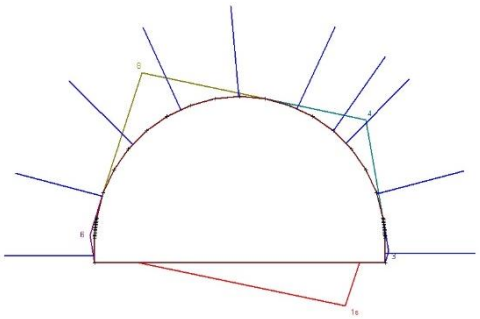
Corto plazo Rumbo de túnel 272º

CORTO PLAZO. TRAMO 3 GALDAKAO - HOSPITAL Rumbo 272º, Pendiente 2,29º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con 1 bulón adicional
1	7,768	Estable	
3	0,018	169,933	
4*	2,265	0,125	4,558
6	0,049	96,894	
8	6,679	1,671	
9 (frente)	0,005	643,906	

*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 (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.



S_o/J1/J2

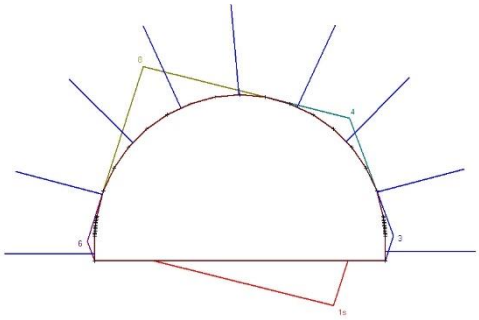


S_o/J1/J2 CON BULON ADICIONAL EN LA CUÑA Nº4

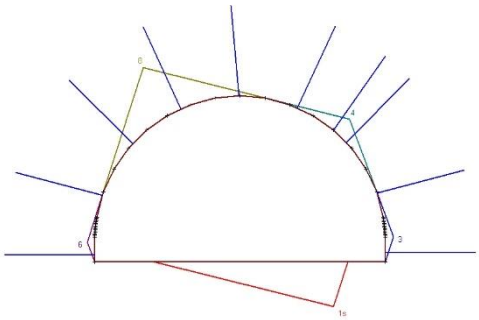
Corto plazo Rumbo de túnel 259º

CORTO PLAZO. TRAMO 3 GALDAKAO - HOSPITAL Rumbo 259º, Pendiente 2,29º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con 1 bulón adicional
1	8,346	Estable	
3	0,120	27,459	
4*	0,812	0,125	11,836
6	0,083	0,446	
8	7,796	1,497	
9 (frente)	0,857	17,712	

*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 (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.



S_o/J1/J2



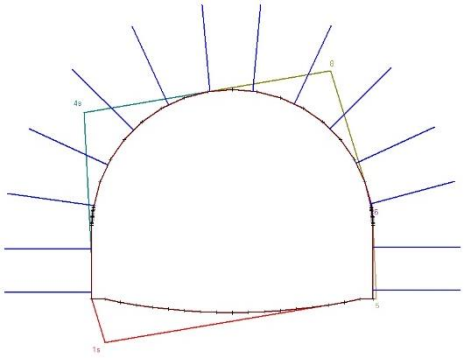
S_o/J1/J2 CON BULON ADICIONAL EN LA CUÑA Nº4

Largo plazo Rumbo de túnel 106º

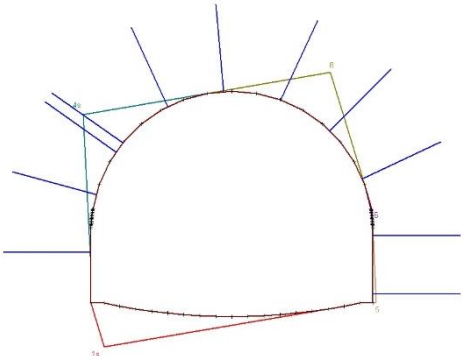
LARGO PLAZO. TRAMO 3 GALDAKAO - HOSPITAL Rumbo 106º, Pendiente 2,29º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con 1 bulón adicional
1	5,259	Estable	
4*	7,230	0,719	1,446
5	0,059	1101,059	
6**	0,003	0,446	
8	6,385	1,838	
9 (frente)	12,755	3,122	

*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 (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 por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, 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 nº6 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

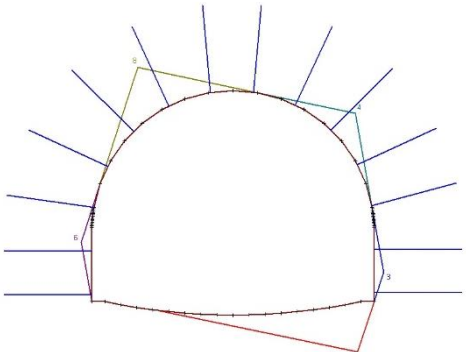


S_O/J1/J2 CON BULON ADICIONAL EN CUÑA Nº4

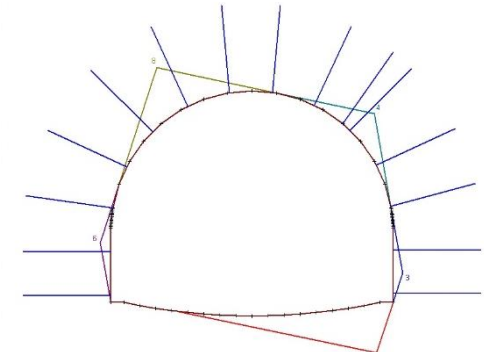
Largo plazo Rumbo de túnel 272º

LARGO PLAZO. TRAMO 3 GALDAKAO - HOSPITAL Rumbo 272º, Pendiente 2,29º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con 1 bulón adicional
1	7,953	Estable	
3	0,317	9,932	
4*	2,267	0,125	4,555
6	0,450	8,871	
8	6,671	1,749	
9 (frente)	0,009	498,738	

*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 (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.



S_O/J1/J2



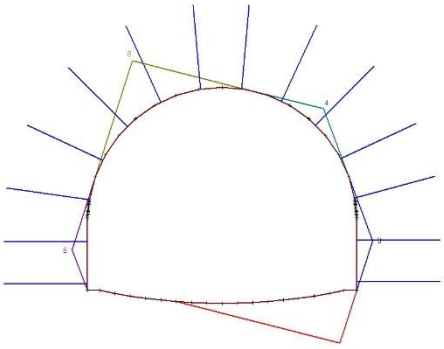
S_o/J1/J2 CON BULON ADICIONAL EN CUÑA Nº4

Largo plazo Rumbo de túnel 259º

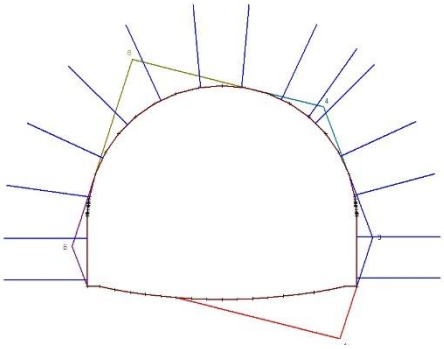
LARGO PLAZO. TRAMO 3 GALDAKAO - HOSPITAL Rumbo 259º, Pendiente 2,29º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con 1 bulón adicional
1	9,887	Estable	
3	0,973	3,018	
4*	0,814	0,125	11,808
6	0,848	5,257	
8**	7,783	1,271	
9 (frente)	2,282	9,782	

*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 (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 presenta un factor de seguridad ligeramente inferior a 1,5. Se ha comprobado que con la aplicación de la capa de sellado asciende ampliamente por encima del valor de referencia por lo que no se plantea la ejecución de bulones adicionales.



S_O/J1/J2



S_O/J1/J2 CON BULON ADICIONAL EN CUÑA Nº4

9.3.1.4 TRAMO 4 (DOMINIO 21): PK 5+518 A PK 5+841

Datos de partida

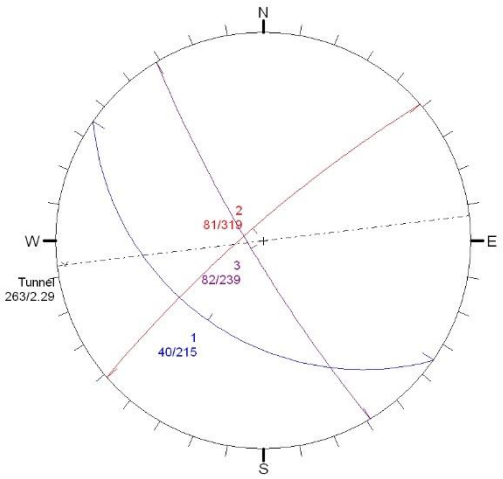
En este dominio se analizan dos combinaciones de familias de juntas:

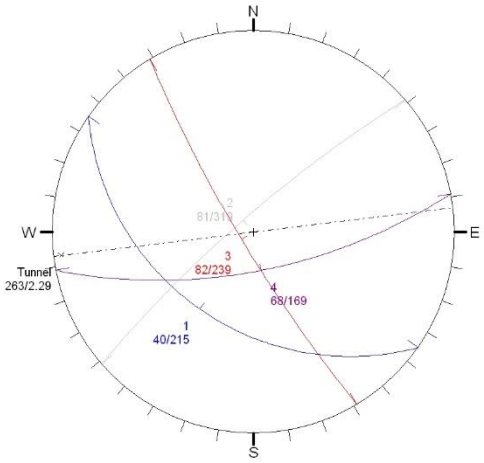
COMBINACIÓN 1	
Familia de juntas	**Buzamiento/Dirección de buzamiento**
So	40/215
J1	81/319
J2	82/239

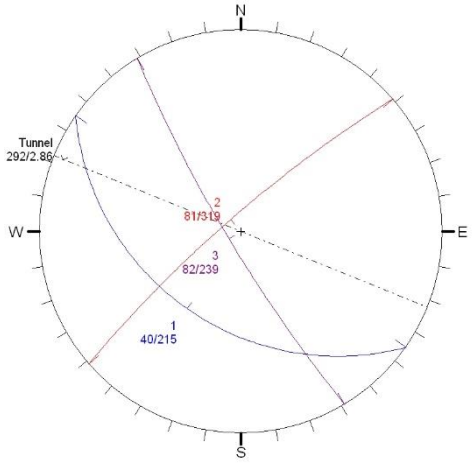
COMBINACIÓN 2	
Familia de juntas	**Buzamiento/Dirección de buzamiento**
So	40/215
J2	82/239
J3A	68/169

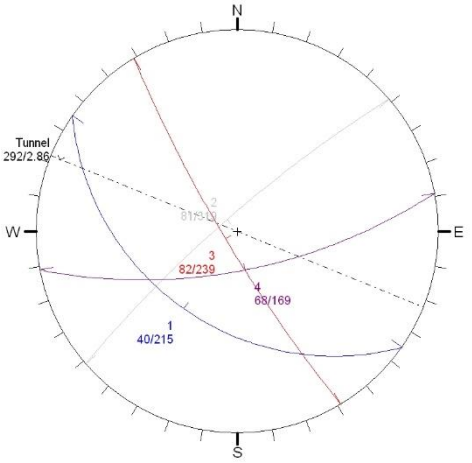
Rumbo/pendiente del túnel: Dada la longitud del tramo y las variaciones en el trazado, se han considerado los siguientes casos:

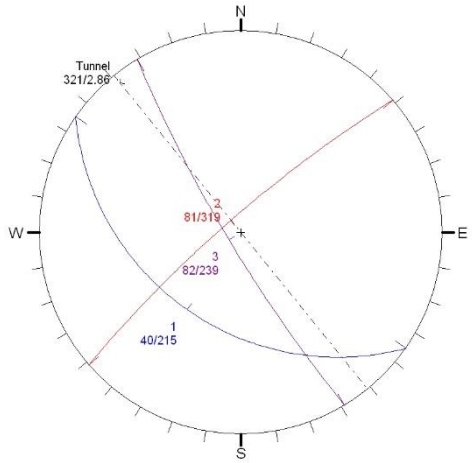
Rumbo del túnel	Pendiente
263º	2,29º
292º	2,86º
321º	2,86º

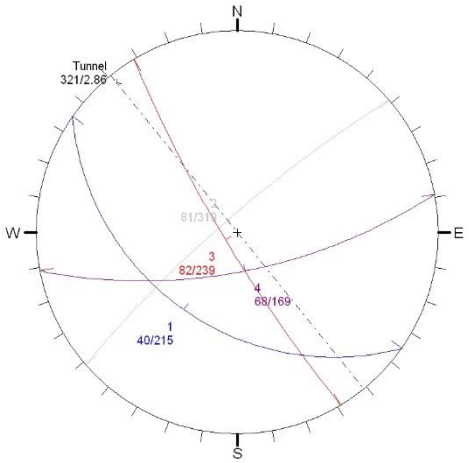





N
Tunnel
292/2.86
W
E
S
2
81/319
3
82/239
1
40/215


N
Tunnel
292/2.86
W
E
S
3
82/239
4
68/169
1
40/215


N
Tunnel
321/2.86
W
E
S
2
81/319
3
82/239
1
40/215


N
Tunnel
321/2.86
W
E
S
3
82/239
4
68/169
1
40/215

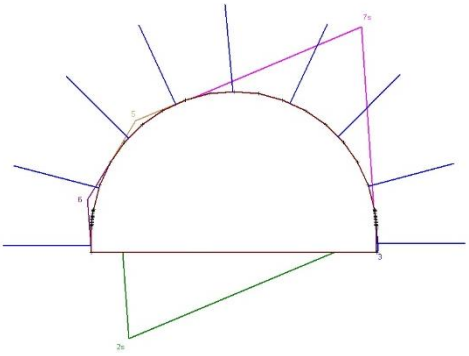
Corto plazo Rumbo de túnel 263º

CORTO PLAZO. TRAMO 4 GALDAKAO - HOSPITAL COMBINACIÓN 1 DE DISCONTINUIDADES Rumbo 263º, Pendiente 2,29º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
2	35,752	Estable	
3	0,002	4441,966	
5*	0,125	0,134	
6**	0,143	0,084	
7***	32,179	0,629	1,246
9 (frente)	5,452	6,061	

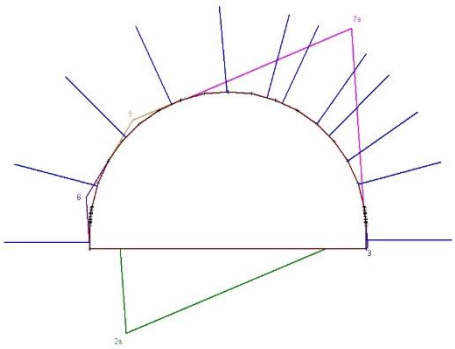
*La cuña nº5 no quedaría sujeta por ningún bulón del sostenimiento sistemático, debido a su pequeño tamaño. Se ha comprobado que con la aplicación de una capa de sellado de 3 cm de espesor de hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría holgadamente por encima de 1,5.

**La cuña nº6 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.

***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 (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 por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, 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 BULONES ADICIONALES EN LA CUÑA Nº7

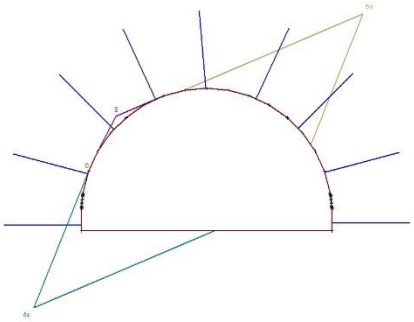
CORTO PLAZO. TRAMO 4 GALDAKAO - HOSPITAL COMBINACIÓN 2 DE DISCONTINUIDADES Rumbo 263º, Pendiente 2,29º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J2/J3A			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
4	33,499	Estable	
5*	59,509	0,778	1,454
6**	0,317	0,075	
8***	0,002	0,000	
9 (frente)	0,033	332,858	

*En la cuña nº5 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 bulones

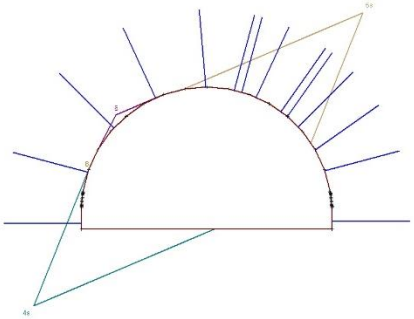
adicionales de las mismas características que las del sostenimiento sistemático para elevar el factor de seguridad, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.

**La cuña nº6 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.

***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/J2/J3A



S_o/J2/J3A CON BULONES ADICIONALES EN LA CUÑA Nº5

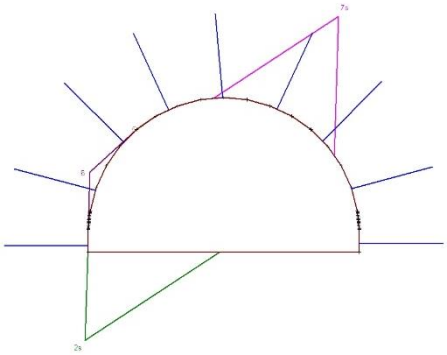
Corto plazo Rumbo de túnel 292º

CORTO PLAZO. TRAMO 4 GALDAKAO - HOSPITAL COMBINACIÓN 1 DE DISCONTINUIDADES Rumbo 292º, Pendiente 2,86º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
2	39,889	Estable	
5*	0,002	0,134	
6**	0,605	0,084	
7***	43,082	0,533	1,212
9 (frente)	6,230	5,291	

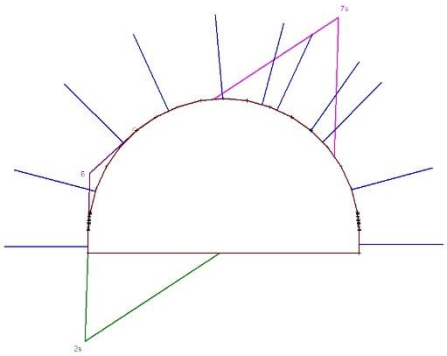
*La cuña nº5 no quedaría sujeta por ningún bulón del sostenimiento sistemático, debido a su pequeño tamaño. Se ha comprobado que con la aplicación de una capa de sellado de 3 cm de espesor de hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría holgadamente por encima de 1,5.

**La cuña nº6 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.

***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 (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 por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, 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 BULONES ADICIONALES EN LA CUÑA Nº7

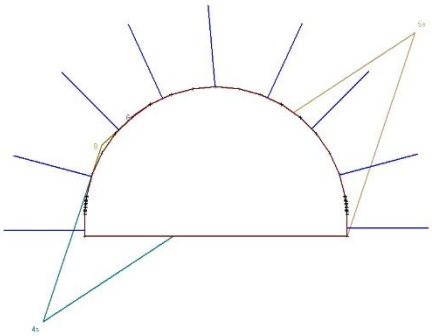
CORTO PLAZO. TRAMO 4 GALDAKAO - HOSPITAL COMBINACIÓN 2 DE DISCONTINUIDADES Rumbo 292º, Pendiente 2,86º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J2/J3A			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
4	33,880	Estable	
5*	68,091	0,666	1,024
6**	0,002	0,075	
8***	0,086	0,000	
9 (frente)	1,841	48,941	

*En la cuña nº5 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

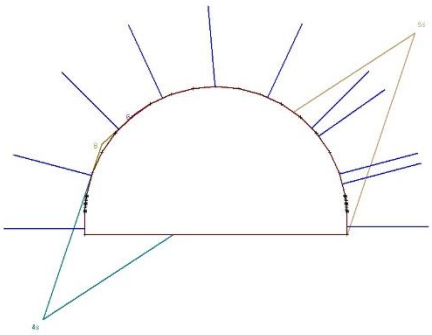
bulón adicional de las mismas características que las del sostenimiento sistemático para elevar el factor de seguridad por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.

**La cuña nº6 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.

***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/J2/J3A



S_o/J2/J3A CON BULONES ADICIONALES EN LA CUÑA Nº5

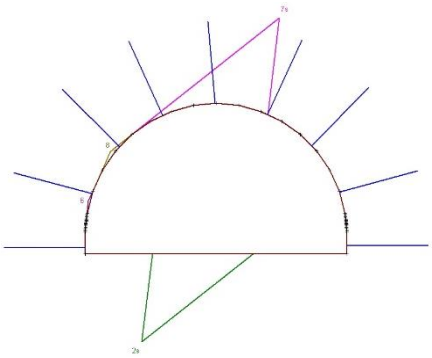
Corto plazo Rumbo de túnel 321º

CORTO PLAZO. TRAMO 4 GALDAKAO - HOSPITAL COMBINACIÓN 1 DE DISCONTINUIDADES Rumbo 321º, Pendiente 2,86º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
2	40,616	Estable	
6*	0,014	0,084	
7**	40,776	0,796	1,605
8***	0,100	0,000	
9 (frente)	6,366	4,473	

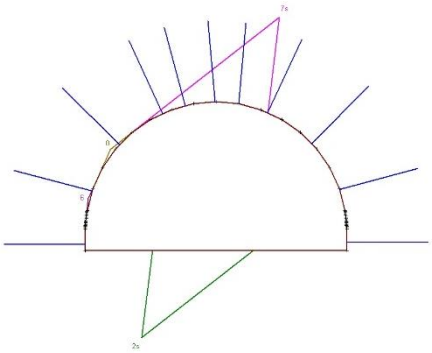
*La cuña nº6 no quedaría sujeta por ningún bulón del sostenimiento sistemático, debido a su pequeño tamaño. Se ha comprobado que con la aplicación de una capa de sellado de 3 cm de espesor de hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría holgadamente por encima de 1,5.

**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 (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.

***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 BULONES ADICIONALES EN LA CUÑA Nº7

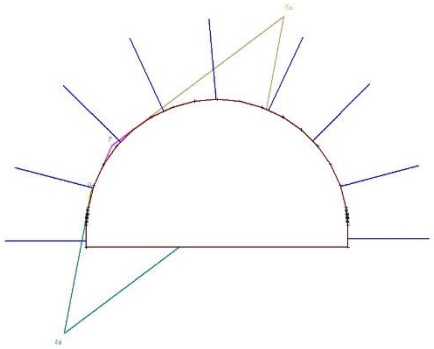
CORTO PLAZO. TRAMO 4 GALDAKAO - HOSPITAL COMBINACIÓN 2 DE DISCONTINUIDADES Rumbo 321º, Pendiente 2,86º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J2/J3A			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
4	34,051	Estable	
5*	32,865	0,579	1,238
7**	0,100	0,215	
8***	0,006	0,000	
9 (frente)	2,803	29,208	

*En la cuña nº5 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

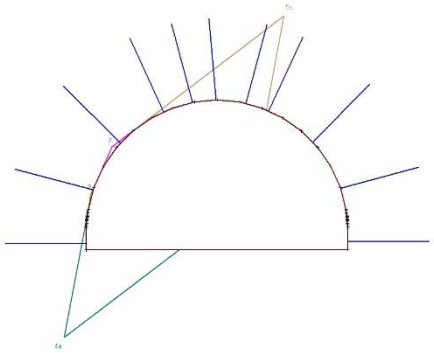
bulón adicional de las mismas características que las del sostenimiento sistemático para elevar el factor de seguridad por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.

**La cuña nº7 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.

***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/J2/J3A



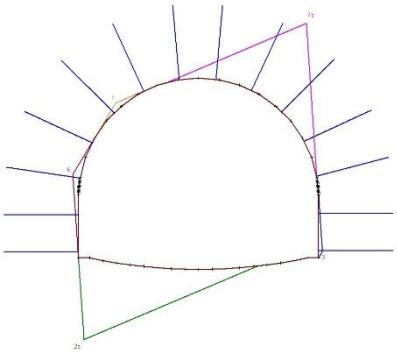
S_o/J2/J3A CON BULONES ADICIONALES EN LA CUÑA Nº5

Largo plazo Rumbo de túnel 263º

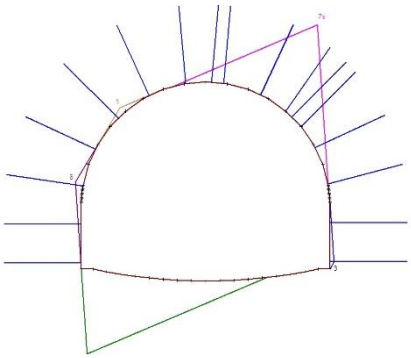
LARGO PLAZO. TRAMO 4 GALDAKAO - HOSPITAL COMBINACIÓN 1 DE DISCONTINUIDADES Rumbo 263º, Pendiente 2,29º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
2	35,765	Estable	
3	0,053	131,988	
5*	0,125	0,134	
6	0,324	5,537	
7**	32,260	0,902	1,574
9 (frente)	12,938	3,537	

*La cuña nº5 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.

**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 (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.



S_O/J1/J2



S_o/J1/J2 CON BULONES ADICIONALES EN CUÑA Nº7

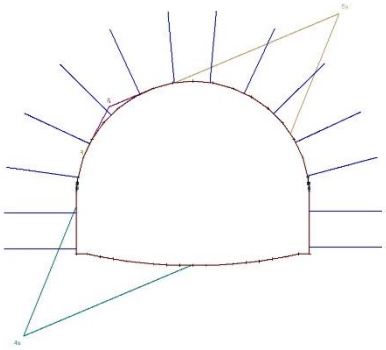
LARGO PLAZO. TRAMO 4 GALDAKAO - HOSPITAL COMBINACIÓN 2 DE DISCONTINUIDADES Rumbo 263º, Pendiente 2,29º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J2/J3A			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
4	47,194	Estable	
5*	59,328	0,439	1,314
6**	0,317	0,075	
8***	0,002	0,000	
9 (frente)	0,077	226,228	

*En la cuña nº5 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 por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.

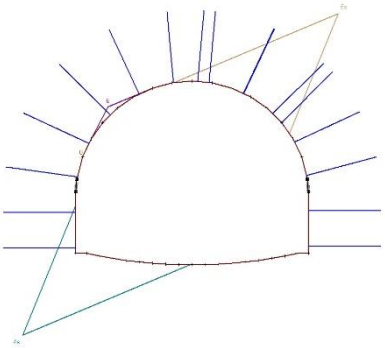
**La cuña nº6 no quedaría sujeta por ningún bulón del sostenimiento sistemático, debido a su pequeño tamaño. Se ha comprobado que con la aplicación de una capa de sellado de 3 cm de espesor de hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría holgadamente por encima de 1,5.

***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/J2/J3A



S_O/J2/J3A CON BULONES ADICIONALES EN CUÑA Nº5

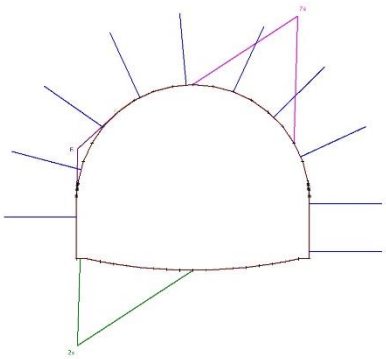
Largo plazo Rumbo de túnel 292º

LARGO PLAZO. TRAMO 4 GALDAKAO - HOSPITAL COMBINACIÓN 1 DE DISCONTINUIDADES Rumbo 292º, Pendiente 2,86º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
2	44,602	Estable	
5*	0,002	0,134	
6**	0,605	0,084	
7***	44,999	0,613	1,257
9 (frente)	16,798	2,850	

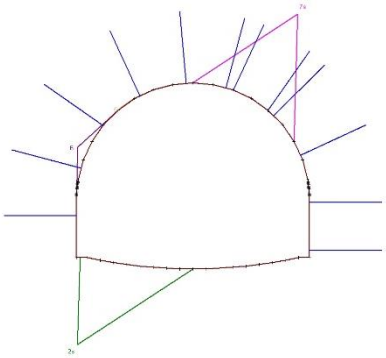
*La cuña nº5 no quedaría sujeta por ningún bulón del sostenimiento sistemático, debido a su pequeño tamaño. Se ha comprobado que con la aplicación de una capa de sellado de 3 cm de espesor de hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría holgadamente por encima de 1,5.

**La cuña nº6 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.

***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 (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 por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, 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

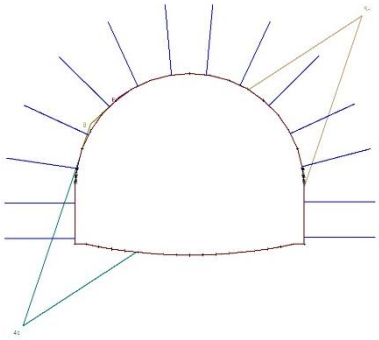


S_o/J1/J2 CON BULONES ADICIONALES EN CUÑA Nº7

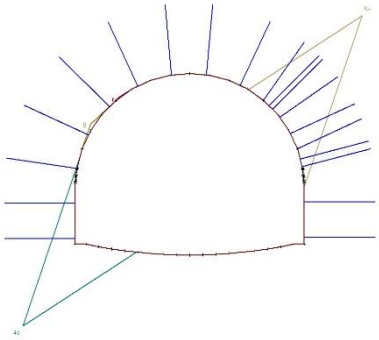
LARGO PLAZO. TRAMO 4 GALDAKAO - HOSPITAL COMBINACIÓN 2 DE DISCONTINUIDADES Rumbo 292º, Pendiente 2,86º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
4	45,222	Estable	
5*	76,389	0,519	1,342
6**	0,002	0,075	
8	0,086	21,479	
9 (frente)	4,302	28,959	

*En la cuña nº5 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 bulones adicionales de las mismas características que las del sostenimiento sistemático para elevar el factor de seguridad por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.

**La cuña nº6 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/J2/J3A



S_o/J2/J3A CON BULONES ADICIONALES EN CUÑA Nº5

Largo plazo Rumbo de túnel 321º

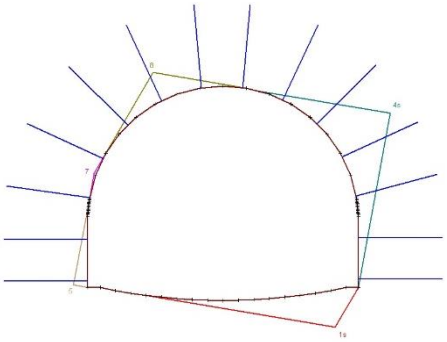
LARGO PLAZO. TRAMO 4 GALDAKAO - HOSPITAL COMBINACIÓN 1 DE DISCONTINUIDADES Rumbo 321º, Pendiente 2,86º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
1	4,886	Estable	
4*	15,630	0,556	1,401
5	0,638	110,215	
7**	0,012	0,084	
8***	2,488	0,000	3,895
9 (frente)	14,389	5,276	

*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 (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 por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.

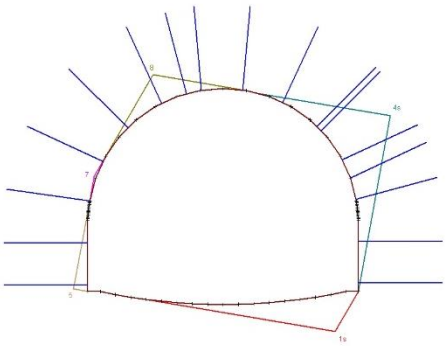
**La cuña nº7 no quedaría sujeta por ningún bulón del sostenimiento sistemático, debido a su pequeño tamaño. Se ha comprobado que con la aplicación de una capa de sellado de 3 cm de

espesor de hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría holgadamente por encima de 1,5.

***En la cuña nº8 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.



S_O/J1/J2



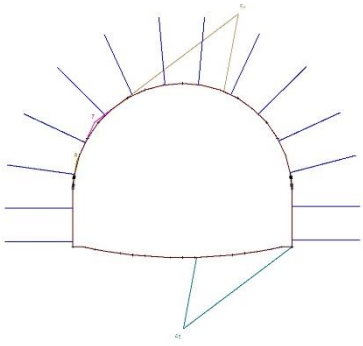
S_O/J1/J2 CON BULONES ADICIONALES EN CUÑAS Nº4 Y 8

LARGO PLAZO. TRAMO 4 GALDAKAO - HOSPITAL COMBINACIÓN 2 DE DISCONTINUIDADES Rumbo 321º, Pendiente 2,86º SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
4	36,778	Estable	
5*	32,865	0,814	1,551
7**	0,100	0,215	
8***	0,006	0,000	
9 (frente)	4,317	22,448	

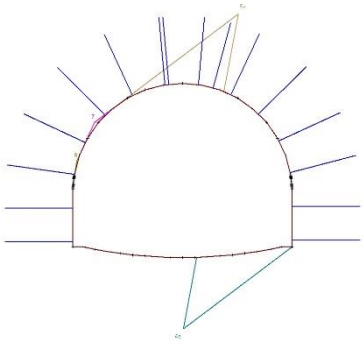
*En la cuña nº5 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación de la gunita (3 cm de espesor) el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional 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.

**La cuña nº7 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.

***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/J2/J3A



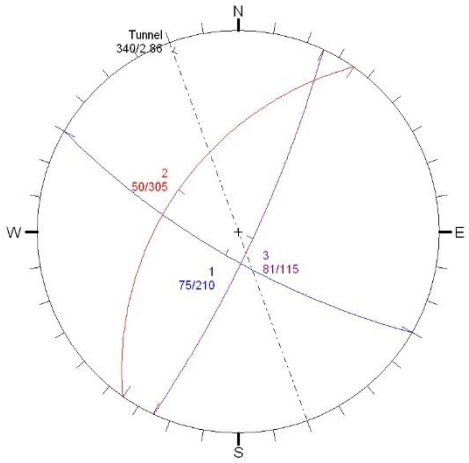
S_O/J2/J3A CON BULONES ADICIONALES EN CUÑA Nº5

9.3.1.5 TRAMO 5 (DOMINIO 20): PK 5+841 A PK 5+942

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	75/210
J1	50/305
J2	81/115

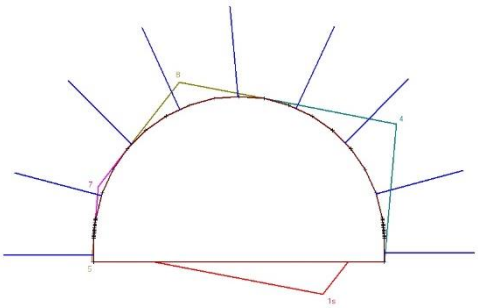
Rumbo/pendiente del túnel: 340/2,86



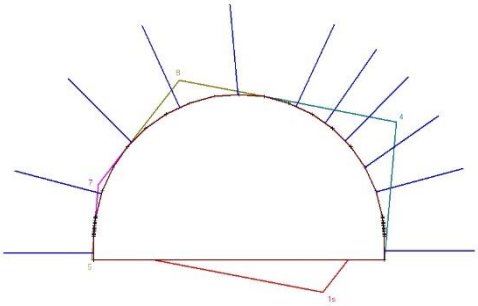
Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 5 GALDAKAO - HOSPITAL SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
1	4,289	Estable	
4*	7,028	0,125	2,053
5	0,003	14640,38	
7	0,081	32,823	
8	1,503	4,907	
9 (frente)	4,368	9,508	

*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 (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.



S_o/J1/J2



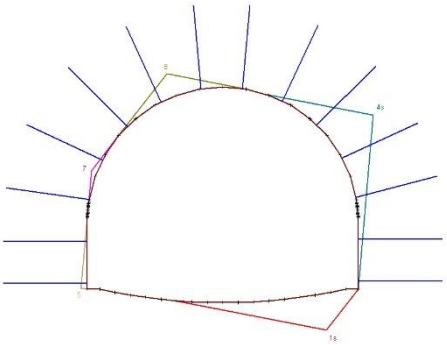
S_o/J1/J2 CON BULONES ADICIONALES EN LA CUÑA Nº4

Largo plazo

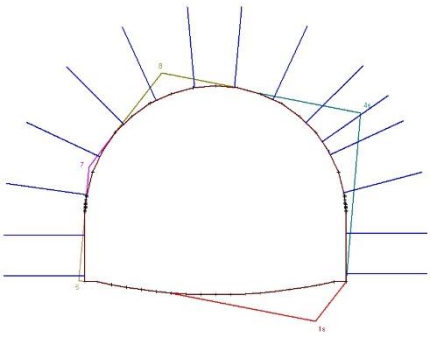
LARGO PLAZO. TRAMO 5 GALDAKAO - HOSPITAL SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
1	5,385	Estable	
4*	8,248	0,605	1,300
5	0,103	451,266	
7**	0,081	0,084	
8	1,503	5,429	
9 (frente)	11,547	5,313	

*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 (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.

**La cuña nº7 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



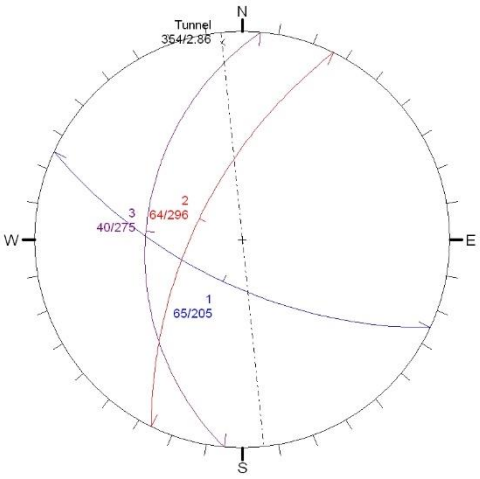
S_O/J1/J2 CON BULON ADICIONAL EN CUÑA Nº4

9.3.1.6 TRAMO 6 (DOMINIO 22): PK 5+942 A PK 5+989

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	65/205
J1	64/296
J2	40/275

Rumbo/pendiente del túnel: 354/2,86

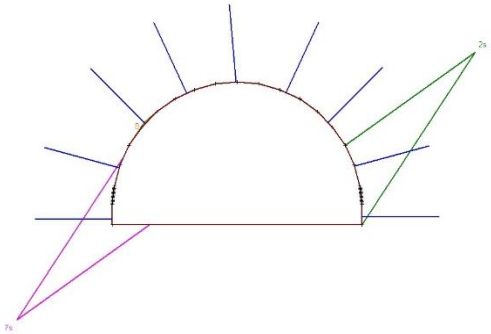


Corto plazo

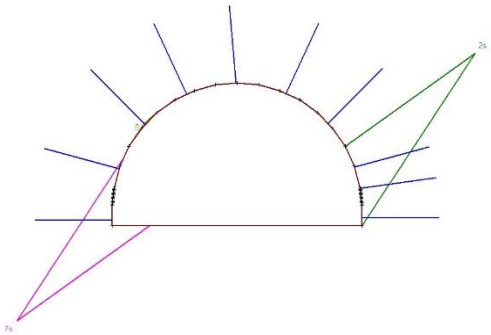
CORTO PLAZO. TRAMO 6 GALDAKAO - HOSPITAL SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
2*	34,886	0,820	1,338
7	22,414	Estable	
8	0,009	577,245	
9 (frente)	0,662	18,653	

*En la cuña nº2 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 por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, 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

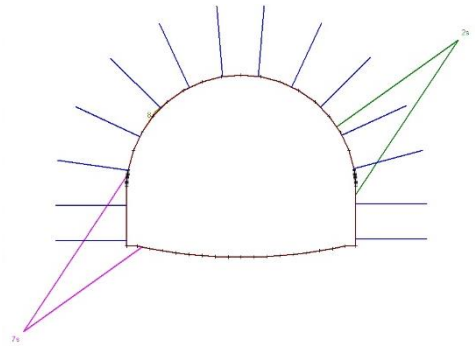


S_o/J1/J2 CON BULONES ADICIONALES EN LA CUÑA Nº4

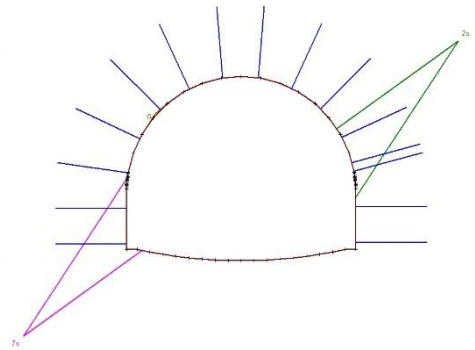
Largo plazo

LARGO PLAZO. TRAMO 6 GALDAKAO - HOSPITAL SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
2*	35,545	0,639	1,187
7	29,464	Estable	
8	0,009	582,242	
9 (frente)	1,442	11,870	

*En la cuña nº2 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 por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, 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



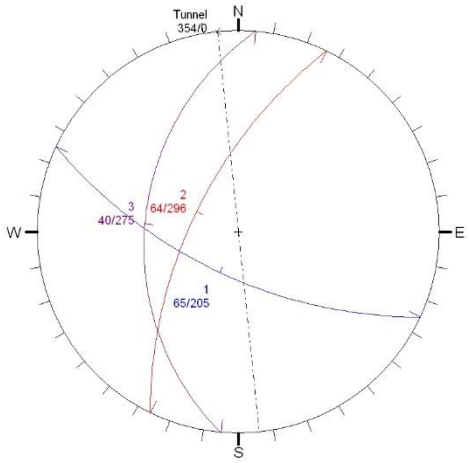
S_O/J1/J2 CON BULON ADICIONAL EN CUÑA Nº2

9.3.1.7 TRAMO 7 (DOMINIO 22): CAVERNA DE ESTACIÓN PK 5+989 A PK 6+098

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	65/205
J1	64/296
J2	40/275

Rumbo/pendiente de la caverna: 354/0,00

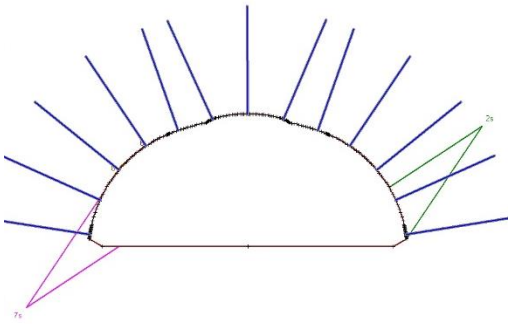


Corto plazo

CORTO PLAZO. CAVERNA ESTACIÓN HOSPITAL SOSTENIMIENTO TIPO ST-I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
2	34,625	1,748
6*	0,000	0,259
7	20,773	Estable
8	0,011	658,920
9 (frente)**	2,166	0,634

*La cuña nº6 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.

**La cuña nº9 que se descalzaría en el frente quedaría estabilizada 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

Largo plazo

LARGO PLAZO. CAVERNA ESTACIÓN HOSPITAL SOSTENIMIENTO TIPO ST-I		
So/J1/J2		
CUÑA	PESO (T)	FS
1*	0,001	0,643
2	36,568	1,546
3	0,000	3,262
6**	0,000	0,259
7	34,065	Estable
8***	0,011	0,000
9 (frente)****	5,086	0,634

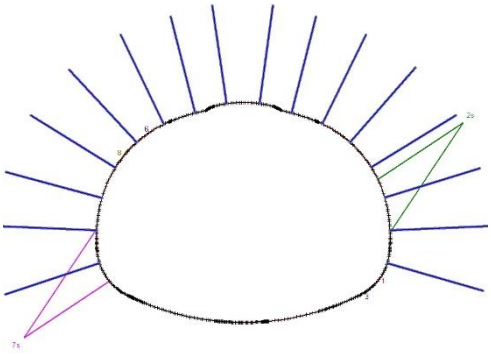
*La cuña nº1 no quedaría sujeta por ningún bulón del sostenimiento sistemático, debido a su pequeño tamaño. Se ha comprobado que con la aplicación de una capa de sellado de 3 cm de espesor de hormigón proyectado, el factor de seguridad se situaría holgadamente por encima de 1,5.

**La cuña nº6 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.

***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.

****La cuña nº9 que quedaría descalzada en un frente completamente abierto se estabilizaría con FS superior a 1,5 con la aplicación de una capa de 3 cm de sellado (hormigón proyectado). No obstante, dadas las secuencias de excavación por fases prevista, es difícil que se de la circunstancia de un frente abierto en toda su sección.



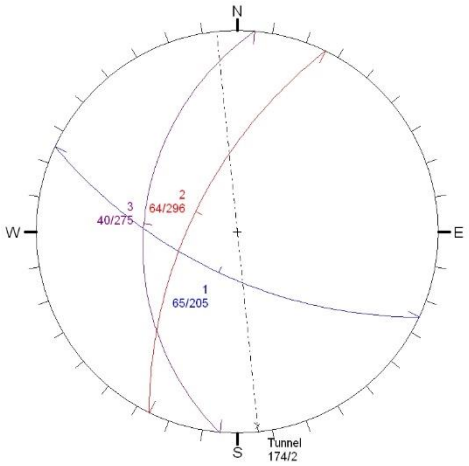
S_O/J1/J2

9.3.1.8 TRAMO 8 (DOMINIO 22): PK 6+098 A PK 6+270

Datos de partida

Familia de juntas	Buzamiento/Dirección de buzamiento
So	65/205
J1	64/296
J2	40/275

Rumbo/pendiente del túnel: 174/2,00



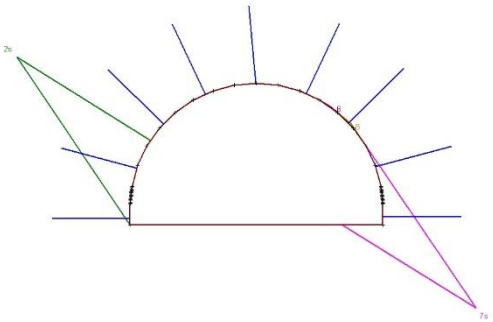
Corto plazo

CORTO PLAZO. TRAMO 8 GALDAKAO - HOSPITAL SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
2*	34,258	0,895	1,309
6*	0,002	0,259	
7	19,022	Estable	
8	0,006	877,905	
9 (frente)	0,817	38,294	

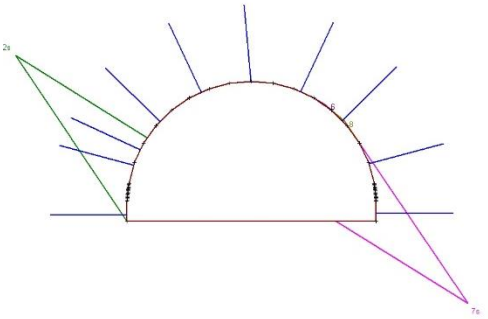
*En la cuña nº2 no se alcanza el factor de seguridad de 1,5 con el bulonado sistemático. Se ha comprobado que con la aplicación de la gunita (3 cm de espesor) el factor de seguridad se situaría por encima de 1,5. Sin embargo y debido al tamaño de la misma se recomienda disponer algún bulón adicional de las mismas características que las del sostenimiento sistemático para elevar el factor de seguridad por encima de 1 sin la colaboración de la gunita, tal y como se muestra en la tabla y en el ejemplo de la segunda figura. Esto permitiría trabajar con mayores garantías de seguridad.

**La cuña nº6 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



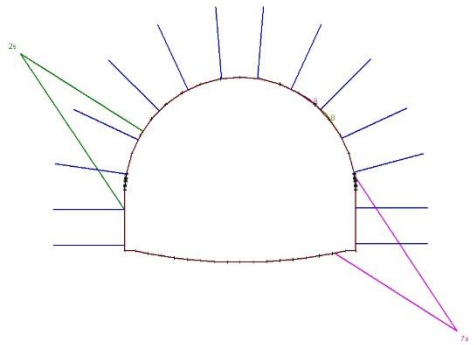
S_o/J1/J2 CON BULONES ADICIONALES EN LA CUÑA Nº2

Largo plazo

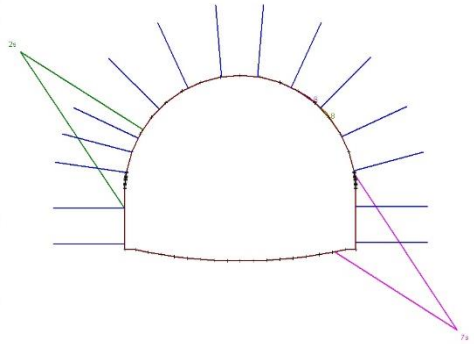
LARGO PLAZO. TRAMO 8 GALDAKAO - HOSPITAL SOSTENIMIENTO TIPO ST-I			
So/J1/J2			
CUÑA	PESO (T)	FS	FS con bulones adicionales
2*	34,468	0,715	1,120
6**	0,002	0,259	
7	27,687	Estable	
8	0,006	884,877	
9 (frente)	1,641	25,056	

*En la cuña nº2 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.

**La cuña nº6 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 CUÑA Nº2

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 las obras subterráneas:

FORMACIÓN	ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR OBTENIDO	ABRASIVIDAD
CS-5, zonas de predominancia de lutitas y alternancia de areniscas y lutitas	1,50	Poco abrasiva
CS-5, zonas de predominancia de areniscas	2,30	Poco abrasiva

Como puede observarse, se trata de materiales poco abrasivos según los resultados obtenidos en estos ensayos. No obstante, hay que señalar que la formación CS-5 en las zonas de predominancia de areniscas muestra un resultado más bajo de lo esperado, considerándose que estos materiales serán más abrasivos en general de lo que refleja este valor.

- 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
CS-5, zonas de predominancia de lutitas y alternancia de areniscas y lutitas	0,188	Muy buena
CS-5, zonas de areniscas	3,479	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
CS-5, zonas de predominancia de lutitas y alternancia de areniscas y lutitas	< 40	Viable económicamente
	40-60	Posible, los costes crecen con el Q*
CS-5, zonas de predominancia de areniscas	60-80	Posible. Costes altos, rendimientos reducidos

Como puede observarse, 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 cuanto más alto sea el contenido en cuarzo equivalente (presencia de areniscas en alternancia). Por otra parte, 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 5+330 y 5+410 y 5+640 y 5+810. También podrían aparecer otros tramos, ya que al fin y al cabo la información de la que se dispone es puntual o de observaciones en superficie. Con carácter general, en toda la formación CS-5 por la que transcurre el trazado podrán aparecer bandas de areniscas de potencia variable (incluso métrica), intercaladas con las lutitas. Será en estas zonas de predominancia de areniscas donde mayores dificultades para la excavación mecánica habrá.

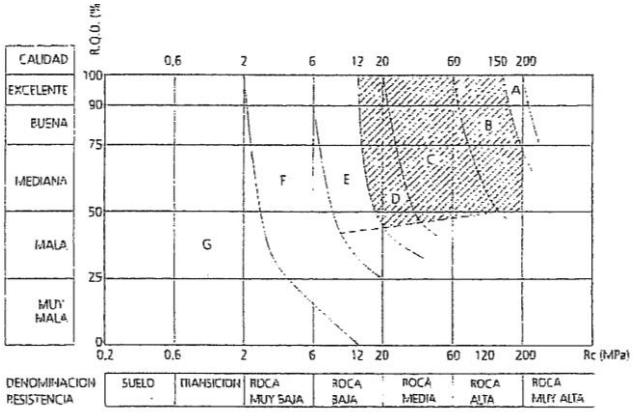
10.1.1.3 CRITERIOS DE EXCAVABILIDAD

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:

FORMACIÓN	RCS (MPa)	Rango calidad (RQD)	ZONA	EXCAVABILIDAD CON MEDIOS MECÁNICOS
CS-5, zonas de predominancia de lutitas y alternancia de areniscas y lutitas	25	55 - 100	D - C	Rozadora >50 t
CS-5, zonas de areniscas	50	55 - 100	C	Rozadora >50 t

Como puede observarse, según este criterio en todos los casos parece adecuado el empleo de rozadoras de más de 50 t.

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
CS-5, zonas de predominancia de lutitas y alternancia de areniscas y lutitas	25	1,5	37,5	Terreno técnica y económicamente excavable con rozadora
CS-5, zonas de areniscas	50	2,3	115	Terreno técnica y económicamente excavable con tuneladora

Según este criterio, los materiales en los que predomina la alternancia de lutitas y areniscas serían excavables con rozadora, mientras que en los casos en los que predominen las areniscas esta solución será prácticamente inviable, siendo preciso otro método de excavación.

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:

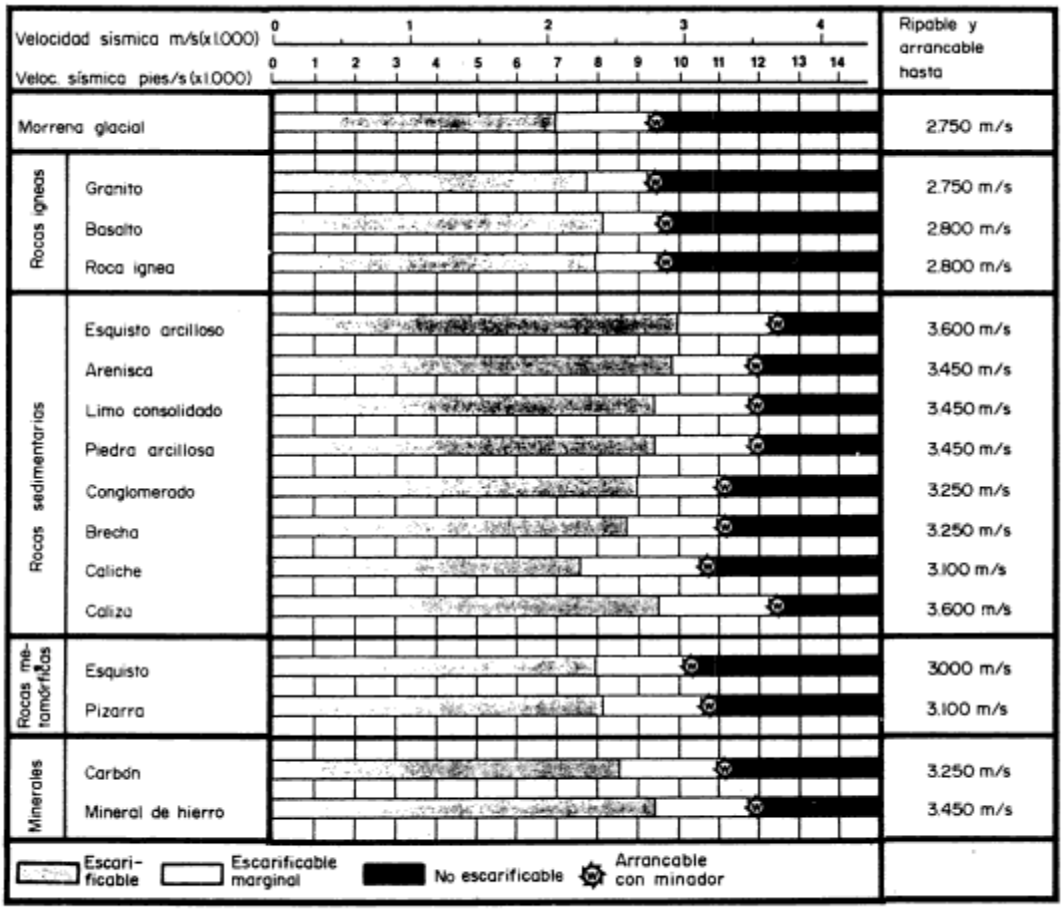


Figura 13.— Campos de aplicación económica de los minadores continuos horizontales (Wirtgen).

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)
CS-5, zonas de predominancia de lutitas y alternancia de areniscas y lutitas	3290
CS-5, zonas de areniscas	2070

Teniendo en cuenta lo recogido en el cuadro anterior, todas las formaciones son rozables al presentar velocidades inferiores a 4000 m/seg. En el caso particular de las areniscas de CS-5, el valor obtenido en el único ensayo realizado se considera anormalmente bajo y no representativo, teniendo en cuenta las características de esos materiales y otros datos obtenidos para el tramo anterior (Aperribai – Galdakao) en el que se encontrarían incluso fuera 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 tanto para la ejecución de las obras subterráneas (túnel de línea, cavernas de estaciones en mina, etc.) 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 (Grupo 3 y Grupo 4) 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 y del Grupo 2**, la 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 contínua.

- 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

En el tramo Galdakao - Hospital se han previsto varias obras subterráneas que llevan aparejada la excavación de conductos verticales: pozo del ascensor en la estación del Hospital, 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 armado HA-30 de 0,30 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.

- 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.

- 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.

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.

- 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).

11.3 TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN DE LA SOLERA

- 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

- 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 la salida de emergencia de Puentelatorre.

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).

- INCLINÓMETROS

Los inclinómetros permiten conocer los desplazamientos horizontales en el terreno fundamentalmente cuando este está constituído por suelos. Para ello se instala tubería inclinométrica en una perforación igual a la de un sondeo mecánico, fijando su extremo a un punto fijo (roca). Para conocer los movimientos, se realizan medidas periódicas mediante que permiten controlar la evolución y magnitud de los mismos en toda la profundidad de la perforación.

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, y las dianas, regletas de nivelación y clinómetros de pared se emplearán 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 y regletas de nivelación 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 plano 23. Auscultación y control 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 9.8 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, en 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 la caverna de la estación del Hospital se instalarán secciones de medida de convergencias cada 10 m.

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 entronque de la Salida de emergencia de Puentelatorre la cobertera supera los 60 m y no hay edificaciones significativas sobre la traza, por lo que en principio no se ha propuesto ningún elemento de control en superficie.

  Tras el paso bajo el río Ibaizabal, la cobertera disminuye drásticamente y se ha previsto un control exhaustivo en superficie para una edificación destinada a vivienda que se localiza sobre la traza en un tramo con cobertera del orden de 10 m. Se ha previsto la instalación de dos secciones de control consistentes en extensómetros de exterior con sus hitos correspondientes: en el PK 5+835 se dispondrá un extensómetro de 20 m de longitud a cada lado de la traza (anclajes de varillas a 5 m, 15 m y 20 m) y en el PK 5+850 otra sección igual a la anterior.

  La caverna de la estación del Hospital transcurre en planta cercana a un parking y la cobertera estimada es del orden de 10 a 16 m. Se ha previsto la instalación de de dos secciones de control de extensómetros: la sección del PK 6+055 constará de un extensómetro de 25 m a cada lado de la caverna (anclajes de las varillas a 25 m, 17 m y 7 m) y de un extensómetro de 7 m sobre el eje del trazado (anclajes de las varillas a 3 m, 5 m y 7 m) y en el PK 6+090 otra sección igual a la anterior.

  Para finalizar, se instalarán tres extensómetros de exterior con sus hitos en cabeza correspondientes en el entorno de la excavación del pozo del ascensor tal y como se indica en el plano 23. Las longitudes estimadas son de 30 m (anclajes de las varillas a 30 m, 23 m y 15 m).

- Extensómetros de interior. Propuesta de secciones

  Se instalarán extensómetros de interior en el túnel de línea, concretamente en las secciones de control de convergencias de los entronques con la galería de emergencia de Puentelatorre, en los entronques con las obras singulares (ventilaciones de emergencia de estación y EBA) y en aquellos tramos de calidad muy mala del macizo rocoso (fallas, etc.) donde se realicen controles cada 10 m. El mismo criterio se aplicará a la galería de emergencia de Puentelatorre.

  En el interior de la caverna de la estación del Hospital se instalarán secciones de control de convergencias cada 10 m y también extensómetros de interior en una de cada 2 secciones.

  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:

En este tramo, el túnel transcurre hasta el PK 4+400 por el casco urbano de Galdakao, zona en la que se ha previsto la colocación de dianas y regletas de nivelación en las fachadas de los siguientes edificios: tres dianas y una regleta en el que se encuentra sobre la traza en el PK 4+360 y cuatro dianas y una regleta en la fachada del edificio en el PK 4+400.

A la altura del PK 5+100 se instrumentará con dianas y regleta de nivelación una pequeña edificación que queda sobre la traza con cobertera de 32 m (tres dianas), siendo esta la única que se controlará a priori en la zona de Bekea, ya que a partir de aquí y hasta el nuevo paso bajo el río, las coberteras son importantes en las zonas habitadas (superiores a los 60 m).

Tras el paso bajo el río Ibaizabal, la cobertera disminuye drásticamente y se ha previsto un control exhaustivo en superficie para una edificación destinada a vivienda que se localiza sobre la traza en un tramo con cobertera del orden de 10 m. Se ha previsto la instalación de cuatro dianas en las fachadas del edificio, una regleta de nivelación y dos clinómetros de pared.

La caverna de la estación del Hospital transcurre en planta cercana a un parking y la cobertera estimada es del orden de 10 a 16 m. Se ha previsto la instalación de dos dianas y una regleta de nivelación en el parking y dos secciones de control exhaustivo en la caverna.

Por último, se instalarán tres dianas de control y una regleta de nivelación en la fachada del Hospital, en la zona más cercana al ascensor tal y como se señala en el plano 23.

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
Una cada 2 meses	0,005 mm/día $\leq V \leq$ 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, regletas de nivelación, 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 Nº7.1:

Trazado en Planta. Obras subterráneas

Anejo nº7: Obras Subterráneas

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
euskal trenbide sarea
eptisa
FULCRUM

OHARRAK :

NOTAS :

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 2

X= 512500
Y= 4786500

TUNEL DE LINEA
GALDAKAO–HOSPITAL

INICIO DE TRAMO

4+400
4+500
4+600
4+700
4+800

TERMINO DE GALDAKAO

HOJA 1 HOJA 2 HOJA 3 HOJA 4

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-01-h01PLAN.dwg

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

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. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PLANTA

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.1
ORRIA / HOJA
1 SIGUE 2

OHARRAK :

NOTAS :

LÍNEA DE SOLAPO CON HOJA 1

LÍNEA DE SOLAPO CON HOJA 3

X= 513800

Y= 4786300

X= 514000

Y= 4785900

X= 513800

Y= 4786000

TUNEL DE LINEA
GALDAKAO–HOSPITAL

4+700 4+800 4+900 5+000 5+100 5+200

HOJA 1 HOJA 2 HOJA 3 HOJA 4

Industrias Zarra
Aceros Navales
Maderas SAL S.A.
Parque de Bomberos
Edificio Provincenaos
Casa Pinta
Casa Nueva
BEKEA AUZOA
AIZOA
TERMINO DE GALDA
Ortuondo
Basozabal
Barkaio
a Bilbao
a Bermeo
Carretera
A-8
N-634
Río

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. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PLANTA

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.1
ORRIA / HOJA
2 SIGUE 3

D:\00000_LÍNEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-01-h02PLAN.dwg

OHARRAK :
NOTAS :

TUNEL DE LINEA
GALDAKAO–HOSPITAL

SALIDA DE EMERGENCIA
DE PUENTELATORRE

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 2

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 4

X= 514300
Y= 4786200

X= 514500
Y= 4785800

X= 514100
Y= 4785900

HOJA 1 HOJA 2 HOJA 3 HOJA 4

5+700
5+800
5+600
5+500
5+400
5+300
5+200
0+300
0+200
0+100

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
1/1000
EN DIN A1

0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PLANTA

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.1
ORRIA / HOJA
3 SIGUE 4

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07–Obras Subterraneas\A07–01–h03PLAN.dwg

OBRA SINGULAR VENTILACION DE EMERGENCIA 1 ESTACION HOSPITAL

OBRA SINGULAR VENTILACION EBA ESTACION HOSPITAL

TUNEL DE LINEA GALDAKAO–HOSPITAL

OBRA SINGULAR CAÑON DE ACCESO HOSPITAL

TUNEL DE LINEA HOSPITAL–FIN DE LINEA

OBRA SINGULAR CAÑON DE ACCESO LABEAGA

OBRA SINGULAR VENTILACION DE EMERGENCIA 2 ESTACION HOSPITAL

ESTACION HOSPITAL

OBRA SINGULAR CAÑON DE ACCESO USANSOLO

P.K. 5+988,872

P.K. 6+098,272

FIN DE TRAMO

LINEA DE SOLAPO CON HOJA 3

X= 514800 Y= 4785500

X= 514500 Y= 4785800

5+900

6+000

6+100

6+200

HOJA 1 HOJA 2 HOJA 3 HOJA 4

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-01-h04PLAN.dwg

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
1/1000
EN DIN A1

0 10 30 50
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PLANTA

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.1
ORRIA / HOJA
4 SIGUE FIN

APÉNDICE Nº7.2:

Planta Geológico-Geotécnica

Anejo nº7: Obras Subterráneas

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
euskal trenbide sarea
eptisa
FULCRUM

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- TMS/REMI — Geofísica campañas anteriores.
- 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 SUPRAURGONIANO (Albiense)

- CS-5 — Alternancia de areniscas silíceas y lutitas/ Afloramiento en superficie.

HIDROLOGÍA

- Manantial/ Surgencia. Punto de interés hidrogeológico
- 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 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. GALDAKAO-OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL

PLANU - IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
CARTOGRAFIA GEOLOGICA-GEOTECNICA

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.2
ORRIA / HOJA
1 SIGUE 2

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-02-h01CART.dwg

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- TMS/REMI — Geofísica campañas anteriores.
- 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 SUPRAURGONIANO (Albiense)

- CS-5 — Alternancia de areniscas silíceas y lutitas/ Afloramiento en superficie.

HIDROLOGÍA

- Manantial/ Surgencia. Punto de interés hidrogeológico
- 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

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. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
CARTOGRAFIA GEOLOGICA–GEOTECNICA

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.2
ORRIA / HOJA
2 SIGUE 3

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-02_h02CART.dwg

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- TMS/REMI — Geofísica campañas anteriores.
- 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 SUPRAURGONIANO (Albiense)

- CS-5 — Alternancia de areniscas silíceas y lutitas/ Afloramiento en superficie.

HIDROLOGÍA

- Manantial/ Surgencia. Punto de interés hidrogeológico
- 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 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. GALDAKAO-OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL

PLANU - IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
CARTOGRAFIA GEOLOGICA-GEOTECNICA

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.2
ORRIA / HOJA
3 SIGUE 4

D:\00000_LINEA_5\TRAMO_3\Anejos\A07-Obras_Subterraneas\A07-02-h03CART.dwg

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

- Sondeo mecánico campañas anteriores.
- Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- TMS/REMI — Geofísica campañas anteriores.
- 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 SUPRAURGONIANO (Albiense)

- CS-5 — Alternancia de areniscas silíceas y lutitas/ Afloramiento en superficie.

HIDROLOGÍA

- Manantial/ Surgencia. Punto de interés hidrogeológico
- 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 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. GALDAKAO-OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL

PLANU - IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
CARTOGRAFIA GEOLOGICA-GEOTECNICA

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.2
ORRIA / HOJA
4 SIGUE FIN

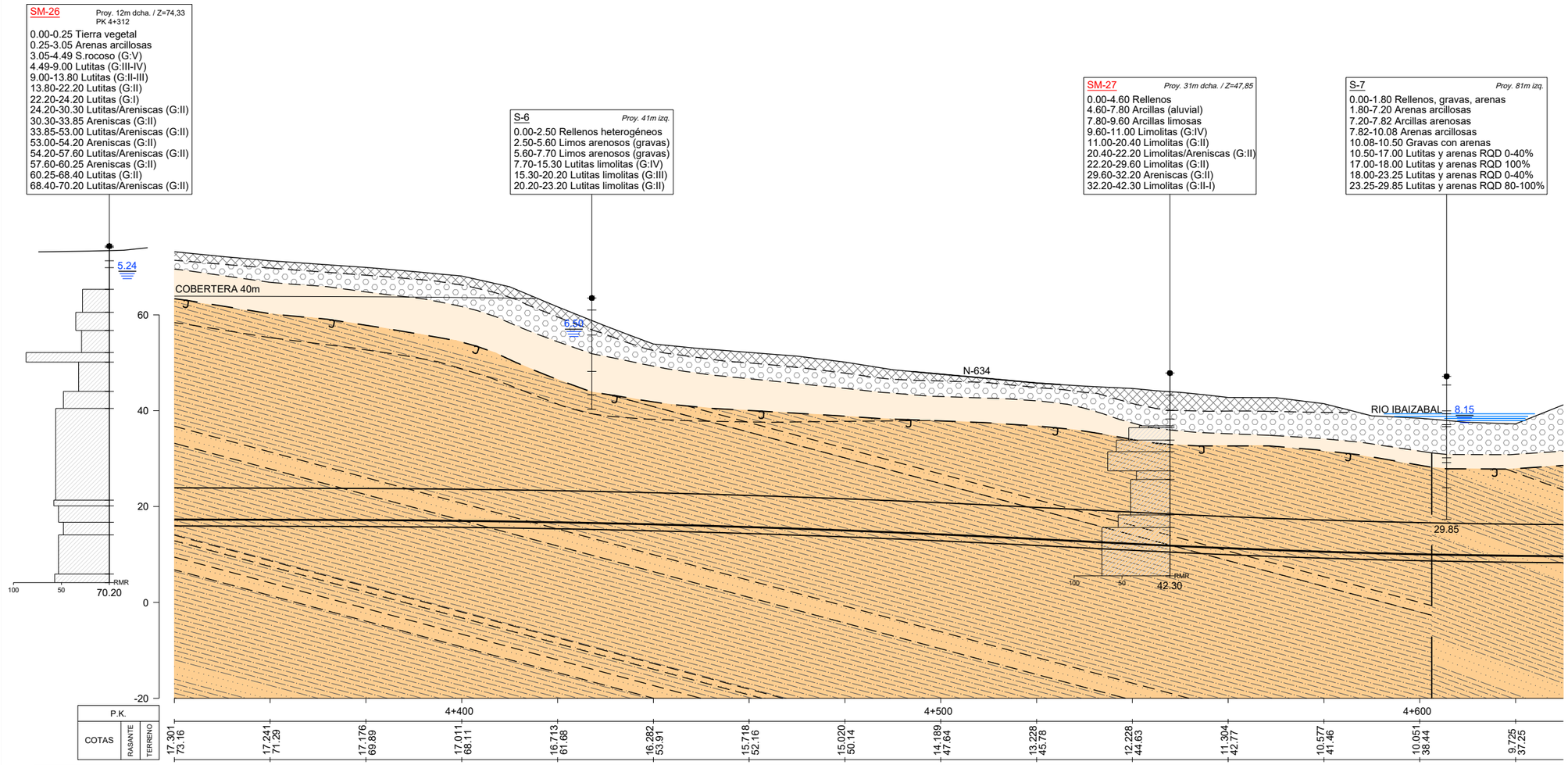
D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-02-h04CART.dwg

APÉNDICE Nº7.3:

Perfil Geológico-Geotécnico Longitudinal

Anejo nº7: Obras Subterráneas

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
euskal trenbide sarea
eptisa
FULCRUM



TRAMO	Tunel de linea Galdakao - Hospital					
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				Dominio-19: S_o 27/080, J_1 65/295, J_2 67/242	
TUNEL EN MINA – MACIZO – PERMEABILIDAD (cm/s)	K= $9x10^{-5}$ cm/seg.					
TUNEL EN MINA – MACIZO – CALIDAD (RMR)	31.5% 20<RMR<45; 29% 45<RMR<55; 36.2% 55<RMR<70; 3.3% RMR>70		34% 20<RMR<45; 22% 45<RMR<55; 30.9% 55<RMR<70; 13.1% RMR>70	39% 20<RMR<45; 8.3% 45<RMR<55; 20.4% 55<RMR<70; 32.3% RMR>70	100% 10<RMR<20	→
TUNEL EN MINA – SOSTENIMIENTO TIPO	31.5% ST-IV; 29% ST-III; 36.2% ST-II; 3.3% ST-I		34% ST-IV; 22% ST-III; 30.9% ST-II; 13.1% ST-I	39% ST-IV; 8.3% ST-III; 20.4% ST-II; 32.3% ST-I	100% ST-V	→
TUNEL EN MINA – EXCAVACION	Rozadora con caracter general. Posible dificultad mayor al rozar en zonas de areniscas.					
TUNEL EN MINA – OBSERVACIONES					Inyecciones perimetrales de lechada para impermeabilización	
TUNEL EN MINA – LONGITUD (m)	133.05 m		45.96 m	73.49 m	20 m	112.25 m

OHARRAK :

NOTAS :

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
- 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

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

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01LONG.dwg

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

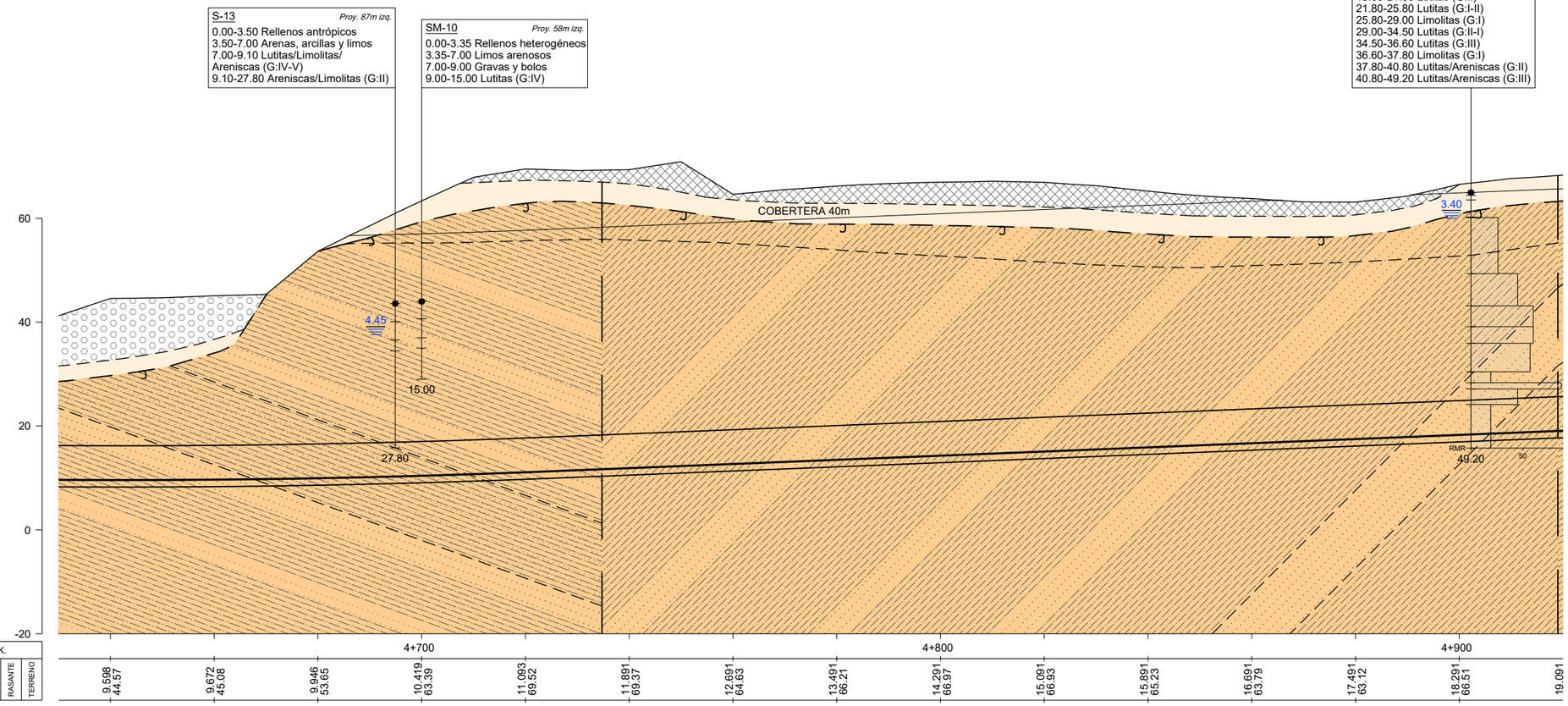
euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

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. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
1 SIGUE 2



P.K.		4+700					4+800					4+900	
COTAS	RASANTE	9.598	9.672	9.946	10.419	11.093	11.891	12.691	13.491	14.291	15.091	15.891	16.691	17.491	18.291	19.091
	TERRENO	44.57	45.08	53.65	63.39	69.52	69.37	64.63	66.21	66.97	66.93	65.23	63.79	63.12	66.51	

TRAMO		Tunel de linea Galdakao - Hospital			
FORMACION		CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas			
DOMINIO ESTRUCTURAL		Dominio-19: S_o 27/080, J_1 65/295, J_2 67/242		Dominio-20: S_o 75/210, J_1 50/305, J_2 80/285	
TUNEL EN MINA	PERMEABILIDAD (cm/s)	K= $8x10^{-5}$ cm/seg.			
	MACIZO CALIDAD (RMR)	5% 10<RMR<20; 20% 20<RMR<45; 45% 45<RMR<55; 20% 55<RMR<70; 10% RMR>70	100% 10<RMR<20	1.2% 10<RMR<20; 18.2% 20<RMR<45; 49.4% 45<RMR<55; 27.5% 55<RMR<70; 3.7% RMR>70	100% 10<RMR<20
	SOSTENIMIENTO TIPO	5% ST-V; 20% ST-IV; 45% ST-III; 20% ST-II; 10% ST-I	100% ST-V	1.2% ST-V; 18.2% ST-IV; 49.4% ST-III; 27.5% ST-II; 3.7% ST-I	100% ST-V
	EXCAVACION	Rozadora con caracter general. Posible dificultad mayor al rozar en zonas de areniscas.			
	OBSERVACIONES				
	LONGITUD (m)	112.25 m	20 m	164.25 m	20 m

OHARRAK :

NOTAS :

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

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

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 DIRECCIÓN 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. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
2 SIGUE 3

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01LONG.dwg

OHARRAK :

NOTAS :

LEYENDA

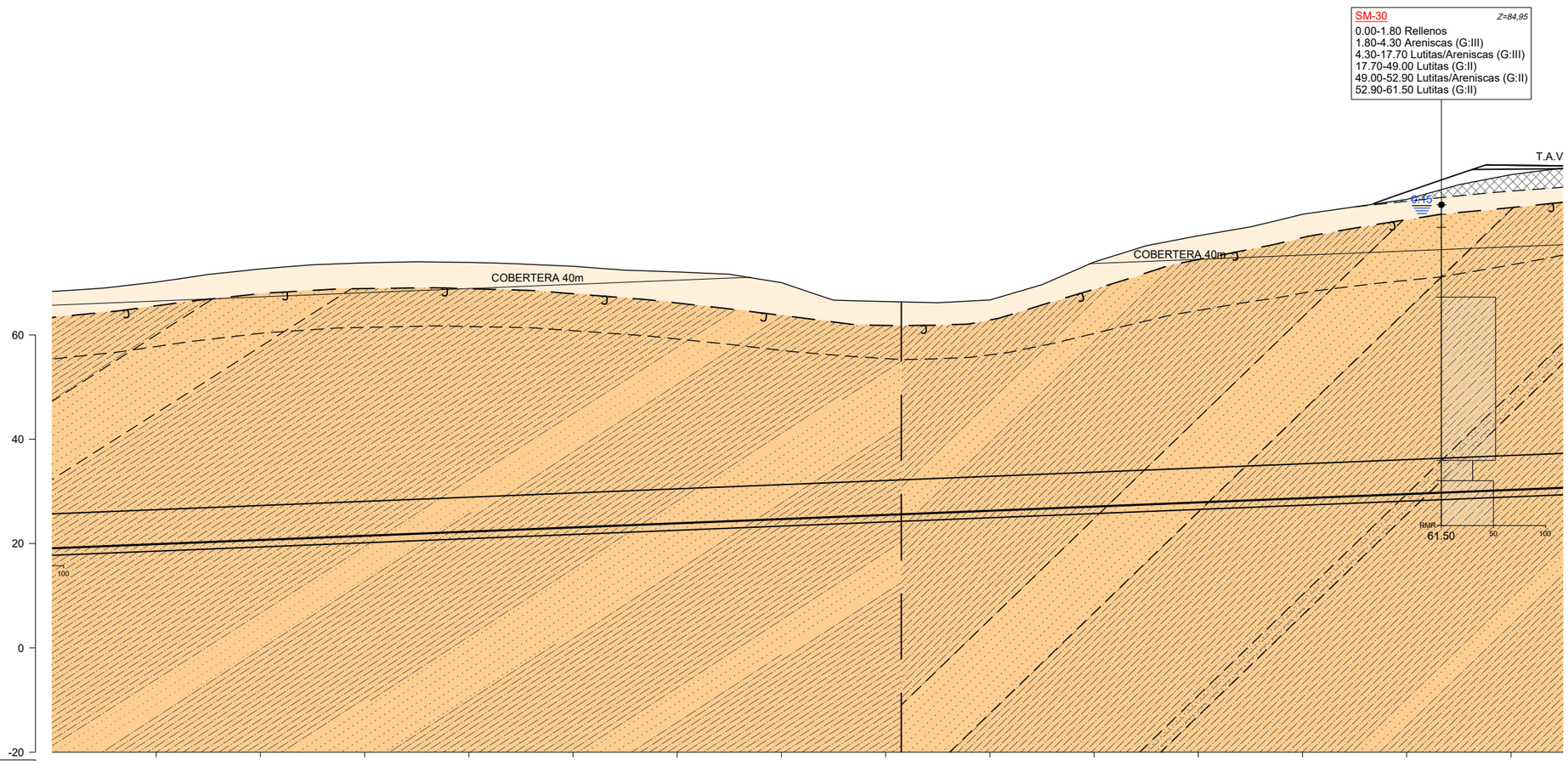
- SR- / SN- / S- — Sondeo mecánico campañas anteriores.
- SM-1 — Sondeo mecánico Proyecto Constructivo.
- Contacto entre suelos y materiales meteorizados
- Supuesto contacto roca sana G:II–I
- Falla/contacto mecánico. Contacto entre formaciones
- Nivel freático

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



P.K.		5+000							5+100							5+200
COTAS	RASANTE	68.32	19.891 70.14	20.691 72.65	21.491 73.81	22.291 73.89	23.091 73.16	23.891 72.08	24.691 70.01	25.491 66.40	26.291 66.70	27.091 73.98	27.891 79.02	28.691 83.14	29.491 86.00	30.291 90.73
	TERRENO															

TRAMO		Tunel de linea Galdakao - Hospital					
FORMACION		CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas					
DOMINIO ESTRUCTURAL		Dominio-20: S_0 75/210, J_1 50/305, J_2 80/285					
TUNEL EN MINA	PERMEABILIDAD (cm/s)	K= $3x10^{-5}$ cm/seg.					
	MACIZO CALIDAD (RMR)	100% 10<RMR<20	1.2% 10<RMR<20; 18.2% 20<RMR<45; 49.4% 45<RMR<55; 27.5% 55<RMR<70; 3.7% RMR>70	100% 10<RMR<20	1.2% 10<RMR<20; 18.2% 20<RMR<45; 49.4% 45<RMR<55; 27.5% 55<RMR<70; 3.7% RMR>70	8.9% 20<RMR<45; 91.1% 45<RMR<55	→
	SOSTENIMIENTO TIPO	100% ST-V	1.2% ST-V; 18.2% ST-IV; 49.4% ST-III; 27.5% ST-II; 3.7% ST-I	100% ST-V	1.2% ST-V; 18.2% ST-IV; 49.4% ST-III; 27.5% ST-II; 3.7% ST-I	8.9% ST-IV; 91.1% ST-III	→
	EXCAVACION	Rozadora con caracter general. Posible dificultad mayor al rozar en zonas de areniscas.					
	OBSERVACIONES						
	LONGITUD (m)	20 m	144 m	20 m	59.63 m	40.83 m	109.89 m

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

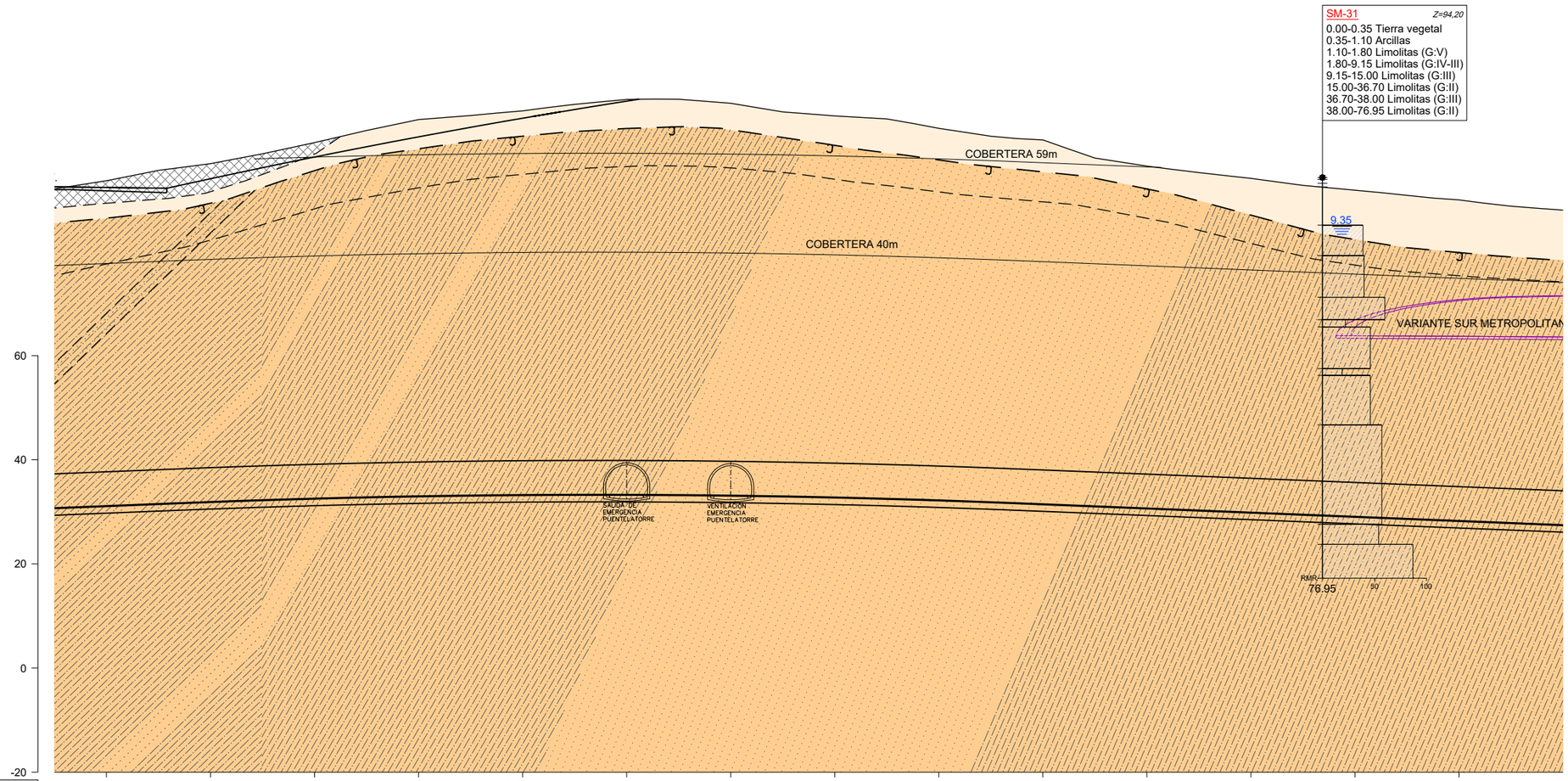
ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/500 EN DIN A1
0 5 15 25
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
3 SIGUE 4

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07–Obras Subterraneas\A07–03–01LONG.dwg



P.K.			5+300				5+400				5+5
COTAS	RASANTE	TERRENO	31.091 93.59	31.883 96.86	32.527 100.91	32.971 105.33	33.215 107.05	33.259 109.20	33.102 108.48	32.746 106.04	32.190 103.71	31.442 101.39	30.642 96.41	29.842 94.04	29.042 91.76	28.242 89.86	27.442

TRAMO	Tunel de linea Galdakao - Hospital						
FORMACION	CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas						
DOMINIO ESTRUCTURAL	Dominio-20: S_0 75/210, J_1 50/305, J_2 80/285						
TUNEL EN MINA / MACIZO	PERMEABILIDAD (cm/s)	K= $8x10^{-6}$ cm/seg.					
	CALIDAD (RMR)	1.2% 10<RMR<20; 18.2% 20<RMR<45; 49.4% 45<RMR<55; 27.5% 55<RMR<70; 3.7% RMR>70			2.1% 10<RMR<20; 24.9% 20<RMR<45; 19.6% 45<RMR<55; 47.1% 55<RMR<70; 6.3% RMR>70 →		1.2% 10<RMR<20; 18.2% 20<RMR<45; 49.4% 45<RMR<55; 27.5% 55<RMR<70; 3.7% RMR>70
	SOSTENIMIENTO TIPO	1.2% ST-V; 18.2% ST-IV; 49.4% ST-III; 27.5% ST-II; 3.7% ST-I	100% ST-IV		1.2% ST-V; 18.2% ST-IV; 49.4% ST-III; 27.5% ST-II; 3.7% ST-I	2.1% ST-V; 24.9% ST-IV; 19.6% ST-III; 47.1% ST-II; 6.3% ST-I	1.2% ST-V; 18.2% ST-IV; 49.4% ST-III; 27.5% ST-II; 3.7% ST-I
	EXCAVACION	Rozadora con caracter general. Posible dificultad mayor al rozar en zonas de areniscas.					
	OBSERVACIONES		Entronque salida y ventilación emergencia de Puentelatorre				
	LONGITUD (m)	109.89 m	53.29 m		77.14 m	24.97 m	49.24 m

OHARRAK :

NOTAS :

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
- 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

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

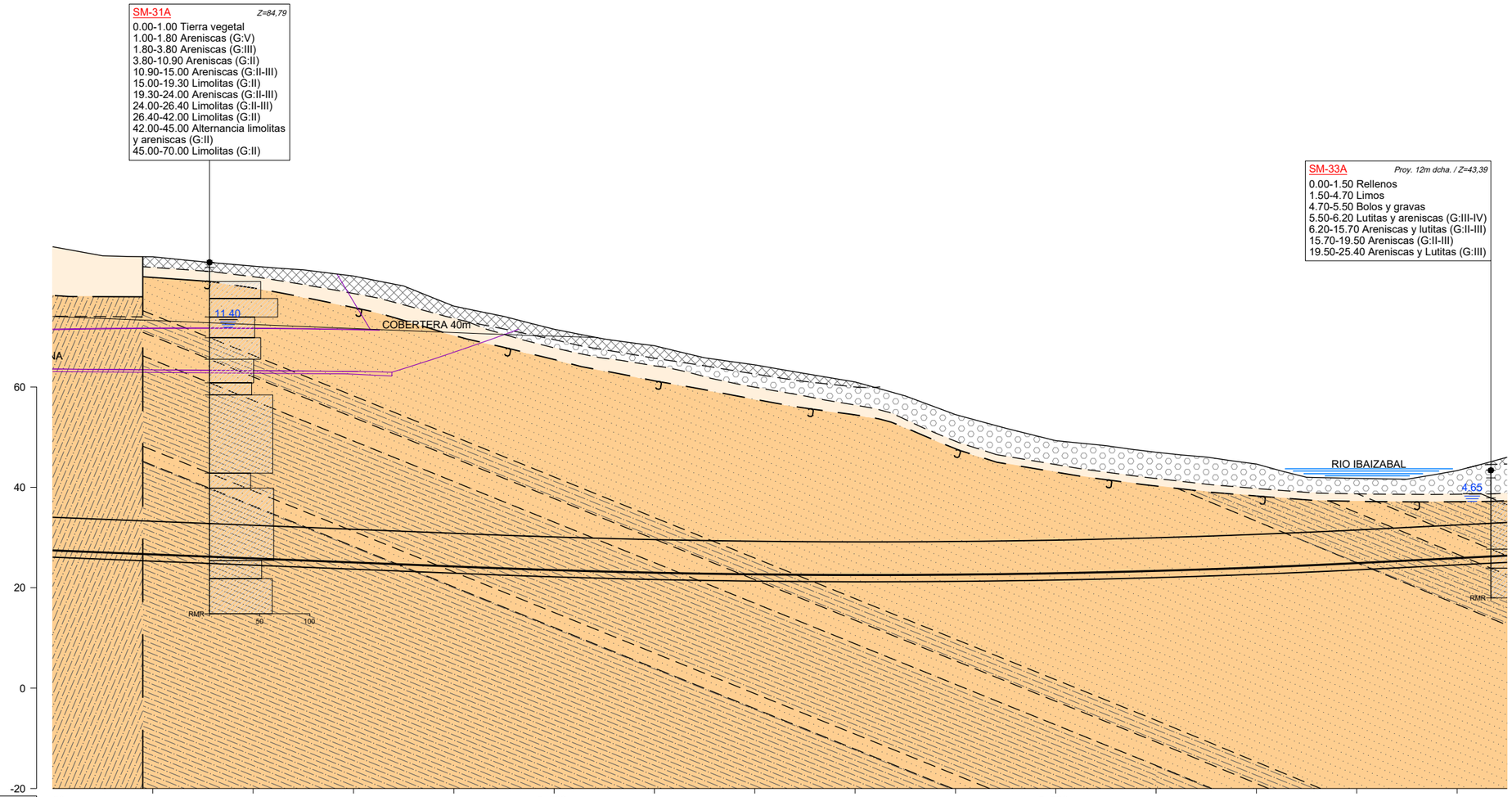
ESKALA ORIGINALA: ESCALA ORIGINAL 1/500 EN DIN A1
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA 0 5 15 25

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
4 SIGUE 5

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07–Obras Subterraneas\A07–03–01LONG.dwg



P.K.		00			5+600						5+700			
COTAS	RASANTE	87.94	26.642 85.92	25.842 84.08	25.042 82.08	24.242 76.10	23.517 71.48	22.991 68.20	22.665 64.41	22.538 61.02	22.612 54.50	22.886 49.30	23.359 46.89	24.033 44.56	24.907 41.79	25.905 43.27
	TERRENO															

TRAMO		Tunel de linea Galdakao - Hospital				
FORMACION		CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas				
DOMINIO ESTRUCTURAL		←	Dominio-21: S_o 23/100, J_1 80/340, J_2 80/170			
TUNEL EN MINA	MACIZO PERMEABILIDAD (cm/s)		K= $6x10^{-5}$ cm/seg.	K= $9x10^{-6}$ cm/seg.		
	MACIZO CALIDAD (RMR)	←	100% 10<RMR<20	15.2% 20<RMR<45; 23.3% 45<RMR<55; 61.5% 55<RMR<70	27.4% 20<RMR<45; 25% 45<RMR<55; 47.6% 55<RMR<70	69.3% 20<RMR<45; 30.7% 45<RMR<55
	SOSTENIMIENTO TIPO	←	100% ST-V	15.2% ST-IV; 23.3% ST-III; 61.5% ST-II	27.4% ST-IV; 25% ST-III; 47.6% ST-II	69.3% ST-IV; 30.7% ST-III
	EXCAVACION	Rozadora con caracter general. Posible dificultad mayor al rozar en zonas de areniscas.				
	OBSERVACIONES				Inyecciones perimetrales de lechada para impermeabilización	
	LONGITUD (m)	←	20 m	132.79 m	108.18 m	28.44 m

OHARRAK :

NOTAS :

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

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

REV.					
A	PROYECTO – PRIMERA EMISIÓN	JUL.21	MAHC	ETS	
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

BIRAZTERTZEAK
REVISIONES

AHOLKULARIA
CONSULTOR

INGENIARI EGILEA
INGENIERO AUTOR

MIGUEL ÁNGEL HERRERA COSSIO
Ingeniero de caminos

REFERENCIA CONSULTOR

REFERENCIA

D:\00000_LINEA_5\TRAMO_3\Anejos\A07-Obras_Subterraneas\A07-03-01LONG.dwg

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 DIRECCIÓN 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. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
5 SIGUE 6

OHARRAK :

NOTAS :

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

Nivel freático

SUELOS Y RELLENOS, CUATERNARIOS

Rellenos

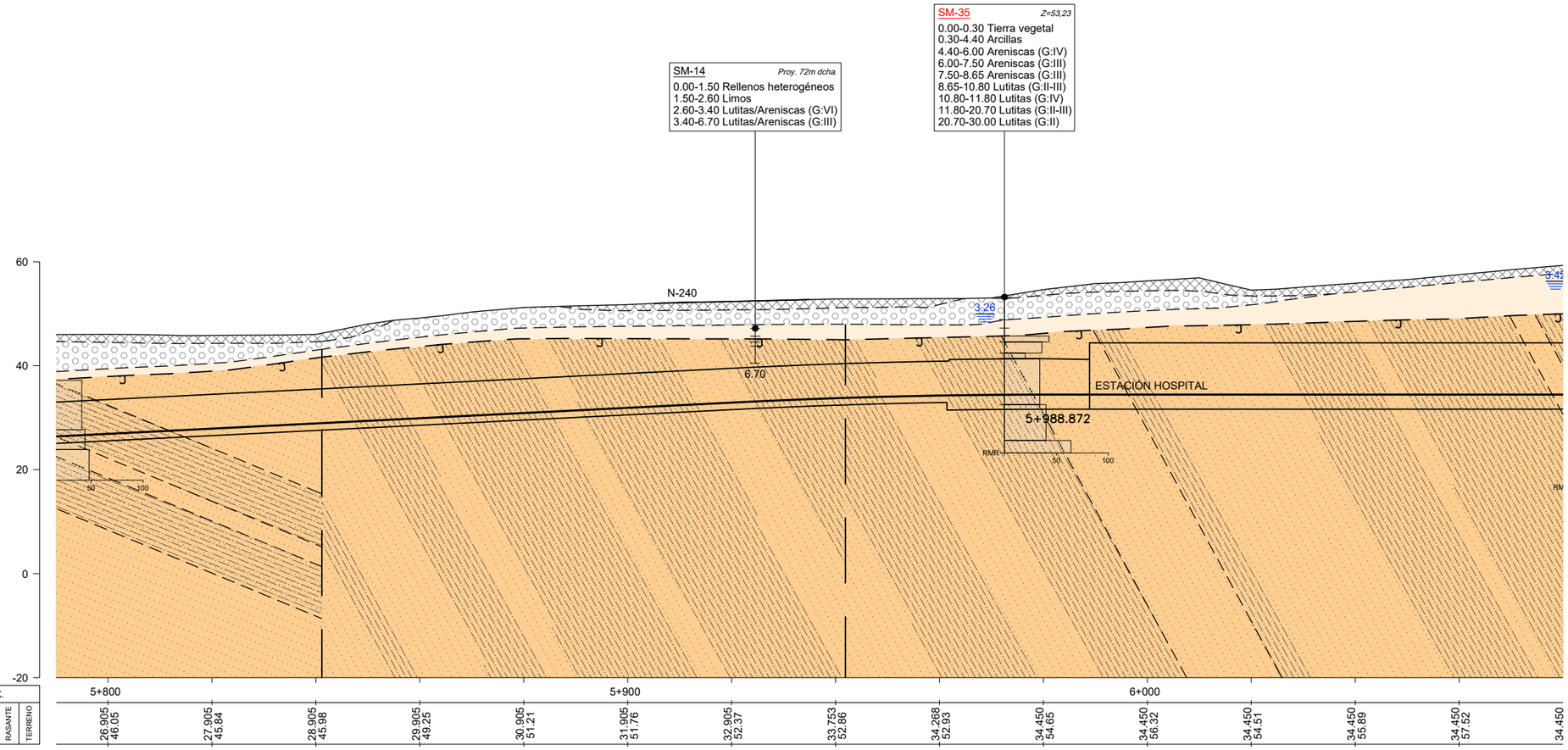
Aluvial; arcillas / gravas.

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



P.K.		5+800			5+900					6+000				
COTAS	RASANTE	26.905	27.905	28.905	29.905	30.905	31.905	32.905	33.753	34.268	34.450	34.450	34.450	34.450
	TERRENO	46.05	45.84	45.98	49.25	51.21	51.76	52.37	52.86	52.93	54.65	56.32	54.51	55.89	57.52	34.450

TRAMO		Tunel de linea Galdakao - Hospital									Caverna de estación Hospital		Caverna de estación Hospital
FORMACION		CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas											
DOMINIO ESTRUCTURAL		Dominio-21: S_o 23/100, J_1 80/340, J_2 80/170			Dominio-20: S_o 75/210, J_1 50/305, J_2 80/285					Dominio-22: S_o 65/205, J_1 64/296, J_2 40/275			
TUNEL EN MINA	PERMEABILIDAD (cm/s)	K= $2x10^{-5}$ cm/seg.											
	MACIZO CALIDAD (RMR)	←	27.4% 20<RMR<45; 25% 45<RMR<55; 47.6% 55<RMR<70	100% 10<RMR<20	1.2% 10<RMR<20; 18.2% 20<RMR<45; 49.4% 45<RMR<55; 27.5% 55<RMR<70; 3.7% RMR>70			100% 10<RMR<20	(*)	4.4%; 84.9%; 10.7%; 0%	(*) 1.8% 10<RMR<20; 51.1% 20<RMR<45; 47.1% 55<RMR<70	1.8% 10<RMR<20; 51.1% 20<RMR<45; 47.1% 55<RMR<70	→
	SOSTENIMIENTO TIPO	←	27.4% ST-IV; 25% ST-III; 47.6% ST-II	100% ST-V	1.2% ST-V; 18.2% ST-IV; 49.4% ST-III; 27.5% ST-II; 3.7% ST-I		100% ST-IV	100% ST-V	100% ST-IV		100% E-III		
	EXCAVACION	Rozadora con caracter general. Posible dificultad mayor al rozar en zonas de areniscas.											
	OBSERVACIONES						Entronque ventilación EBA y de emergencia estación Hospital				Estación Hospital		
	LONGITUD (m)	←	33.74 m	20 m	64.45 m		16.3 m	20 m	36.97 m		109.40 m		

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

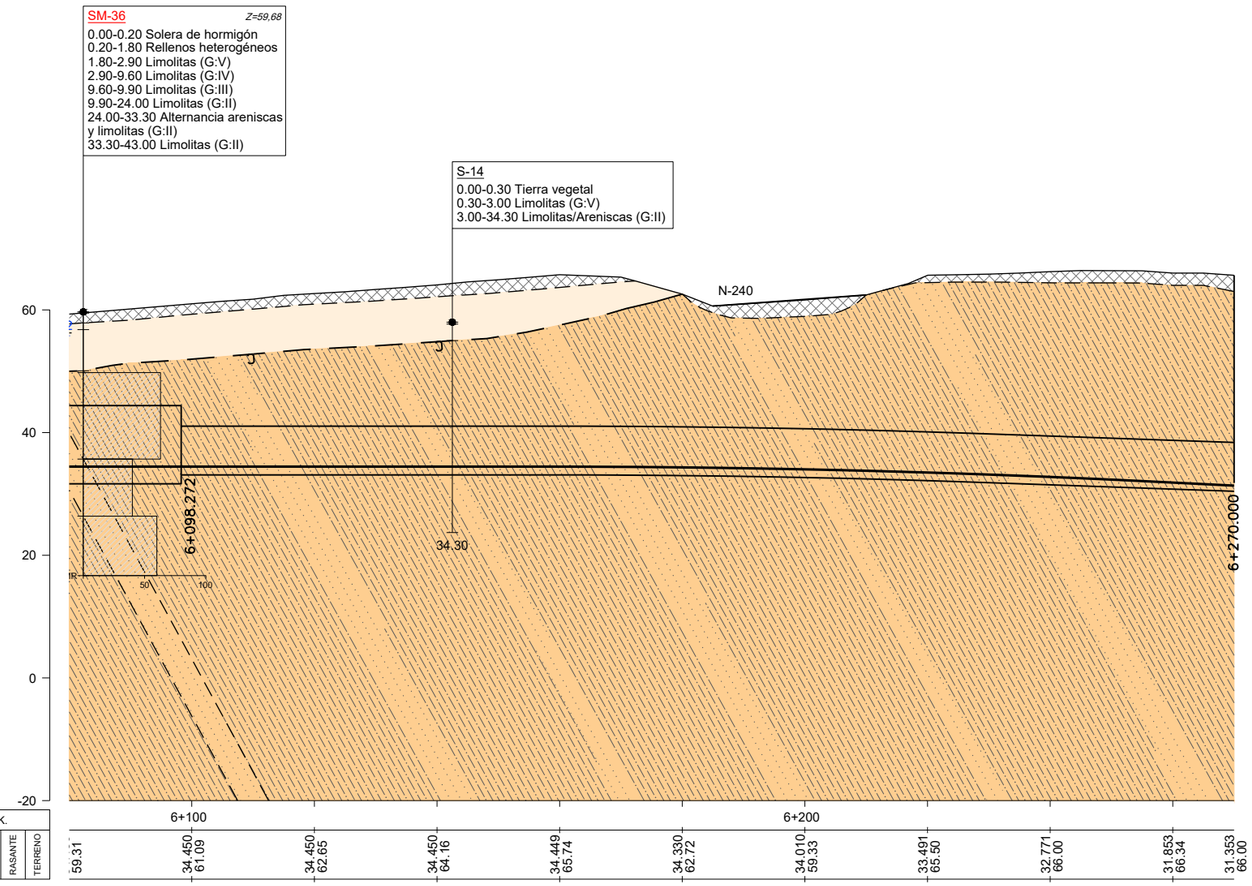
0 5 15 25
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
6 SIGUE 7

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01LONG.dwg



P.K.		6+100				6+200				
COTAS	RASANTE	59.31	34.450 61.09	34.450 62.65	34.450 64.16	34.449 65.74	34.330 62.72	34.010 59.33	33.491 65.50	32.771 66.00	31.853 66.34	31.353 66.00
	TERRENO											

TRAMO			Tunel de linea final de tramo	
FORMACION			CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas	
DOMINIO ESTRUCTURAL			Dominio-22: S_0 65/205, J_1 64/296, J_2 40/275	
TUNEL EN MINA	MACIZO PERMEABILIDAD (cm/s)	K= $7x10^{-6}$ cm/seg.	K= $3x10^{-5}$ cm/seg.	
	MACIZO CALIDAD (RMR)	← 0%; 28.1%; 71.9%; 0%	1.8% 10<RMR<20; 51.1% 20<RMR<45; 47.1% 55<RMR<70	
	SOSTENIMIENTO TIPO	100% E-III	100% ST-IV	1.8% ST-V; 51.1% ST-IV; 47.1% ST-II
	EXCAVACION	Rozadora con caracter general. Posible dificultad mayor al rozar en zonas de areniscas.		
	OBSERVACIONES	Estación Hospital	Entronque ventilación emergencia estación Hospital	
	LONGITUD (m)	109.40 m	28.91 m	142.82 m

OHARRAK :

NOTAS :

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
- 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

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

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-01LONG.dwg

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

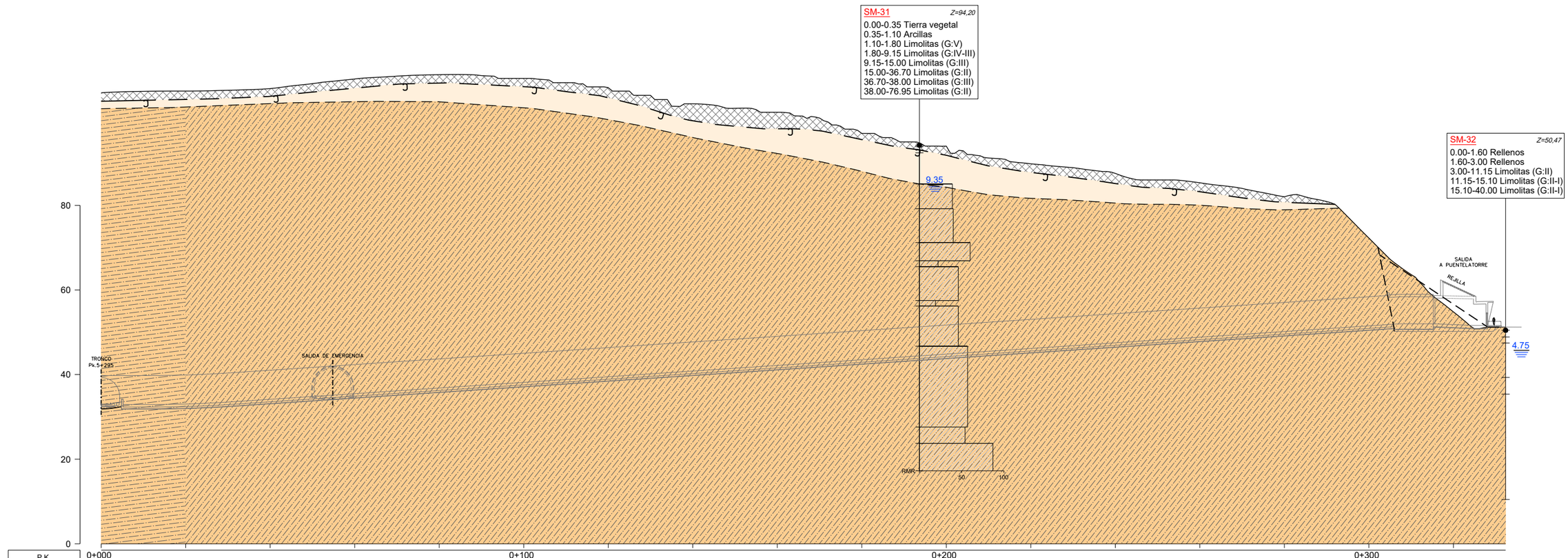
euskal trenbide sarea
PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

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. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PERFIL LONGITUDINAL GEOLOGICO–GEOTECNICO

PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.3.1
ORRIA / HOJA
7 SIGUE FIN



TRAMO	Galería de salida y ventilación de emergencia de Puentelatorre					
FORMACION	CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas					
DOMINIO ESTRUCTURAL	Dominio-20: S_0 75/210, J_1 50/305, J_2 80/285					
MACIZO PERMEABILIDAD (cm/s)	K= 7.5×10^{-6} cm/seg.					K= 8.6×10^{-6} cm/seg.
MACIZO CALIDAD (RMR)	12% 10<RMR<20; 18.2% 20<RMR<45; 49.4% 45<RMR<55; 27.5% 55<RMR<70; 3.7% RMR>70		2.1% 10<RMR<20; 24.9% 20<RMR<45; 19.6% 45<RMR<55; 47.1% 55<RMR<70; 6.3% RMR>70	12% 10<RMR<20; 18.2% 20<RMR<45; 49.4% 45<RMR<55; 27.5% 55<RMR<70; 3.7% RMR>70		
SOSTENIMIENTO TIPO	100% ST-IV	12% ST-V; 18.2% ST-IV; 49.4% ST-III; 27.5% ST-II; 3.7% ST-I	2.1% ST-V; 24.9% ST-IV; 19.6% ST-III; 47.1% ST-II; 6.3% ST-I	12% ST-V; 18.2% ST-IV; 49.4% ST-III; 27.5% ST-II; 3.7% ST-I	100% ST-Boquilla	
EXCAVACION	Rozadora con caracter general. Posible dificultad al rozar en zonas de areniscas.					
OBSERVACIONES	Entronque con túnel de linea y salida peatonal				Boquilla	
LONGITUD (m)	69.38 m	96.44 m	49.31 m	77.30 m	12 m	

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.

Areniscas silíceas y lutitas. RG:V–III / RG:III–II. Dominio areniscas

CS-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 1/500 EN DIN A1
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA 0 5 15 25

PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
PERFIL LONGITUDINAL GALERIA DE EMERGENCIA PUENTELATORRE

PLANU–ZNB / N. PLANO: Anejo 7.3.2
ORRIA / HOJA: 1 SIGUE FIN

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-03-02GALE.dwg

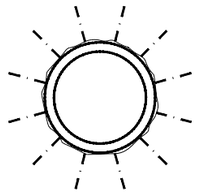
APÉNDICE Nº7.4:

Planos de Sostenimiento Tipo

Anejo nº7: Obras Subterráneas

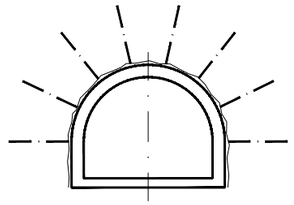
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
euskal trenbide sarea
eptisa
FULCRUM

GRUPO 1: DIMENSION EQUIVALENTE MENOR DE 4 METROS



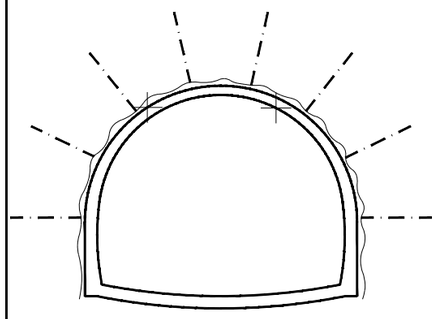
– POZOS VERTICALES DE VENTILACION DE EMERGENCIA, ESTACIÓN,ASCENSOR Y VENTILACIÓN EBA

GRUPO 2: EXCAVACIONES CON DIMENSION EQUIVALENTE COMPRENDIDA ENTRE 4 Y 7 METROS

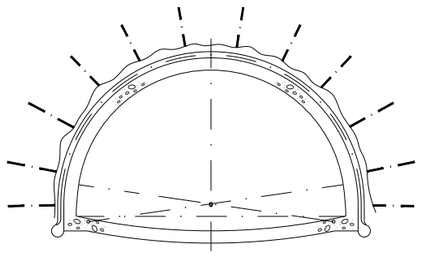


– CAÑONES DE ACCESO A ESTACION
– ACCESO PEATONAL CAVERNA–ASCENSOR

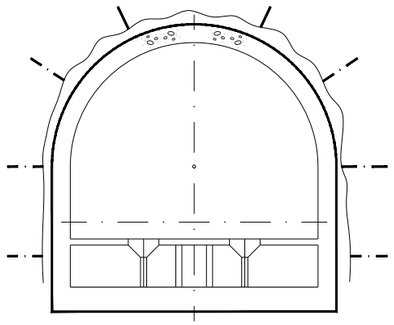
GRUPO 3: EXCAVACIONES CON DIMENSION EQUIVALENTE COMPRENDIDA ENTRE 7 Y 10 METROS



– TUNEL DE LINEA
– VENTILACION EBA ESTACION
– VENTILACION DE EMERGENCIA Y SALIDA DE EMERGENCIA TUNEL DE LINEA

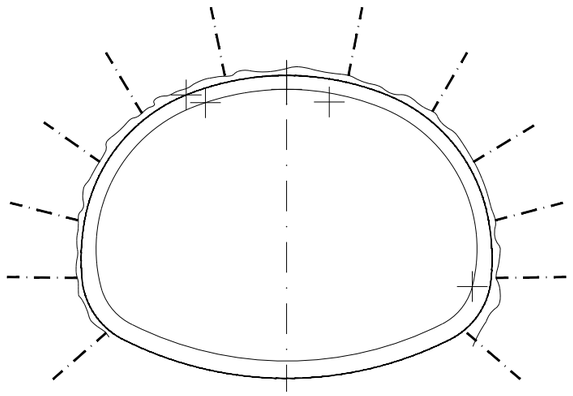


– VENTILACION DE EMERGENCIA ESTACIÓN



TUNEL DE LÍNEA + EBA ESTACION

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.					
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
1/50
EN DIN A1

0 0.5 1.5 2.5
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

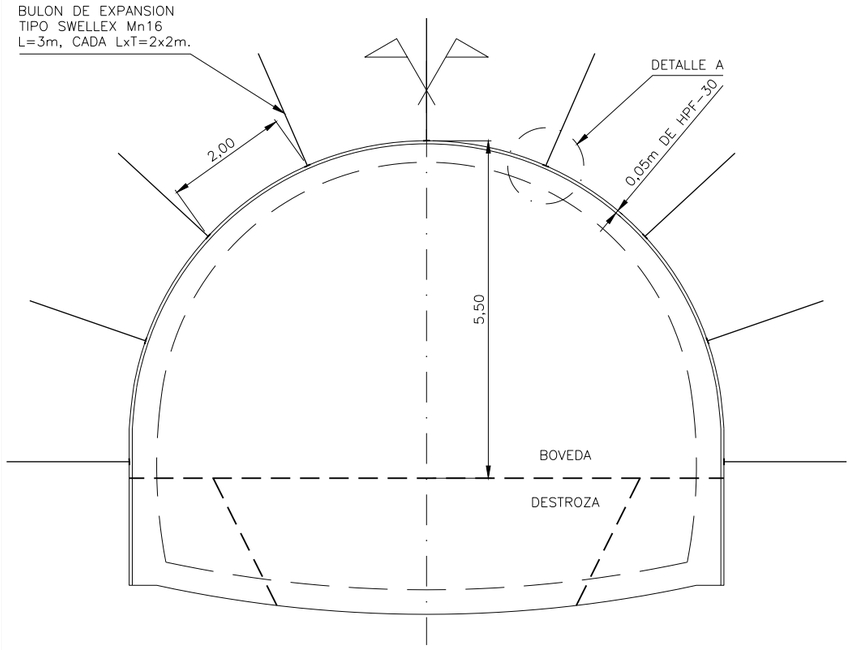
PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI–TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. GALDAKAO–OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO – HOSPITAL

PLANU – IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO
RESUMEN TODAS LAS OBRAS SUBTERRANEAS

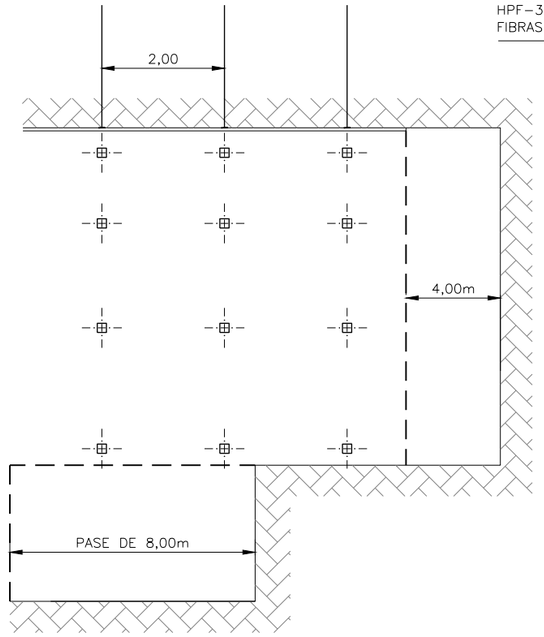
PLANU–ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.1
ORRIA / HOJA
1 SIGUE FIN

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07–Obras Subterraneas\A07–04–01–n01SOST.dwg

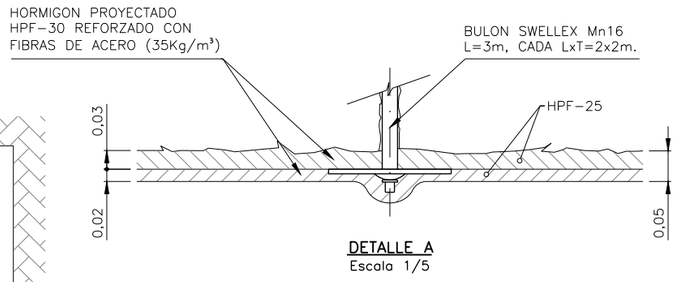
SOSTENIMIENTO TIPO I. GRUPO 3



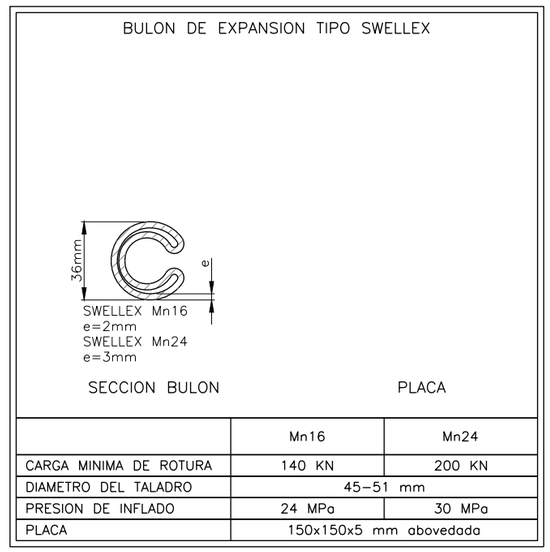
SECCION
S/E



PERFIL LONGITUDINAL
S/E

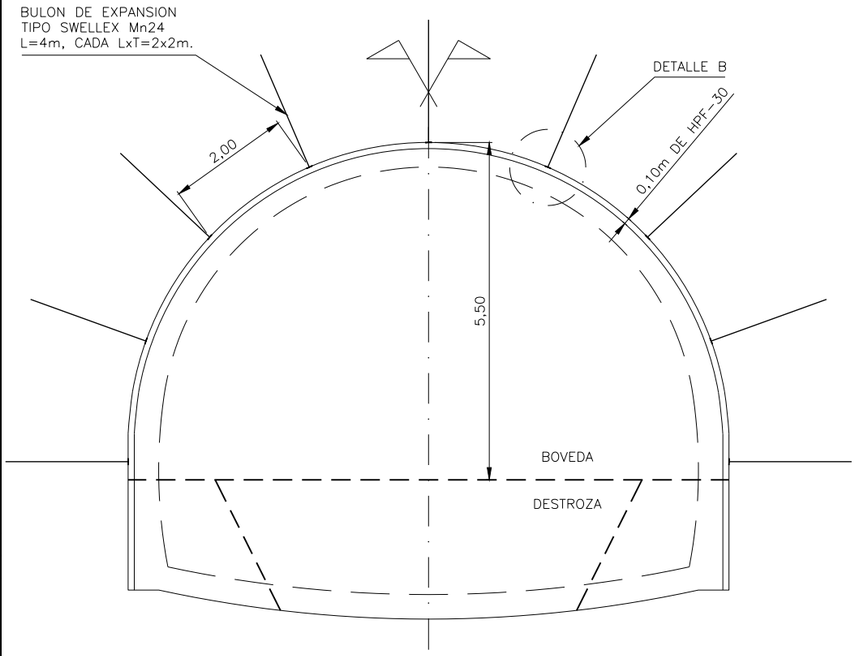


DETALLE A
Escala 1/5

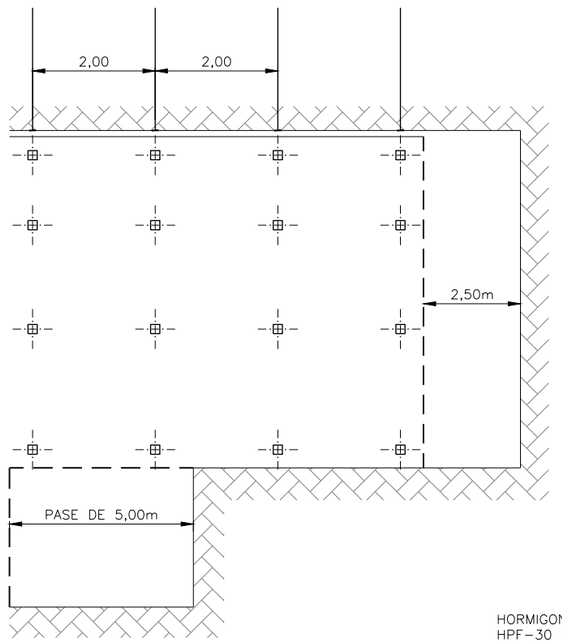


	Mn16	Mn24
CARGA MINIMA DE ROTURA	140 KN	200 KN
DIAMETRO DEL TALADRO	45-51 mm	
PRESION DE INFLADO	24 MPa	30 MPa
PLACA	150x150x5 mm abovedada	

SOSTENIMIENTO TIPO II. GRUPO 3

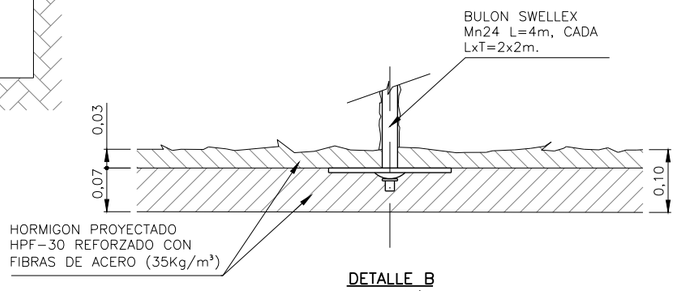


SECCION
S/E



PERFIL LONGITUDINAL
S/E

SOSTENIMIENTO TIPO A APLICAR	RMR del MACIZO ROCOSO
I	>70
II	70-55



DETALLE B
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

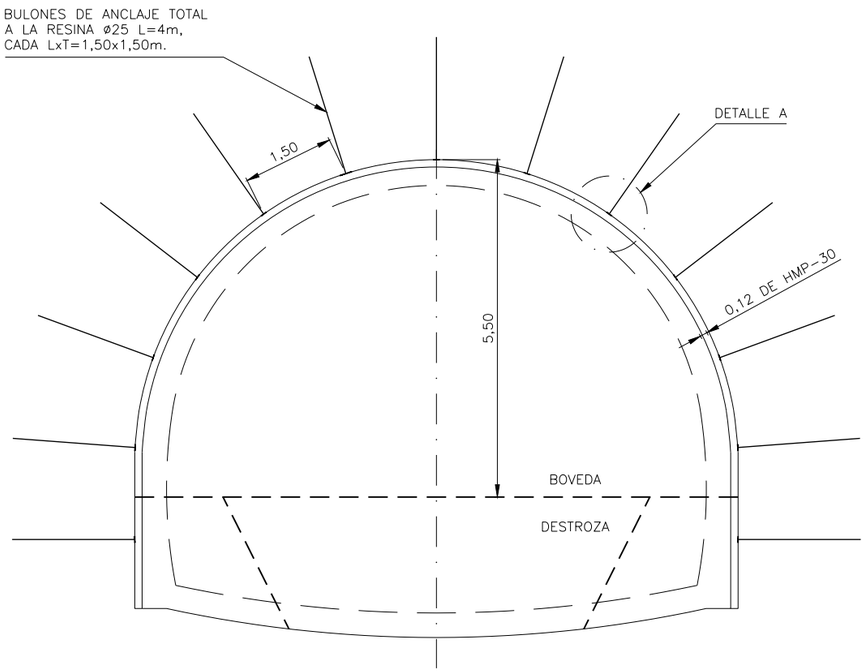
PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. GALDAKAO-OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL

PLANU - IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO. GRUPO 3
SOSTENIMIENTOS TIPO I Y II

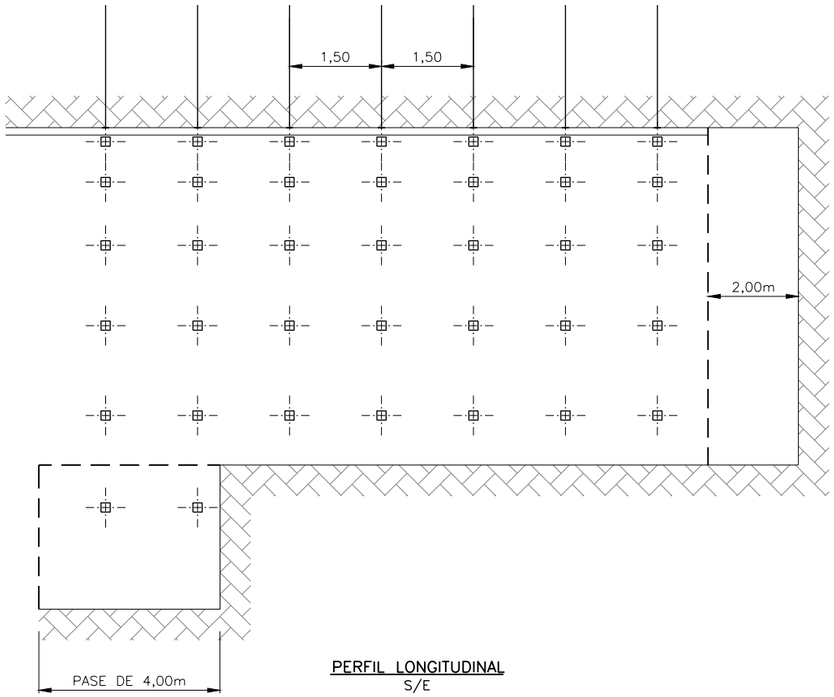
PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.2
ORRIA / HOJA
1 SIGUE 2

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-02-h01SOST.dwg

SOSTENIMIENTO TIPO III. GRUPO 3

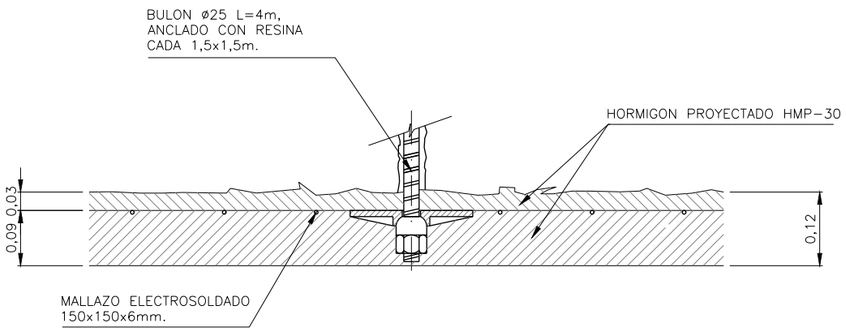


SECCION
S/E

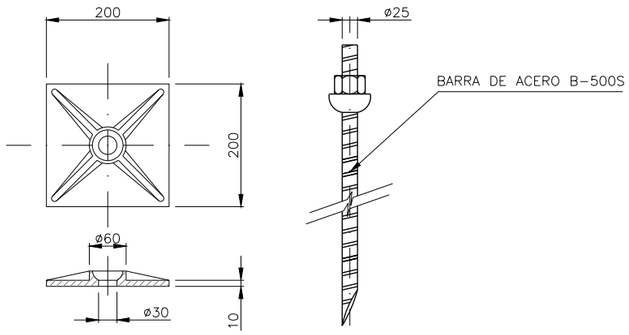


PERFIL LONGITUDINAL
S/E

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

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-02-h025OST.dwg

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

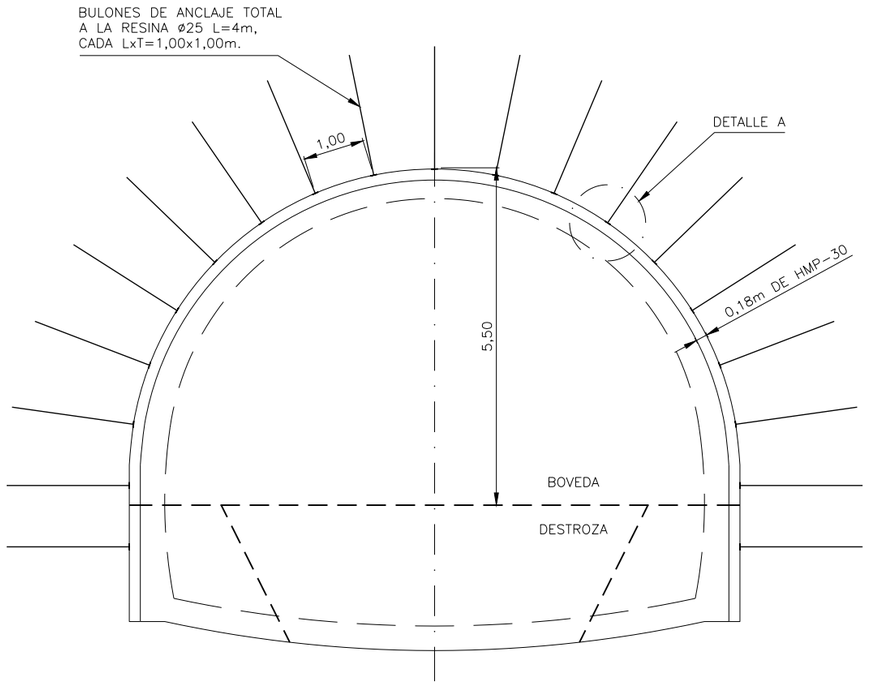
0 0.5 1.5 2.5
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. GALDAKAO-OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL

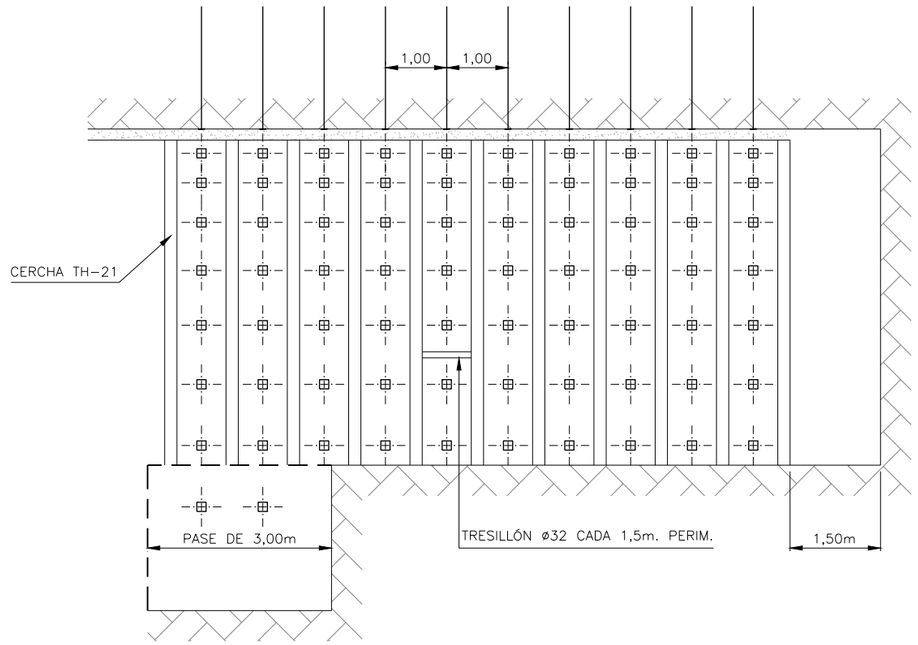
PLANU - IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO. GRUPO 3
SOSTENIMIENTOS TIPO III

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.2
ORRIA / HOJA
2 SIGUE 3

SOSTENIMIENTO TIPO IV. GRUPO 3

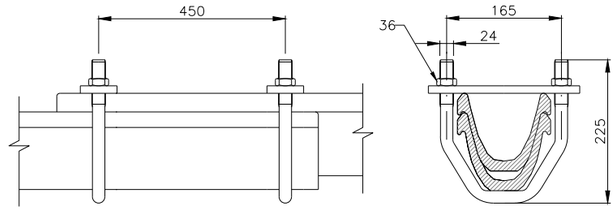


SECCION
S/E

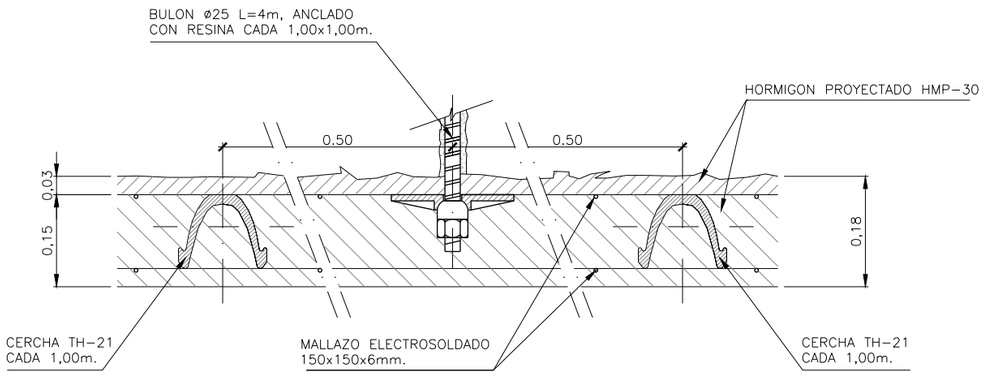


PERFIL LONGITUDINAL
S/E

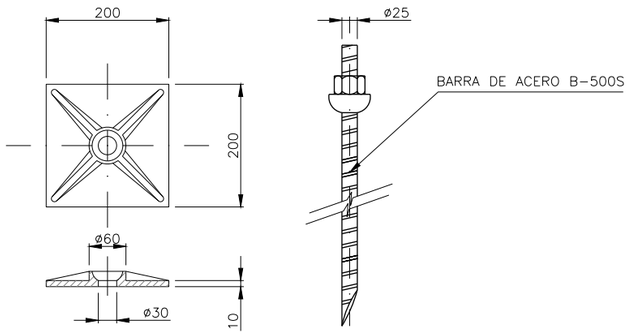
SOSTENIMIENTO TIPO A APLICAR	RMR del MACIZO ROCOSO
IV	45-20



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 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

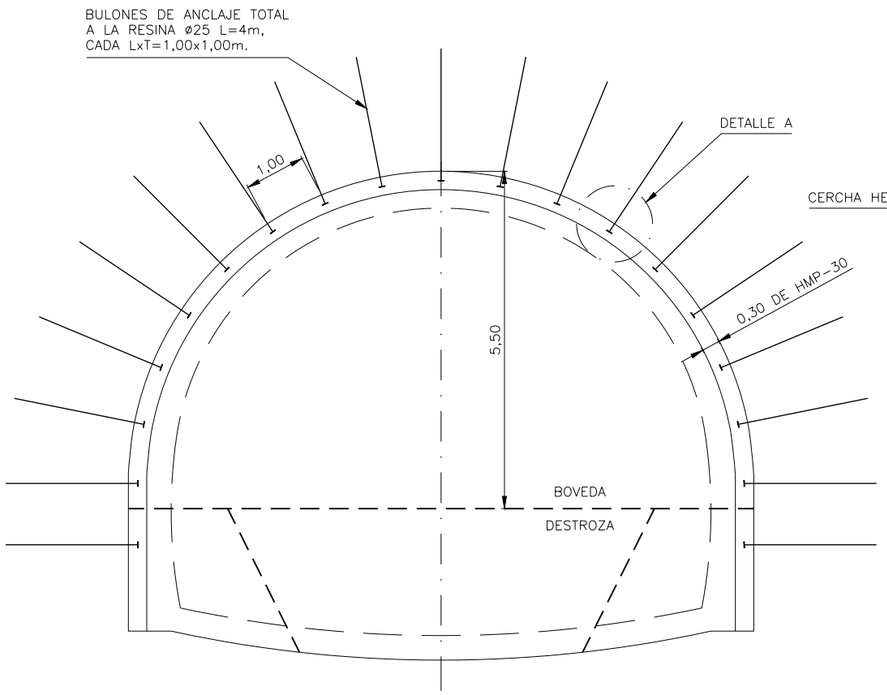
PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. GALDAKAO-OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL

PLANU - IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO. GRUPO 3
SOSTENIMIENTOS TIPO IV

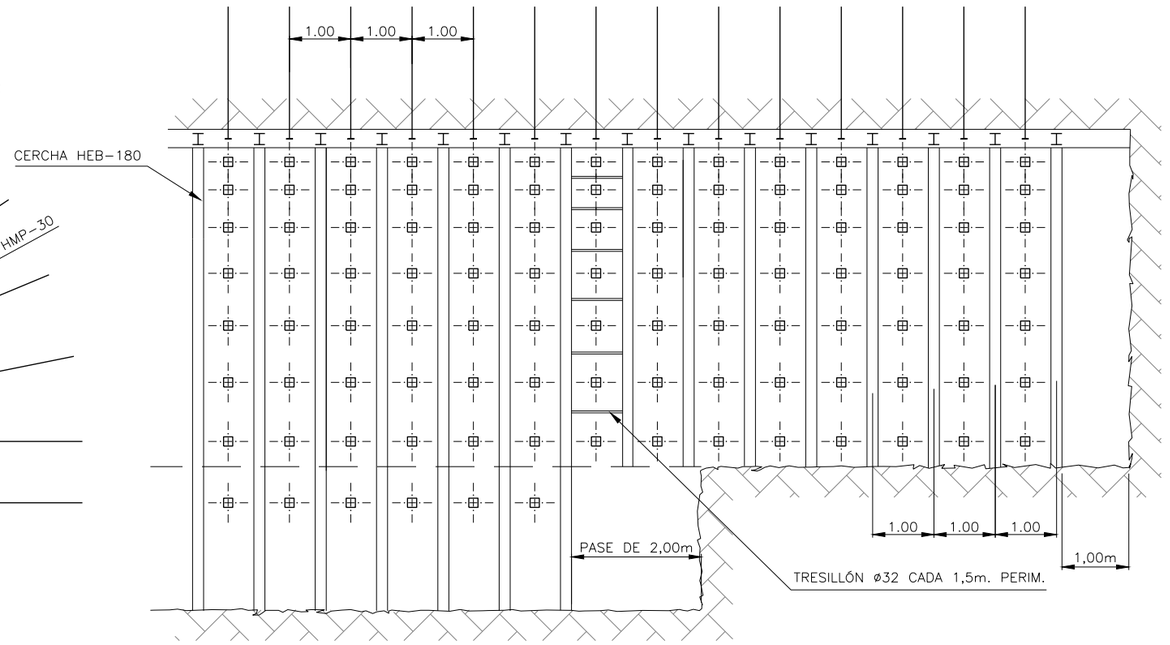
PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.2
ORRIA / HOJA
3 SIGUE 4

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-02-h03SOST.dwg

SOSTENIMIENTO TIPO V. GRUPO 3

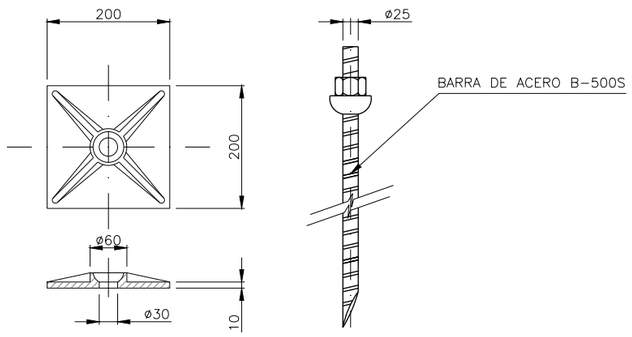


SECCION
S/E

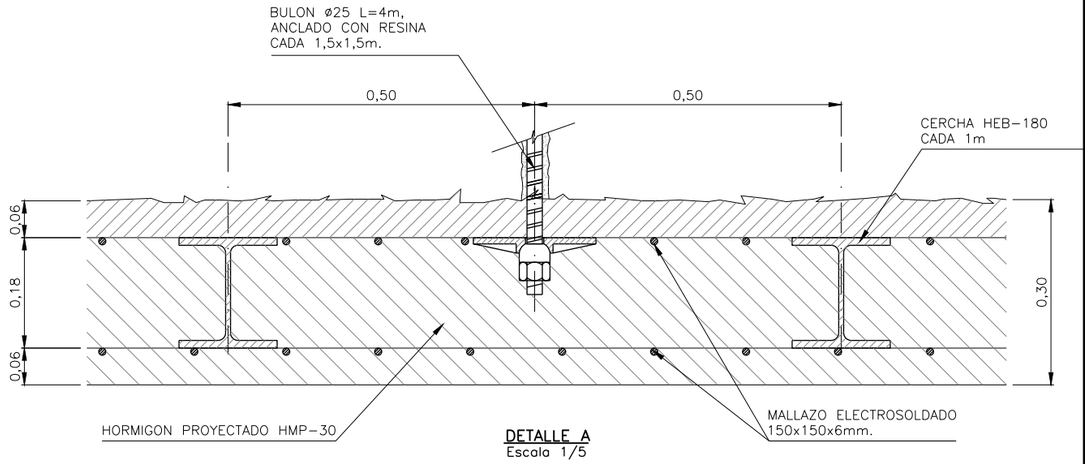


PERFIL LONGITUDINAL
S/E

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.					
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
1/50
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. GALDAKAO-OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL

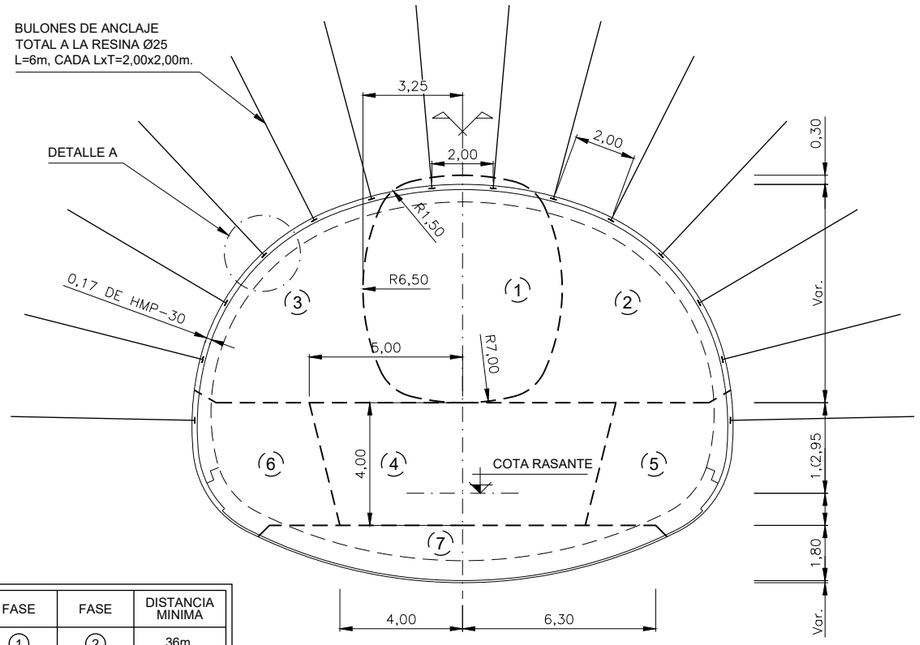
PLANU - IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO. GRUPO 3
SOSTENIMIENTOS TIPO V

PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.2
ORRIA / HOJA
4 SIGUE FIN

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-02-h04SOST.dwg

SOSTENIMIENTO TIPO E-1. CAVERNA DE ESTACION

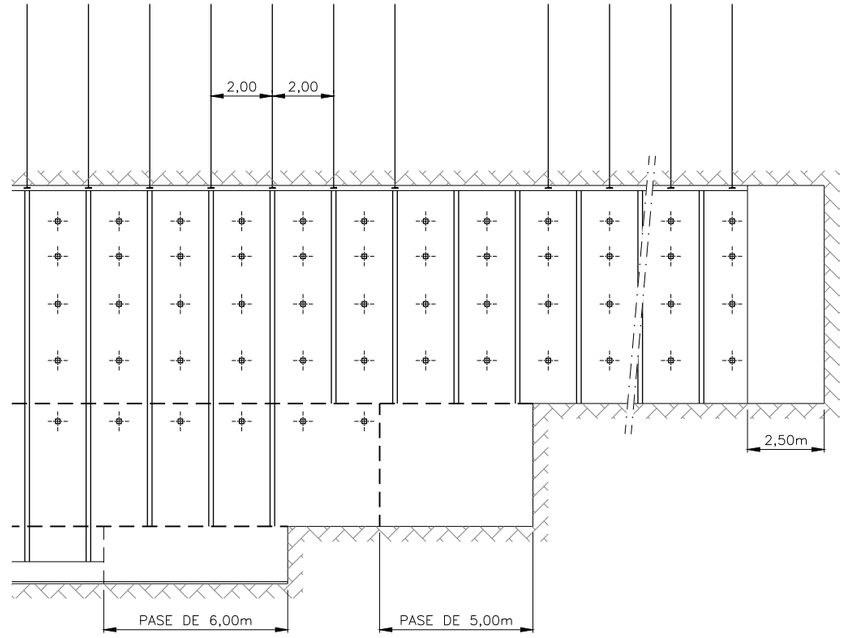
OHARRAK :
NOTAS :



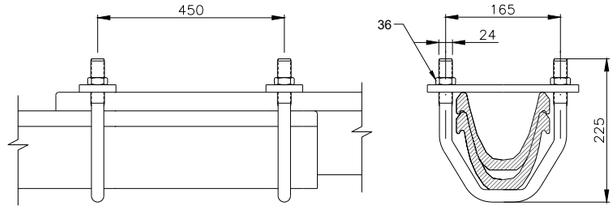
SECCION
S/E

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.

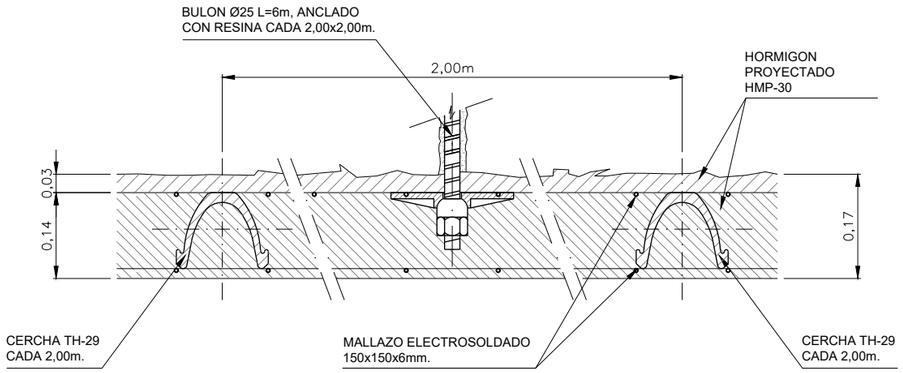
SOSTENIMIENTO TIPO A APLICAR	RMR del MACIZO ROCOSO
E-1	> 55



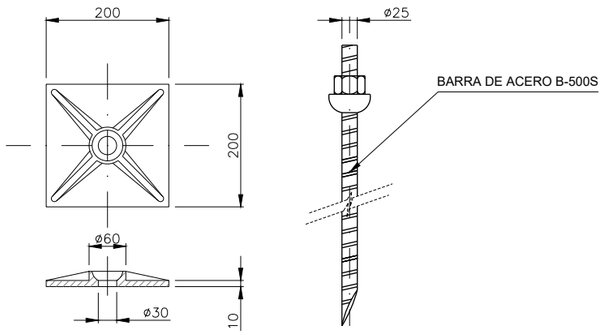
PERFIL LONGITUDINAL
S/E



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)

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
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA 0 0,5 1,5 2,5

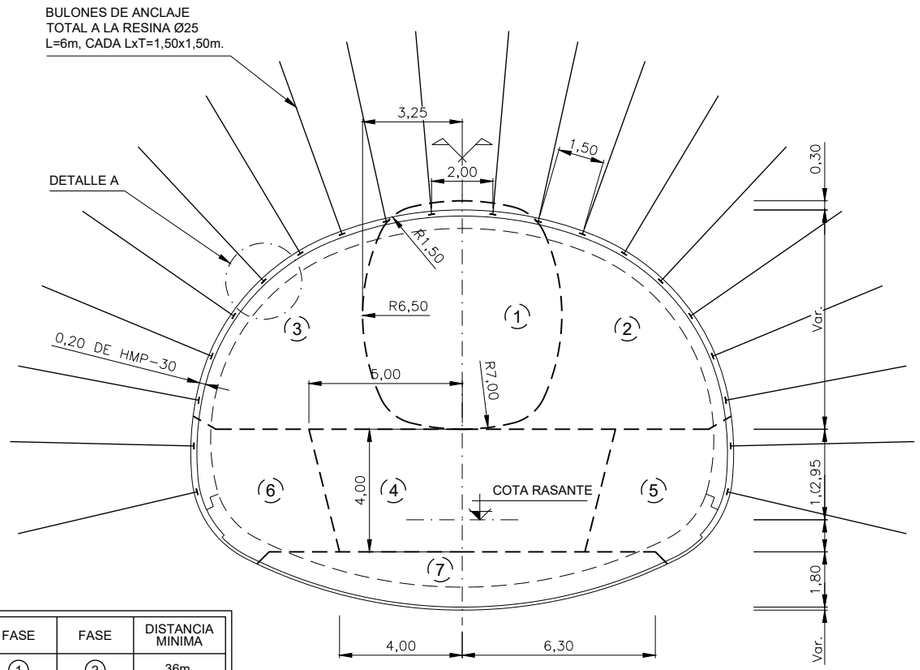
PROJEKTU IZENBURUA TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. GALDAKAO-OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL

PLANU - IZENBURUA TITULO DEL PLANO
OBRAS SUBTERRANEAS
SOSTENIMIENTOS TIPO. CAVERNA DE ESTACION
SOSTENIMIENTOS TIPO E-1

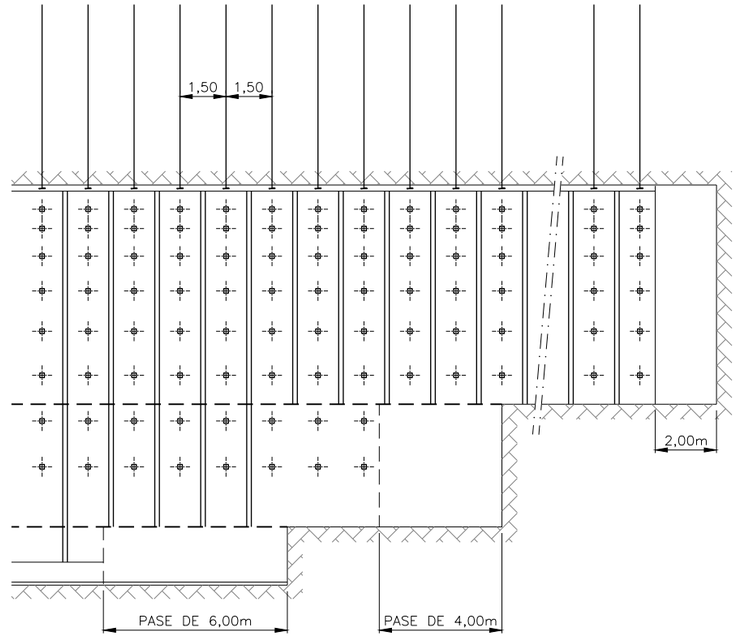
PLANU-ZNB / N. PLANO
Anejo 7.4.3
ORRIA / HOJA
1 SIGUE 2

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-03-h01SOST.dwg

SOSTENIMIENTO TIPO E-2. CAVERNA DE ESTACION



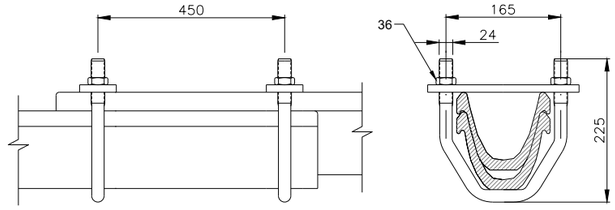
SECCION
S/E



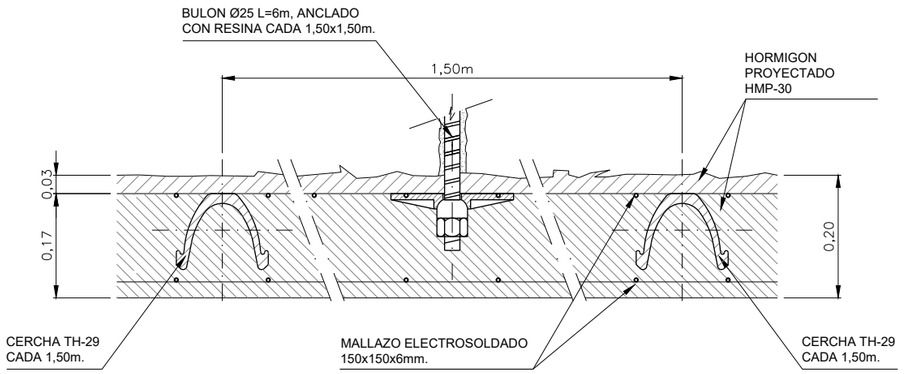
PERFIL LONGITUDINAL
S/E

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.

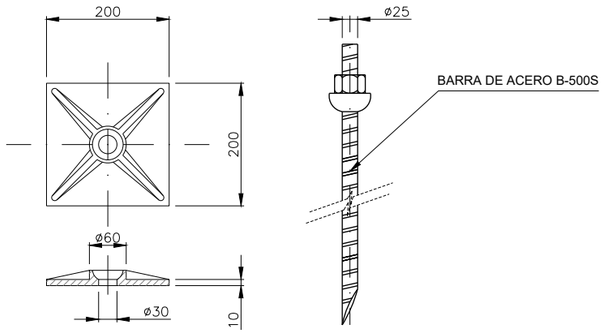
SOSTENIMIENTO TIPO A APLICAR	RMR del MACIZO ROCOSO
E-2	55-45



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.		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 1/50 EN DIN A1
0 0.5 1.5 2.5
ESKALA GRAFIKOA ESCALA GRAFICA

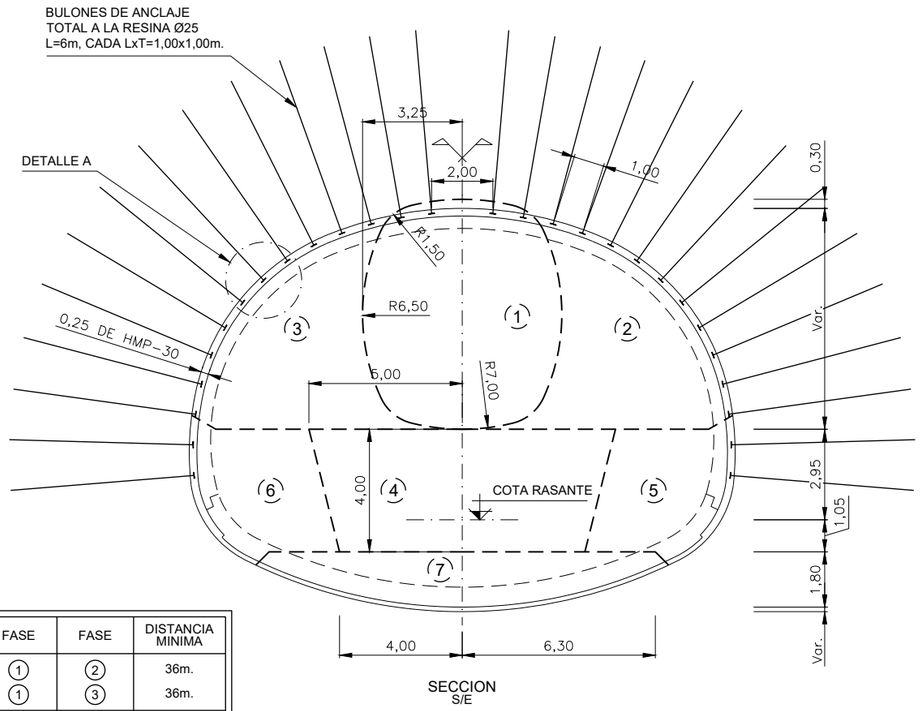
PROJEKTU IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
BILBOKO METROPOLI-TRENBIDEAREN 5. LINEAKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA. GALDAKAO-OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL

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

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-03-h02SOST.dwg

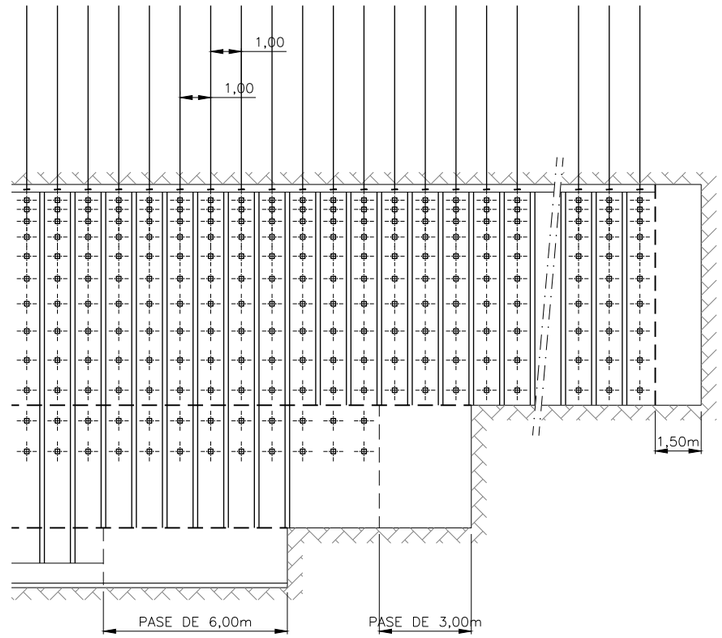
SOSTENIMIENTO TIPO E-3 CAVERNA DE ESTACION



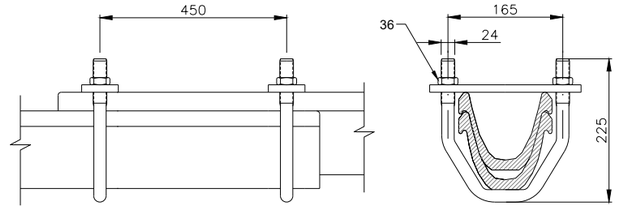
SECCION
S/E

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.

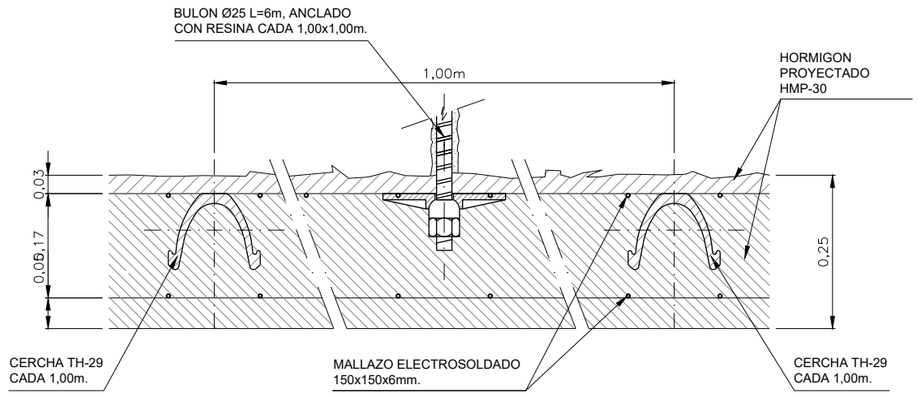
SOSTENIMIENTO TIPO A APLICAR	RMR del MACIZO ROCOSO
E-3	<45



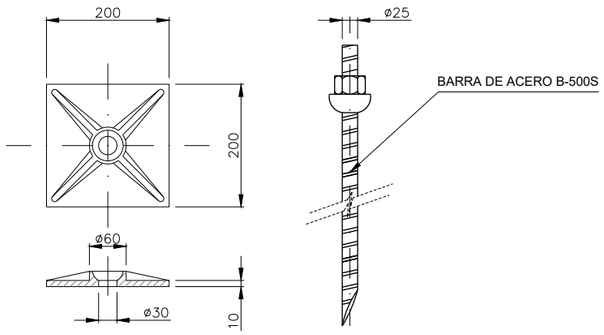
PERFIL LONGITUDINAL
S/E



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.		FECHA	NOMBRE	COMP	OBRA
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 1/50 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. GALDAKAO-OSPITALEA TARTEA
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL

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

D:\00000_LINEA 5\TRAMO 3\Anejos\A07-Obras Subterraneas\A07-04-03-h03SOST.dwg

APÉNDICE Nº7.5:

Calidad del Macizo Rocoso: Índice RMR en sondeos

Anejo nº7: Obras Subterráneas

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
euskal trenbide sarea
eptisa
FULCRUM

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: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-26	HOJA: 1 de 2

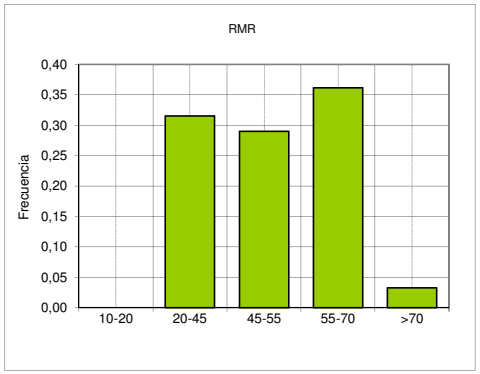
TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
9,00-13,80	Lutitas con alguna intercalación esporádica y milimétrica de arenisca 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%	



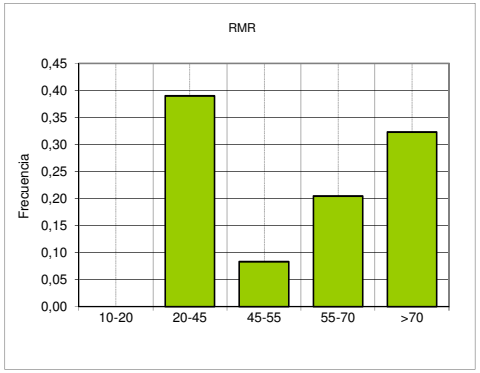
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: GALDAKAO-HOSPITAL**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN: / SONDEO: SM-27	HOJA: 1 de 1

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		
11,00-11,40	LimolitasG.II	5-25	2	0	3	<0,06	5	Estratificación plana lisa. Resto de juntas Separación 1mm. Bordes duros.	15	Húmedas	7	**32**
11,40-14,00	Limolitas G.II	5-25	2	55	13	0,06-0,20	8	Estratificación pulida. Separación 1-5mm. Bordes bastante alterados rellenos de limo.	10	Ligeramente húmedas	10	**43**
14,00-16,40	Limolitas G.II	5-25	2	90	18	0,20-0,60	10	Estratificación ondulada lisa. Separación <1mm. Bordes duros	16	Ligeramente húmedas	10	**56**
16,40-20,40	Limolitas G.II	5-25	2	100	20	0,60-2,00	15	Estratificación ondulada lisa. Resto de juntas escalonada rugosa. Separación <1-1mm. Bordes duros	18	Ligeramente húmedas	10	**65**
20,40-22,20	Limolitas y areniscas G.II	5-25	2	20	3	0,06-0,20	8	Estratificación ondulada lisa. Resto de juntas escalonada rugosa. Separación 1mm. Bordes algo alterados. Relleno de limo	15	Húmedas	7	**35**
22,20-29,60	Limolitas G.II	5-25	2	35	8	0,06-0,30	9	Estratificación ondulada lisa . Resto de juntas ondulada rugosa. Separación 1-50mm. Bordes alterados. Relleno de limo	15	Húmedas	7	**41**
29,60-32,20	Areniscas G.II	25-50	4	55	13	0,20-0,60	10	Estratificación ondulada lisa . Resto de juntas ondulada rugosa. Separación <1-1mm. Bordes duros	17	Ligeramente húmedas	10	**54**
32,20-42,30	Limolitas G.II-I	5-25	2	100	20	1,00-3,00	19	Estratificación ondulada lisa . Resto de juntas ondulada rugosa. Separación <1mm. Bordes duros	20	Ligeramente húmedas	10	**71**

RESUMEN RMR SM-27

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	12,20	2,60	6,40	10,10
% EN EL SONDEO	0,00	0,39	0,08	0,20	0,32

0,0% 10 < RMR < 20
39,0% 20 < RMR< 45
8,3% 45 < RMR < 55
20,4% 55 < RMR < 70
32,3% RMR >70
100,0%



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: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-29	HOJA: 1 de 2

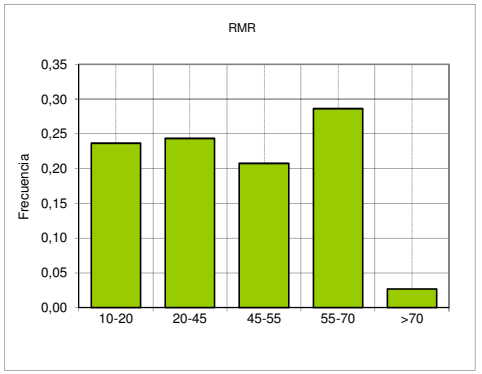
TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
4,80-15,60	Lutitas con alguna intercalación milimétrica de arenisca recristalizada G:II-III	5-25	2	20	3	0,06-0,20	8	Estratificación pulida. Resto de juntas escalonada lisa. Separación 1-10mm. Bordes bastante alterados. Relleno de óxido, arcilla y limo	9	Goteando	4	**26**
15,60-21,80	Lutitas con intercalaciones milimétricas y centimétricas de areniscas recristalizadas G:II	5-25	2	60	13	0,20-0,60	10	Estratificación pulida y plana lisa. Resto de juntas escalonada rugosa. Separación 1mm. Bordes bastante alterados	10	Ligeramente húmedo	10	**45**
21,80-25,80	Lutitas con intercalaciones milimétricas y centimétricas de areniscas recristalizadas G:II-I	5-25	2	100	20	1,00-2,00	18	Estratificación ondulada pulida. Separación <1mm. Bordes duros	10	Ligeramente húmedo	10	**60**
25,80-29,00	Limolitas G.I	5-25	2	100	20	1,00-2,00	18	Estratificación plana pulida. Separación <1mm. Bordes duros	10	Ligeramente húmedo	10	**60**
29,00-34,50	Lutitas con intercalaciones milimétricas y centimétricas de areniscas recristalizadas G:II-I	5-25	2	100	20	0,60-2,00	15	Estratificación plana pulida. Separación <1mm. Bordes duros	10	Ligeramente húmedo	10	**57**
34,50-36,60	Lutitas G.III	5-25	2	0	3	<0,06	5	Zona totalmente fracturada con junta pulidas y con numerosas vetas de sílice	5	Goteando	4	**19**
36,60-37,80	Limolitas G.I	5-25	2	100	20	>2	20	Sin juntas	30	Secas	15	**87**
37,80-40,80	Lutitas y areniscas en alternancia milimétrica a centimétrica G.II	5-25	2	60	13	0,20-0,60	10	Estratificación plana pulida. Resto de juntas onduladas rugosas. Separación 1mm. Bordes duros	10	Ligeramente húmedo	10	**45**
40,80-49,20	Lutitas y areniscas en alternancia milimétrica a centimétrica G.III	5-25	2	0	3	<0,06	5	Zona totalmente fracturada con junta pulidas y con numerosas vetas de sílice	5	Goteando	4	**19**

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-29 / HOJA: 2 de 2

RESUMEN RMR SM-29

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	10,50	10,80	9,20	12,70	1,20
% EN EL SONDEO	0,24	0,24	0,21	0,29	0,03

23,6%	10 < RMR < 20
24,3%	20 < RMR< 45
20,7%	45 < RMR < 55
28,6%	55 < RMR < 70
2,7%	RMR >70
100,0%	



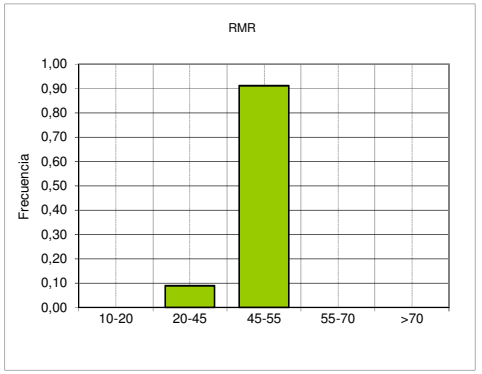
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: GALDAKAO-HOSPITAL**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-30 / HOJA: 1 de 1

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		
17,70-49,00	Lutitas con intercalaciones milimétricas y centimétricas de areniscas G:II	5-25	2	85	17	0,30-1,00	13	Estratificación pulida. Resto de juntas planas rugosas. Separación <1mm. Bordes duros.	10	Ligeramente húmedo	10	**52**
49,00-52,90	Lutitas y areniscas en alternancia centimétrica G:II	5-25	2	20	3	0,06-0,20	8	Estratificación pulida. Resto de juntas planas rugosas. Separación <1mm. Bordes duros.	10	Húmedo	7	**30**
52,90-61,50	Lutitas con alguna intercalación milimétrica de areniscas G:II	5-25	2	90	18	0,20-0,6	10	Estratificación y resto de juntas pulidas. Separación <1-3mm. Bordes duros. Rellenos de calcita	10	Ligeramente húmedo	10	**50**

RESUMEN RMR SM-30

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	3,90	39,90	0,00	0,00
% EN EL SONDEO	0,00	0,09	0,91	0,00	0,00

0,0% 10 < RMR < 20
8,9% 20 < RMR< 45
91,1% 45 < RMR < 55
0,0% 55 < RMR < 70
0,0% RMR >70
100,0%



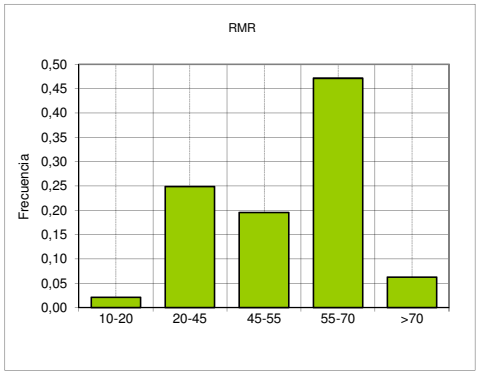
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO / euskal trenbide sarea	PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: GALDAKAO-HOSPITAL	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:		FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-31	HOJA: 1 de 2

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		
9,15-15,00	Limolitas G:III	1-5	1	50	11	0,20-0,60	10	Estratificación ondulada lisa. Resto de juntas plana rugosa. Separación 1-5mm. Bordes muy alterados. Relleno de oxido y arcilla	10	Húmedas	7	**39**
15,00-23,00	Limolitas G:II	5-25	2	60	13	0,20-0,60	10	Estratificación plana rugosa. Resto de juntas plana lisa y ondulada pulida. Separación 1-10mm. Bordes bastante alterados. Relleno de arcilla y limo	8	Húmedas	7	**40**
23,00-27,30	Limolitas G:II	5-25	2	100	20	1,00-3,00	18	Estratificación ondulada pulida. Resto de ondulada lisa. Separación 1-2mm. Bordes algo alterados. Relleno de arcilla	10	Ligeramente húmedas	10	**60**
27,30-28,70	Limolitas G:II	5-25	2	0	3	0,06-0,20	8	Zona fracturada con juntas alteradas y rellenas de abundante arcilla	5	Goteando	4	**22**
28,70-36,70	Limolitas con alguna intercalación milimétrica de arenisca G:II	5-25	2	70	14	0,10-0,50	9	Estratificación ondulada pulida y rugosa. Resto de ondulada rugosa. Separación 1-3mm. Bordes alterados rellenos de arena	11	Ligeramente húmedas	10	**46**
36,70-38,00	Limolitas G:III	5-25	2	0	3	<0,06	5	Zona muy fracturada con juntas alteradas y rellenas de abundante arcilla	5	Goteando	4	**19**
38,00-47,50	Limolitas con alguna intercalación de arenisca G:II	5-25	2	75	15	0,10-0,50	9	Estratificación ondulada pulida y rugosa. Resto de ondulada rugosa. Separación 1-5mm. Bordes alterados rellenos de arena	10	Ligeramente húmedas	10	**46**
47,50-66,60	Limolitas con alguna intercalación de arenisca G:II	5-25	2	95	20	0,60-2,00	15	Estratificación pulida. Resto de juntas planas rugosa. Separación <1mm. Bordes alterados rellenos de arcilla	10	Ligeramente húmedas	10	**57**
66,60-70,45	Limolitas con alguna intercalación milimétrica de arenisca G:II	5-25	2	100	20	0,20-0,60	10	Estratificación cerradas rellenas de calcita. Resto de juntas planas rugosa. Separación 1-3mm. Bordes duros rellenos de calcita	12	Ligeramente húmedas	10	**54**
70,45-76,95	Limolitas con alguna intercalación milimétrica de arenisca G:II	5-25	2	100	20	>2	20	Sin juntas	30	Secas	15	**87**

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-31 / HOJA: 2 de 2

RESUMEN RMR SM-31

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70	
METROS EN EL SONDEO	1,30	15,25	12,00	28,90	3,85	
% EN EL SONDEO	0,02	0,25	0,20	0,47	0,06	
	2,1%	24,9%	19,6%	47,1%	6,3%	100,0%
	10 < RMR < 20	20 < RMR< 45	45 < RMR < 55	55 < RMR < 70	RMR >70	



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: 18/04/2013
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-31A	HOJA: 1 de 2

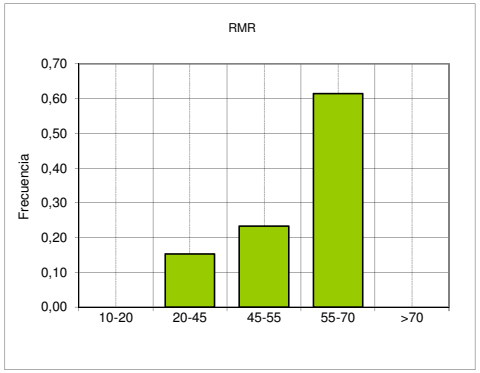
TRAMO	DESCRIPCION	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI										
		RCS (MPa)	VALOR	RQD (%)	VALOR	SEPARACION DIACLASAS (m)	VALOR	ESTADO DISCONTINUIDAD	VALOR	AGUA FREÁTICA	VALOR	RMR BÁSICO
		DATO		DATO		DATO		DATO		DATO		
3,80-7,20	Areniscas G:II	5-25	2	35	7	0,06-0,20	8	Estratificación ondulada rugosa. Separación 1mm. Bordes algo alterados.	24	Ligeramente húmeda	10	**51**
7,20-10,90	Areniscas G:II	5-25	2	80	16	0,20-0,60	10	Estratificación ondulada rugosa. Separación <1mm. Bordes algo alterados.	25	Seco	15	**68**
10,90-15,00	Areniscas G:II-III	5-25	2	50	10	0,06-0,20	8	Estratificación ondulada rugosa. Separación >5mm. Bordes bastante alterados.	15	Ligeramente húmeda	10	**45**
15,00-19,30	Limolitas G:II	5-25	2	50	10	0,06-0,20	8	Estratificación plana rugosa. Separación <1-2mm. Bordes bastante alterados	21	Ligeramente húmeda	10	**51**
19,30-24,00	Areniscas G:II-III	5-25	2	20	5	0,06-0,20 y <0,06	7	Estratificación ondulada rugosa. Separación 1-5mm. Bordes bastante alterados.	20	Ligeramente húmeda	10	**44**
24,00-26,40	Limolitas G:II-III	5-25	2	50	10	0,06-0,20 y <0,06	6	Estratificación plana rugosa. Separación <1-5mm. Bordes muy alterados	17	Humeda	7	**42**
26,40-42,00	Limolitas con intercalaciones de arenisca G:II	5-25	2	85	17	0,20-0,60	10	Estratificación plana rugosa. Separación <1mm. Bordes algo alterados	24	Ligeramente húmeda	10	**63**
42,00-45,00	Alternancia de limolitas y areniscas G:II	5-25	2	20	5	0,06-0,20 y <0,06	7	Estratificación plana rugosa. Separación 1-5mm. Bordes bastante alterados	20	Humeda	7	**41**
45,00-59,40	Limolitas con pasadas de arenisca G:II	5-25	2	90	18	0,20-0,60	10	Estratificación plana rugosa. Separación < 1mm. Bordes algo alterados	24	Ligeramente húmeda	10	**64**
59,40-63,00	Limolitas con pasadas de arenisca G:II	5-25	2	50	10	0,06-0,20	8	Estratificación plana rugosa. Separación < 1mm. Bordes bastante alterados	22	Ligeramente húmeda	10	**52**
63,00-70,00	Limolitas con pasadas de arenisca G:II	5-25	2	90	18	0,20-0,60	10	Estratificación plana rugosa. Separación <1-5mm. Bordes muy alterados	24	Ligeramente húmeda	10	**64**

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: 18/04/2013
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-31A / HOJA: 2 de 2

RESUMEN RMR SM-31A

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	10,10	15,40	40,70	0,00
% EN EL SONDEO	0,00	0,15	0,23	0,61	0,00

0,0% 10 < RMR < 20
15,2% 20 < RMR< 45
23,3% 45 < RMR < 55
61,5% 55 < RMR < 70
0,0% RMR >70
100,0%



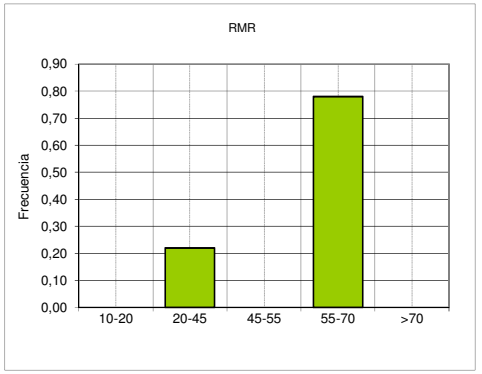
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: GALDAKAO-HOSPITAL**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-32 / HOJA: 1 de 1

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		
3,00-11,15	Limolitas con alguna intercalación milimétrica y centimétrica de arenisca G:II	5-25	2	85	11	0,20-0,60	10	Estratificación pulida. Resto de juntas escalonada rugosa y lisa. Separación <1-1mm. Bordes bastante alterados. Relleno de oxido	10	Ligeramente húmedas	10	**43**
11,15-15,10	Limolitas con alguna intercalación esporádica de arenisca G:II-I	5-25	2	100	20	0,60-2	15	Estratificación cerrada. Resto de juntas plana rugosa. Separación <1-2mm. Bordes duros. Relleno de calcita	19	Ligeramente húmedas	10	**66**
15,10-40,00	Limolitas con alguna intercalación milimétrica y centimétrica de arenisca G:II-I	5-25	2	100	20	>2	20	Estratificación pulida. Resto de juntas escalonada rugosa y lisa. Separación 1-3mm. Bordes duros. Relleno de calcita	10	Secas	15	**67**

RESUMEN RMR SM-32

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	8,15	0,00	28,85	0,00
% EN EL SONDEO	0,00	0,22	0,00	0,78	0,00

0,0%	10 < RMR < 20
22,0%	20 < RMR< 45
0,0%	45 < RMR < 55
78,0%	55 < RMR < 70
0,0%	RMR >70
100,0%	



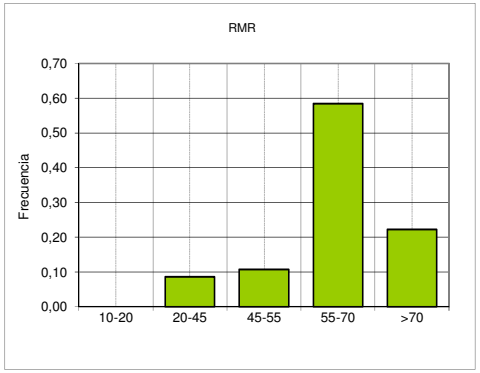
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: GALDAKAO-HOSPITAL**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-33 / HOJA: 1 de 1

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		
10,34-13,10	Lutitas con alguna intercalación milimétrica y centimétricas G:II	5-25	2	75	15	0,20-0,6	10	Estratificación ondulada rugosa. Separación 1mm. Bordes algo alterados, manchados de arcilla.	15	Húmeda	7	**49**
13,10-18,80	Lutitas G.I	5-25	2	100	20	>2	20	Estratificación plana rugosa. Separación <1mm. Bordes duros.	25	Seco	15	**82**
18,80-19,40	Lutitas y Areniscas en alternancia centimétrica G.II	5-25	2	0	3	<0,06	5	Estratificación y juntas pulidas. Separación <1-3mm. Bordes duros, rellenos de calcita	10	Húmeda	7	**27**
19,40-31,80	Lutitas con alguna intercalación milimétrica y centimétricas G:II	5-25	2	90	19	0,20-2,00	13	Estratificación ondulada rugosa. Resto de juntas plana rugosa. Separación <1-2mm. Bordes bastante alterados. Relleno arcilla	15	Ligeramente húmeda	10	**59**
31,80-33,40	Lutitas y Areniscas en alternancia centimétrica G.II	5-25	2	0	3	<0,06	5	Estratificación ondulada lisa. Resto de juntas rugosa. Separación 1-2mm. Bordes alterados	15	Húmeda	7	**32**
33,40-36,00	Lutitas con alguna intercalación milimétrica de areniscasG.II	5-25	2	100	20	0,6->2	18	Estratificación ondulada lisas. Separación 1mm. Bordes algo alterados.	15	Ligeramente húmeda	10	**65**

RESUMEN RMR SM-33

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	2,20	2,76	15,00	5,70
% EN EL SONDEO	0,00	0,09	0,11	0,58	0,22

0,0% 10 < RMR < 20
8,6% 20 < RMR< 45
10,8% 45 < RMR < 55
58,5% 55 < RMR < 70
22,2% RMR >70
100,0%



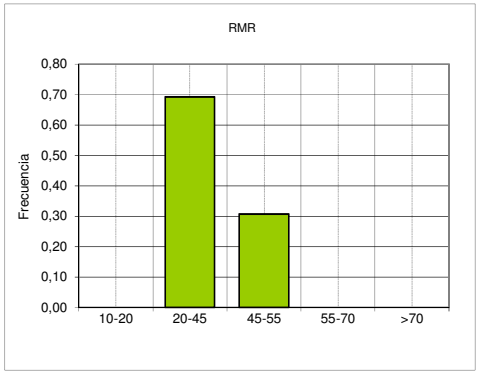
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: GALDAKAO-HOSPITAL**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 15/02/2012
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-33A / HOJA: 1 de 1

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
6,20-15,70	Areniscas y lutitas G:II-III	5-25	2	15	4	0,06-0,20	8	Estratificación ondulada rugosa. Separación 1-5mm. Bordes bastante alterados.	20	Húmeda	7	**41**
15,70-19,50	Areniscas G:II-III	5-25	2	35	7	0,06-0,20	8	Estratificación plana rugosa. Separación <1mm. Bordes duros.	20	Húmeda	7	**44**
19,50-25,40	Areniscas y lutitas G:II	5-25	2	55	11	0,06-0,20 y <0,06	7	Estratificación plana rugosa. Separación <1-5mm. Bordes duros.	21	Húmeda	7	**48**

RESUMEN RMR SM-33A

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	13,30	5,90	0,00	0,00
% EN EL SONDEO	0,00	0,69	0,31	0,00	0,00

0,0%	10 < RMR < 20
69,3%	20 < RMR< 45
30,7%	45 < RMR < 55
0,0%	55 < RMR < 70
0,0%	RMR >70
100,0%	



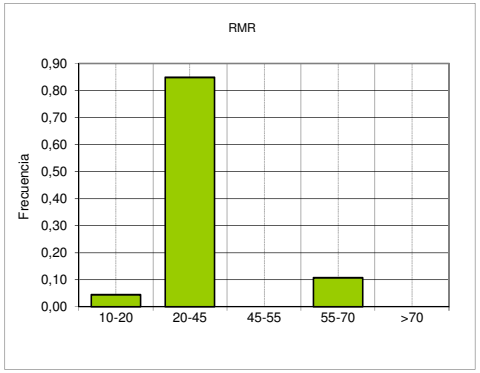
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: GALDAKAO-HOSPITAL**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 18/04/2013
			LOCALIZACIÓN: / SONDEO: SM-35	HOJA: 1 de 1

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
7,50-8,65	Areniscas G:II	5-25	2	10	4	0,06-0,2	8	Estratificación rugosa. Separación 1-5 mm. Bordes algo alterados.	22	Húmeda	7	**43**
8,65-10,80	Lutitas con pasadas de arenisca G:III-II	5-25	2	5	3	0,06-0,2	8	Estratificación rugosa, con algo de relleno. Separación 1-5mm. Bordes bastante alterados.	16	Húmeda	7	**36**
10,80-11,80	Lutitas G:IV	5-25	2	0	3	<0,06	5	Estratificación y juntas pulidas. Separación >5mm. Bordes muy alterados.	3	Húmeda	7	**20**
11,80-20,70	Lutitas G:III-II	5-25	2	5	3	0,06-0,2 y <0,06	7	Estratificación ondulada rugosa. Resto de juntas plana rugosa. Separación <1-2mm. Bordes bastante alterados. Relleno arcilla	15	Húmeda	7	**34**
20,70-27,60	Lutitas G:II	5-25	2	45	9	0,06-0,2 y <0,06	7	Estratificación ondulada rugosa. Resto de juntas rugosa. Separación 1-2mm. Bordes alterados	15	Húmeda	7	**40**
27,60-30,00	Lutitas G:II	5-25	2	90	18	0,20-0,60	10	Estratificación rugosa. Separación <1mm. Bordes algo alterados.	24	Ligeramente húmeda	10	**64**

RESUMEN RMR SM-35

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	1,00	19,10	0,00	2,40	0,00
% EN EL SONDEO	0,04	0,85	0,00	0,11	0,00

4,4%	10 < RMR < 20
84,9%	20 < RMR< 45
0,0%	45 < RMR < 55
10,7%	55 < RMR < 70
0,0%	RMR >70
100,0%	



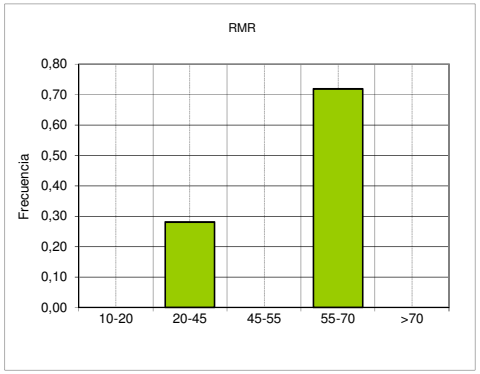
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO · euskal trenbide sarea	**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LINEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO. TRAMO: GALDAKAO-HOSPITAL**	eptisa FULCRUM	OBSERVACIONES:	FECHA: 18/04/2013
			LOCALIZACIÓN:	SONDEO: SM-36 / HOJA: 1 de 1

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		
9,90-24,00	Limolitas G:II	5-25	2	85	17	0,20-0,60 y 0,06-0,20	9	Estratificación rugosa. Separación <1 mm. Bordes algo alterados.	25	Ligeramente húmeda	10	**63**
24,00 - 33,30	Alternancia de areniscas y limolitas G:II	5-25	2	20	5	<0,06	5	Estratificación rugosa. Separación 1-5mm. Bordes algo alterados.	21	Húmeda	7	**40**
33,30-43,00	Limolitas G:II	5-25	2	85	17	<0,06	5	Estratificación rugosa. Separación <1 mm. Bordes algo alterados.	26	Ligeramente húmeda	10	**60**

RESUMEN RMR SM-36

RANGOS DE RMR	10-20	20-45	45-55	55-70	>70
METROS EN EL SONDEO	0,00	9,30	0,00	23,80	0,00
% EN EL SONDEO	0,00	0,28	0,00	0,72	0,00

0,0%	10 < RMR < 20
28,1%	20 < RMR< 45
0,0%	45 < RMR < 55
71,9%	55 < RMR < 70
0,0%	RMR >70
100,0%	



APÉNDICE Nº7.6:

Ensayos de Laboratorio. Resultados y Análisis Estadístico

Anejo nº7: Obras Subterráneas

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
euskal trenbide sarea
eptisa
FULCRUM

ENSAYOS SOBRE 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 Is 50 (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-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										
	S-6 ESTUDIO INFORMATIVO 2	*TP*	*20,20 - 20,70*	*Lutitas G:II*		*2,53*	*6.80*					*0,0*		*4,09*	*0,020*				
		TP	*22,55 - 22,80*	*Lutitas G:II*		*2,66*	*25,70*	*3889,3*	*0,150*										
	SM-27	TP	14,40 - 15,00	Limolitas G:II	1,9	2,64	6.40 junta					0,3		1.26 junta					
		TP	18,65 - 19,20	Limolitas G:II	1,3	2,62	13,10	2357.0	0,249					3,50	0,147				
		TP	22,20 - 22,50	Limolitas G:II	1,9	2,69				9,9	0,5								
		TP	27,60 - 27,82	Limolitas G:II	2,3	2,57	6.60 junta	2699.0	0.538										
		TP	29,70 - 30,00	Areniscas G:II		2,68				173,6	0,8								
		TP	32,50 - 32,90	Limolitas G:II-I	1,5	2,65				13,8	1,0								
	S-13 ESTUDIO INFORMATIVO 2	*TP*	*14,20 - 14,60*	*Areniscas G:II*			*12.97junta?*							*12.72*	*3,479*				
		TP	*17,35 - 17,70*	*Areniscas G:II*		*2,58*	*60,70*	*13509,9*	*0,180*					*8,43*	*2,352*				

ENSAYOS SOBRE 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 Is 50 (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	
		TP	20,50 - 20,85	Areniscas G:II		2,53	47,80					2,2							
CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas	S-13 E.I.2	TP	23,85 - 24,15	Limolitas G:II		2,60	16,70	1135.9	0.2			0,5							
	S-7 ESTUDIO INFORMATIVO 2	TP	15,15 - 15,35	Lutitas G:III		2,58	16,60	2482.22	0.16										
		TP	18,80 - 19,05	Lutitas G:II										7.27					
		TP	20,55 - 20,85	Lutitas G:II		2,55	18,40	5391,6	0,220										
	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										
	SM-29	TP	6,35 - 6,60	Lutitas con alguna intercalación mm de arenisca G:II-III	5,5	2,50								5.45	0,188				
	SM-29	TP	12,00 - 12,20	Lutitas con alguna intercalación mm de arenisca G:II-III	6,5	2,46	1.20 junta												
		TP	15,60 - 16,05	Lutitas con intercalaciones mm-cm de arenisca G:II	2,0	2,58				25,3	0,5								
		TP	21,30 - 21,55	Lutitas con intercalaciones mm-cm de arenisca G:II	1,1	2,60	15,30	16745,0	0,251										
		TP	31,40 - 31,70	Lutitas con intercalaciones mm-cm de areniscas G:II-I	2,2	2,61	13,20	5574,0	0,220			0,8							
	SM-30	TP	28,10 - 28,50	Lutitas con intercalaciones mm-cm G:II	2,9	2,58				7,7	0,7								
		TP	32,80 - 33,20	Lutitas con intercalaciones mm-cm G:II	2,4	2,57						0,3		3,02	0,145				
		TP	38,30 - 38,75	Lutitas con intercalaciones mm-cm G:II	2,3	2,57				11,3	1,0								
		TP	43,45 - 43,75	Lutitas con intercalaciones mm-cm G:II	3,1	2,57										39	267	No agresivo	3293
		TP	49,00 - 49,30	Areniscas y areniscas en alternancia cm G:II	4,7	2,56							3,04						
		TP	54,35 - 54,90	Lutitas con alguna intercalación mm de arenisca G:II	2,7	2,60						0,2							
		TP	55,50 - 55,80	Lutitas con alguna intercalación mm de arenisca G:II	1,4	2,62	3.80 junta	1940.0	0.191					2,64	0,090				
	SM-31	TP	16,00 - 16,30	Limolitas G:II	6,0	2,46								0.54	0,009				
		TP	23,60 - 24,00	Limolitas G:II	4,5	2,54				9,40	0,60								
		TP	35,90 - 36,45	Limolitas con alguna intercalación mm de arenisca G:II	4,4	2,52	4.30 junta							0.77 junta					
		TP	43,70 - 44,15	Limolitas con alguna intercalación de arenisca G:II	3,0	2,75				9,50	1,00								

ENSAYOS SOBRE 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 Is 50 (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	
		TP	49,25 - 49,60	Limolitas con alguna intercalación de arenisca G:II	4,5	2,53				13,40	1,30			1,28	0,019				
		TP	54,60 - 54,95	Limolitas con alguna intercalación de arenisca G:II	1,9	2,62	7.70 junta	17867,0	0,428							0	186	No agresivo	
CS-5 Alternancia de areniscas siliceas y lutitas	SM-31	TP	62,55 - 62,90	Limolitas con alguna intercalación de arenisca G:II	2,5	2,64				10,70	1,60								
		TP	69,55 - 70,15	Limolitas con alguna intercalación mm de arenisca G:II	1,5	2,64	20,80	17740,0	0,142					2,99	0,038				
	SM-31A	TP	3,80 - 4,10	Areniscas G:II	2,5	2,41								2,39	1,009				
		TP	11,00 - 11,30	Areniscas G:II-III	3,3	2,40	2.2 junta?	9750,0	0,272										
		TP	26,10 - 26,40	Limolitas G:II-III	3	2,65										7	105	No agresivo	
		TP	33,90 - 34,10	Limolitas G:II	2	2,61						0,6		2,27	0,099				
		TP	41,55 - 41,80	Limolitas G:II	4,8	2,44				3,80	1,00								
		TP	47,60 - 48,00	Limolitas G:II	1,7	2,70	19,20	2889,0	0,217										
		TP	54,60 - 54,85	Limolitas G:II	1,7	2,66				18,50	1,20								
		TP	63,20 - 63,50	Limolitas G:II	2,6	2,61				24,00	1,50								
		TP	69,30 - 69,60	Limolitas G:II	1,1	2,61						1,5		1,51					
	SM-32	TP	9,60 - 9,95	Limolitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II	3,0	2,59	5.80 junta	4858.0	0.147			0,9							
		TP	15,30 - 15,80	Limolitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II-I	1,5	2,71				9,60	0,30								
		TP	21,10 - 21,65	Limolitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II-I	1,9	2,86	8.50 junta	14238,0	0,259					2,09	0,034				
		TP	25,30 - 25,60	Limolitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II-I	1,5	2,66				10,30	0,60								
	SM-32	TP	31,45 - 31,80	Limolitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II-I	1,8	2,66	7.70 junta	18482,0	0,420			0,4							
		TP	36,65 - 37,00	Limolitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II-I	1,6	2,68				8,30	1,00								
	SM-33A	TP	16,90 - 17,20	Areniscas G:II-III	1,2	2,60	55,50	14360,0	0,284										
		TP	20,90 - 21,10	Areniscas G:II (Lutita)	1,9	2,60	13,50	3487,0	0,197										
	SM-34	TP	2,00 - 5,30	Areniscas G:II	1,7	2,60	58,40												
		TP		Areniscas G:II	1,1	2,60	77,80												

ENSAYOS SOBRE 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 Is 50 (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	
	SM-35	TP	10,40 - 10,80	Lutitas G:II-III	0,3	2,60	27,70												
		TP	19,50-19,70	Lutitas G:II-III	0,4	2,68								10,63	2,37				
		TP	22,30 - 22,60	Lutitas G:II	1,7	2,70	8.9 junta?	29413,0	0,368										
CS-5 Alternancia de areniscas silíceas y lutitas	SM-35	TP	26,65 - 27,00	Lutitas G:II	1,7	2,60	9.3	6695,0	0,297			0,4							
	SM-36	TP	12,00 - 12,30	Limolitas G:II	2,6	2,63				5,40	0,25								
		TP	17,70 - 18,00	Limolitas G:II	1,5	2,68				7,00	0,40								
		TP	25,45 - 25,80	Alternancia de areniscas y limolitas G:II	3	2,60								1,58	0,068				
		TP	32,50 - 32,80	Alternancia de areniscas y limolitas G:II	1,8	1,00	11,00	5714,0	Fallo			0,6							
		TP	39,80 - 40,10	Limolitas G:II	2,6	2,62				9,10	1,00					0	331	No agresivo	
	SM-37	TP	13,20 - 13,40	Lutitas G:II	4,5	2,50	3.50					0,2							
		TP	19,80 - 20,20	Lutitas G:II	1,9	2,60	8.10	Fallo	Fallo							0	325	No agresivo	
		TP	26,10 - 26,40	Lutitas G:II	2,1	2,60	8.5												
	SM-38	TP	14,00 - 14,35	Lutitas G:III-II	3,7	2,60	4.20												
		TP	18,00 - 18,40	Lutitas G:II	2,8	2,60	4.30							1,47	0,027				
	S-14 ESTUDIO INFORMATIVO 2	*TP*	*21,40 - 21,70*	*Limolitas y areniscas G:II*										*4,16*	*0,117*				
		TP	*23,75 - 24,25*	*Limolitas y areniscas G:II*		*2,65*	*14.2*	*11918,8*	*0,250*			*2,2*							
		TP	*28,25 - 28,85*	*Limolitas y areniscas G:II*			*8.76 laminación*												
	EXCAVACIÓN OBRA TAV (PK 5+300)	BLOQUE B-1	-	Areniscas silíceas G:II	0,2	2,45	23,80	4902,0	0,394					1.77	0,340	23	16	No agresivo	2070
		BLOQUE B-2	-	Areniscas silíceas G:II	0,2	2,44	33,80	6185,0	0,379			2,2		2,22	0,535				
		BLOQUE B-3	-	Areniscas silíceas G:II	0,1	2,50	33,50	9337,0	0,377					2,63	0,759				

ENSAYOS SOBRE 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 Is 50 (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**	58	63	15	17	17			13		16	15	5	5		1
				VALOR MÁXIMO	6,5	2,86	27,70	34615,0	0,428			1,5		4,16	0,188				
				VALOR MÍNIMO	0,3	1,00	10,30	2889,0	0,142			0		1,28	0,009				
				VALOR MEDIO	2,4	2,58	16,42	14235,1	0,264			0,5		2,55	0,080				
				DESVIACIÓN TÍPICA	1,3	0,21	5,20	10441,5	0,086			0,4		0,97	0,056				
				VALOR PROPUESTO	**2,4**	**2,60**	**25,00**	**15000,0**	**0,250**			**1,5**		**2,50**	**0,188**			**No agresivo**	**3290**
PREDOMINANCIA DE ARENISCAS				**Nº DE ENSAYOS**	18	22	11	10	10			5	1	6	8	1	1		1
				VALOR MÁXIMO	4,7	2,68	77,80	25709,0	0,394			2,3		10,63	3,479				
				VALOR MÍNIMO	0,1	2,40	23,60	4902,0	0,180			0,3		2,22	0,340				
				VALOR MEDIO	1,5	2,57	49,57	12288,2	0,304			1,8		5,96	1,667				
				DESVIACIÓN TÍPICA	1,2	0,54	22,64	6614,6	0,111			1,1		4,25	1,209				
				VALOR PROPUESTO	**1,5**	**2,60**	**50,0**	**17500,0**	**0,300**			**2,3**		**6,00**	**3,479**			**No agresivo**	**2070**

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 SUELOS

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN	HUMEDAD (%)	DENSIDAD APARENTE (t/m3)	% PASA TAMIZ 200	LL (%)	IP (%)	Clasificación Casagrande	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (kPa)	COHESIÓN EF (kPa)	ANGULO DE ROZAMIENTO EF (º)	E (kp/cm2)	SULFATOS SOLUBLES (mg/kg)	ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg)	AGRESIVIDAD DEL SUELO AL HORMIGON
S-6 EST INF 2	*MI*	*6,00 - 6,60*	*Gravas con limos arenosos*	*16,08*	*2,074*	*54,9*	*30,8*	*6,1*	*ML*	*136,4*						
	MI	*9,00 - 9,60*	*Lutitas G:IV-V*	*9,82*	*1,867*						*63*	*30,69*				
	MI	*17,75 - 17,95*	*Lutitas G:IV-V*		2,035					268			363			
SM-37	MI	3,60 - 4,20	Lutitas G:V	14,54	2,08	25,4	32,4	12,4	SC		56,06	20				
	TP	7,40 - 7,65	Lutitas G:IV	10,9	2,18	52	32,3	13,5	CL	400						
SM-38	MI	4,60 - 4,80	Lutitas G:V	20,09	2,11	93,3	38,2	18,4	CL		30,12	19				
	TP	7,80 - 8,10	Lutitas G:IV	18,29	2,1	94,9	34,8	13,2	CL	2,9						

RELACIÓN DE ENSAYOS PETROGRÁFICOS EN LÁMINA DELGADA DE LAS FORMACIONES DEL TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL DE LA LÍNEA 5 DEL FMB

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		MATERIA ORGANICA (%)	OPACOS SIN ESPECIFICAR	
						CALCITA	DOLOMITA	CARBONATOS SIN ESPECIFICAR	GRUPO MINIERALES ARCILLOSOS	GRUPO DE LAS MICAS (Moscovita)	FILOSILICATOS SIN ESPECIFICAR	GRUPO SiO2 (Cuarzo)	GRUPO DE LOS FELDESPATOS(plagioclasas)			
CS-5	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
	S-6 ESTUDIO INFORMATIVO	*TP*	*20,20 - 20,70*	*Lutitas G:II*	*8,92*			*43*	*50*			*4*		*3*		*Marga*
	SM-27	TP	14,40 - 15,00	Limolitas G:II			10		30			45		10	5	Arena lutítica
		TP	18,65 - 19,20	Limolitas G:II	49,3				35			40		20	5	Lutita arenosa con materia orgánica
	S-13 ESTUDIO INFORMATIVO	*TP*	*14,20 - 14,60*	*Areniscas G:II*	*62,82*		*10*		*10*	*5*		*60*	*10*	*5*		*Arenisca*
		TP	*17,35 - 17,70*	*Areniscas G:II*	*72,38*		*5*		*10*	*5*		*70*	*5*	*5*		*Arenisca*
	SM-29	TP	6,35 - 6,60	Lutitas con alguna intercalación mm de arenisca G:II-III	47				50			40			10	Lutita arenosa
	SM-30	TP	32,80 - 33,20	Lutitas con intercalaciones mm-cm de arenisca G:II	66,2				30			60			10	Alternancia arenisca-lutita
		TP	55,50 - 55,80	Lutitas con alguna intercalación mm de arenisca G:II	59,1				40			55			5	Arenisca lutítica
	SM-31	TP	16,00 - 16,30	Limolitas G:II	27,8				70			20			10	Lutita arenosa
		TP	49,25 - 49,60	Limolitas con alguna intercalación de arenisca G:II	32,6				65			25			10	Lutita arenosa
		TP	69,55 - 70,15	Limolitas con alguna intercalación mm de arenisca G:II	27,85		5		65			20			10	Lutita arenosa
	SM-31A	TP	3,80 - 4,10	Areniscas G:II	75,94				10	15		75				Arenisca
		TP	33,90 - 34,10	Limolitas G:II	39,16		5		45	10		35	5			Lutita arenosa
	SM-32	TP	21,10 - 21,65	Limolitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II-I	25,68	5	15		55			20			5	Lutita arenosa dolomítica

RELACIÓN DE ENSAYOS PETROGRÁFICOS EN LÁMINA DELGADA DE LAS FORMACIONES DEL TRAMO GALDAKAO - HOSPITAL DE LA LÍNEA 5 DEL FMB

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		MATERIA ORGANICA (%)	OPACOS SIN ESPECIFICAR	
						CALCITA	DOLOMITA	CARBONATOS SIN ESPECIFICAR	GRUPO MINIERALES ARCILLOSOS	GRUPO DE LAS MICAS (Moscovita)	FILOSILICATOS SIN ESPECIFICAR	GRUPO SiO2 (Cuarzo)	GRUPO DE LOS FELDESPATOS(plagioclasas)			
	SM-35	TP	19,50 - 19,70	Lutitas G:II-III	68,84		20			10		65			5	Arenisca dolomítica
	SM-36	TP	25,45 - 25,80	Alternancia de areniscas y limolitas G:II	46,94				35	15		40			10	Alternancia lutita - arenisca
	SM-38	TP	18,00 - 18,40	Lutitas G:II	30,38		15		40	15		25			5	Lutita arenosa
CS-5	S-14 *ESTUDIO INFORMATIVO*	*TP*	*21,40 - 21,70*	*Limolitas y areniscas G:II*	*44,84*		*15*		*35*			*40*		*10*		*Alternancia arenisca-limolita*
	EXCAVACIÓN OBRA TAV (PK 5+300)	BLOQUE B-1	-	Areniscas silíceas G:II	70,96				15	10		65			10	Arenisca
		BLOQUE B-2	-	Areniscas silíceas G:II	73,3				20			65			15	Arenisca
		BLOQUE B-3	-	Areniscas silíceas G:II	70,96				15	10		65			10	Arenisca

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
CS-5	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

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-30	5,7	120	9	3	89	1	Media
SM-31A	7,5	237	73	19	7	1	No agresivo
SM-32	6,6	701	281	38	21	1	Débil
SM-35	7,1	354	60	7	7	1	No agresivo
SM-37	7,4	203	52	2	7	1	No agresivo

Conversación con Luisfer acerca de las agresividades obtenidas (15/02/2012)

El CO2 libre pueden tenerlo aguas muy puras que lo hayan absorbido incluso del aire. O aguas no tan puras, contaminadas por actividades humanas. Lo que hace el CO2 es reaccionar con la portlandita, baja el pH y oxida la armadura, que expande y puede romper el hormigón. La solución para esto es emplear hormigones poco porosos (el propio proceso de reacción del CO2 con la portlandita ya da lugar a un material menos poroso, por lo que el fenómeno va dejando de progresar si el hormigón no tiene muchos poros). En el caso de la gunita, recomendar no utilizar fibras metálicas sino de otro material sintético que no sea oxidable. Emplear HA-30.

En cuanto a la agresividad por sulfatos, si es débil (200 - 600 mg/l) la EHE no obliga a emplear cemento sulforresistente sino que recomienda la utilización de HA-30. Si estamos en el rango medio (600 - 3000 mg/l) sí se prescribe el empleo de cemento sulforresistente para la fabricación del hormigón. Emplear HA-30.

APÉNDICE Nº7.7:

Parámetros del Macizo Rocoso

Anejo nº7: Obras Subterráneas

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
euskal trenbide sarea
eptisa
FULCRUM

RESULTADOS MÓDULO DE DEFORMACIÓN. ENSAYOS DE LABORATORIO (Ei) Y ENSAYOS INSITU (Em)

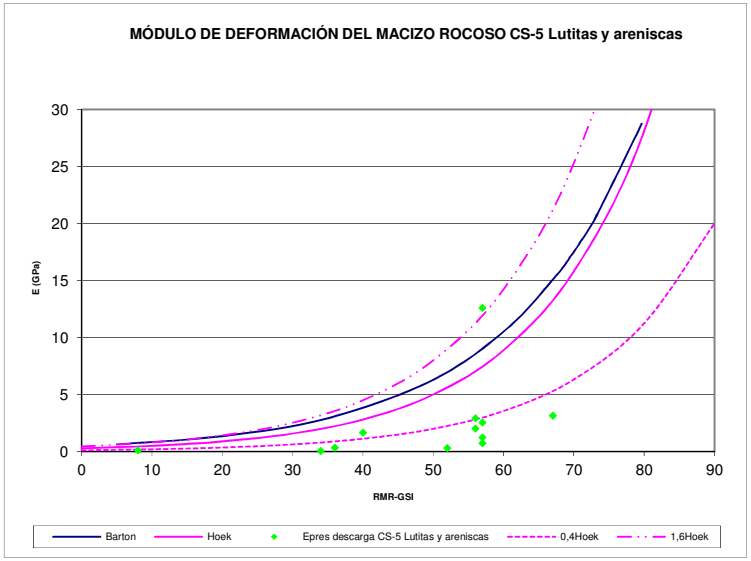
FORMACIÓN CS-5 Predominancia de lutitas y areniscas

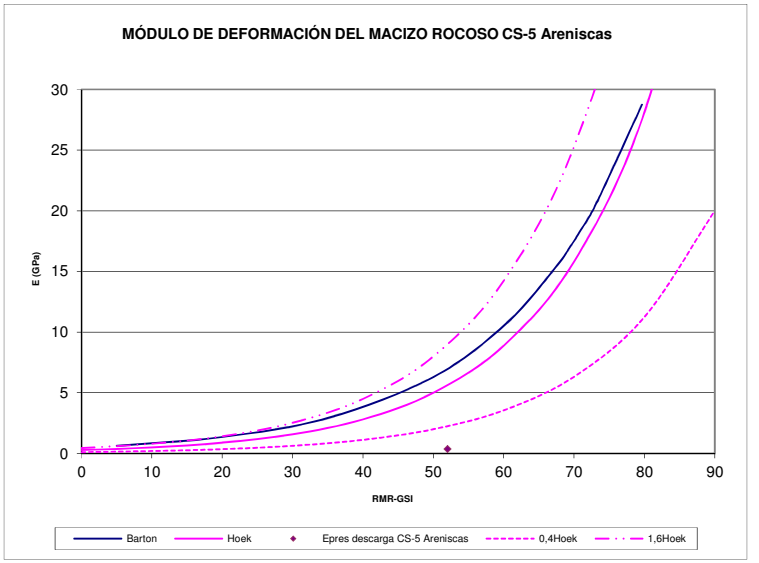
			MATRIZ		MACIZO							
			Elaboratorio (MPa)	ν	ν (de ensayos)	G (MPa) Presiometro	Epresiometro (MPa)	Descripción	E carga (GPa)	E descarga(GPa)	RMR tramo	Empresa
	SM-26	23,60 - 24,00	8197	0,213								
		31,80 - 32,40	25709	0,321								
		39,80 - 40,20	17677	0,326								
		45,10 - 45,90			0,250	517,07	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
	S-6 EST INF 2	*13,80 - 14,40*			*0,250*	*15,5*	*38,7*	Grado IV, RQD = 0, RMR = 8	*0,0387*	*0,10836*	*8*	*INGE*
	SM-29	21,30 - 21,55	16745	0,251								
		29,00 - 30,00			0,250	320,68	801,7	Grado II, RQD = 75, RMR = 57	0,8017	1,234618	57	TERRACONTROL
		31,40 - 31,70	5574	0,22								
		40,20 - 40,80			0,250	74,03	185,075	Grado II, RQD = 85, RMR = 52	0,185075	0,29426925	52	INGE
	SM-30	48,20 - 48,80			0,250	91,93	229,83	Grado II, RQD = 85, RMR = 52	0,22983	0,3654297	52	
		55,50 - 55,80	1940	0,191								
		54,60 - 54,95	17867	0,428								
	SM-31	55,40 - 56,00			0,250	188,43	471,075	Grado II, RQD = 95, RMR = 57	0,471075	0,7254555	57	INGE
		65,40 - 66,00			0,250	665,37	1663,425	Grado II, RQD = 95, RMR = 57	1,663425	2,5616745	57	INGE
		69,55 - 70,15	17740	0,142								
		9,60 - 9,95	4858	0,147								
	SM-32	21,10 - 21,65	14238	0,259								
		23,00 - 23,60			0,250	882,44	2206,1	Grado II-I, RQD = 100, RMR = 67	2,2061	3,132662	67	INGE
		31,45 - 31,80	18482	0,420								
	S-14 EST INF 2	*23,9*					*8184,64*	Grado II, RQD = 100, RMR = 57	8,18464	12,6043456	*57*	*GABINETE GEOTÉCNICO*
	SM-35	9,00 - 9,60				72,56	181,4	Grado III-II, RQD = 5, RMR = 36	0,1814	0,337404	36	INGE
		13,10 - 13,70				10,17	25,42	Grado III-II, RQD = 5, RMR = 34	0,02542	0,0477896	34	INGE
		22,30 - 22,60	29413	0,368	0,250							
		26,65 - 27,00	6695	0,297	0,250							
	SM-36	8,85 - 9,45				26,1	65,4		0,0654		Zona decomprimida	INGE
		14,55 - 15,15				374,54	936,34	Grado II, RQD = 20, RMR = 40	0,93634	1,6479584	40	INGE

Ensayo no representativo

FORMACIÓN CS-5 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-30	48,20 - 48,80			0,300	91,93	239,018	Grado II, RQD = 85, RMR = 52	0,239018	0,38003862	52	INGE





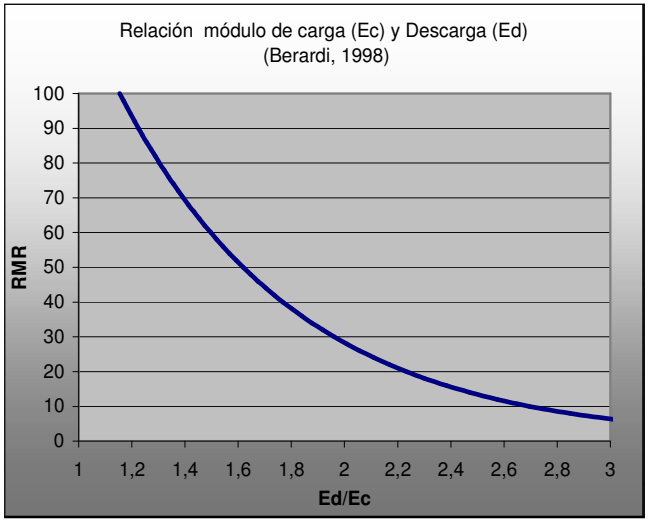
Em: CRITERIO DE BARTON, CRITERIO DE HOEK, RESULTADOS DE LOS ENSAYOS IN SITU

E MACIZO. ENSAYOS IN SITU, CORRELACIONES, FACTOR DE REDUCCIÓN Y ROCLAB

LITOTIPO	MATRIZ ROCOSA (LABO)			CALIDAD MACIZO			ENSAYOS IN SITU			CORRELACIONES EMPÍRICAS										FACTOR DE REDUCCIÓN		
	Ei (MPa)	ν	σci (MPa)	RMR	GSI	Q	σpresio (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
CS-5	15000	0,25	25	56	56	2,51	517,07	1292,68	2016,57	4800	12000	19200	-	-	-	-	-	-	3425,36	8563,41	13701,45	3000	9000	6000
	15000	0,25	25	56	56	2,51	745,37	1863,43	2906,94	4800	12000	19200	-	-	-	-	-	-	3425,36	8563,41	13701,45	3000	9000	6000
	15000	0,25	25	8	8	0,00		38,70	108,36	-	-	-	-	-	-	178,25	445,63	713,00	293,79	734,48	1175,17	3000	9000	6000
	15000	0,25	25	57	57	2,93	320,68	801,70	1234,62	5600	14000	22400	-	-	-	-	-	-	3605,20	9012,99	14420,78	3000	9000	6000
	15000	0,25	25	52	52	1,36	74,03	185,08	294,27	1600	4000	6400	-	-	-	-	-	-	2791,37	6978,43	11165,49	3000	9000	6000
	15000	0,30	40	52	52	1,36	91,93	239,02	380,04	1600	4000	6400	-	-	-	-	-	-	3264,81	8162,02	13059,24	3000	9000	6000
	15000	0,25	25	57	57	2,93	188,43	471,08	725,46	5600	14000	22400	-	-	-	-	-	-	3605,20	9012,99	14420,78	3000	9000	6000
	15000	0,25	25	57	57	2,93	665,37	1663,43	2561,67	5600	14000	22400	-	-	-	-	-	-	3605,20	9012,99	14420,78	3000	9000	6000
	15000	0,25	25	67	67	13,59	882,44	2206,10	3132,66	13600	34000	54400	-	-	-	-	-	-	6013,83	15034,57	24055,32	3000	9000	6000
	15000	0,25	25	57	57	2,93		8184,64	12604,35	5600	14000	22400	-	-	-	-	-	-	3605,20	9012,99	14420,78	3000	9000	6000
	15000	0,25	25	36	36	0,12	72,56	181,40	337,40	-	-	-	-	-	-	893,37	2233,42	3573,47	1231,01	3077,53	4924,05	3000	9000	6000
	15000	0,25	25	34	34	0,09	10,17	25,42	47,79	-	-	-	-	-	-	796,21	1990,54	3184,86	1111,27	2778,16	4445,06	3000	9000	6000
	15000	0,25	25	40	40	0,22	374,54	936,34	1647,96	-	-	-	2249,37	5623,41	8997,46	1124,68	2811,71	4498,73	1510,61	3776,51	6042,42	3000	9000	6000

PARÁMETROS MACIZO ROCOSO ROCLAB

	SECCIÓN TIPO	RANGO RMR	GSI	D	mi	σci (MPa)	Ei (MPa)	γ (t/m3)	H (m)	mb	s	a	Em (GPa)	c´(MPa)	ϕ´ (º)
CS-5 Lutitas y areniscas	I	RMR>70	70	0	7	20	15000	2,600	69	2,398	0,0357	0,501	10992,21	0,856	47,06
	II	70>RMR>55	55	0	7	20	15000	2,600	69	1,403	0,0067	0,504	6124,21	0,442	44,49
	III	55>RMR>45	45	0	7	20	15000	2,600	69	0,982	0,0022	0,508	3354,75	0,321	41,94
	IV	45>RMR>20	20	0	7	20	15000	2,600	69	0,402	0,0001	0,544	685,07	0,159	32,84
	V	20>RMR>10	10	0	7	20	15000	2,600	69	0,281	4,54E-05	0,585	457,56	0,102	27,17
CS-5 Areniscas	I	RMR>70	70	0	10	50	17500	2,600	69	3,425	0,0357	0,501	12824,25	1,402	54,23
	II	70>RMR>55	55	0	10	50	17500	2,600	69	2,005	0,0067	0,504	7144,91	0,684	52,27
	III	55>RMR>45	45	0	10	50	17500	2,600	69	1,403	0,0022	0,508	3913,87	0,479	50,02
	IV	45>RMR>20	20	0	10	50	17500	2,600	69	0,574	1,00E-04	0,544	799,25	0,230	41,14
	V	20>RMR>10	10	0	10	50	17500	2,600	69	0,402	4,54E-05	0,585	533,82	0,148	35,05



RESUMEN PARÁMETROS DEL MACIZO ROCOSO ADOPTADOS EN CÁLCULOS

			C. ROTURA HOEK-BROWN			MOHR-COULOMB	
	RMR	Em (MPa)	mb	s	a	c´(MPa)	ϕ´(º)
CS-5 Lutitas y areniscas	55	6125	1,403	0,0067	0,504	0,440	44,50
	45	3355	0,982	0,0022	0,508	0,320	42,00
	20	685	0,402	0,0001	0,544	0,160	33,00
	10	457	0,281	4,54E-05	0,585	0,102	27,00
CS-5 Areniscas	55	7145	2,005	0,0067	0,504	0,684	52,30
	45	3915	1,403	0,0022	0,508	0,479	50,00
	20	800	0,574	1,00E-04	0,544	0,230	41,15
	10	530	0,402	4,54E-05	0,585	0,148	35,00

Estos valores son los considerados en los cálculos del análisis tensodeformacional. No se recogen los parámetros correspondientes a Q>10 (ST-I) ya que este caso no se ha analizado mediante este método sino mediante la estabilidad de bloques.

APÉNDICE Nº7.8:

Cálculos del Análisis Tensodeformacional. Túnel de Línea

Anejo nº7: Obras Subterráneas

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
euskal trenbide sarea
eptisa
FULCRUM

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Lutitas y areniscas RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	COBERTERA (m)	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)	COMENTARIOS
CS-5 Lutitas y areniscas	II	69	2,73E-03	7830	-	4301,20	17,94	
	III	69	5,21E-03	4940	-	9400,92	52,23	
	IV	69	3,05E-02	3680	127115,30	11003,97	184,00	Gunita fisurada (tracciones)
		59	2,48E-02	3440	102872,36	7683,23	184,00	
		40	1,49E-02	2830	128758,78	5310,88	168,13	Redistribución de esfuerzos gunita fisurada - cerchas
	V	69	6,60E-02	3330	138166,48	13902,26	184,00	
		59	5,04E-02	2860	274800,11	6918,01	184,00	Redistribución de esfuerzos gunita fisurada - cerchas
		40	2,84E-02	2100	60859,05	5980,12	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.	**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	-4,36	100,347	394,66	-0,59	0,00	0,00	0,00	0,00			-4,36	100,35	394,66	-0,59	4301,20	OK	-1612,53	OK
	Fase final	-4,34	82,001	232,96	-0,10	0,00	0,00	0,00	0,00			-4,34	82,00	232,96	-0,10	3424,01	OK	-1783,99	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.	**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	7,36	157,90	836,46	5,83	0,00	0,00	0,00	0,00			7,36	157,90	836,46	5,83	9400,92	OK	-1750,83	OK
	Fase final	7,16	156,81	542,63	-0,86	0,00	0,00	0,00	0,00			7,16	156,81	542,63	-0,86	4881,08	OK	-1676,58	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 **COBERTERA MÁXIMA (69 m)**

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.	**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	-53,22	450,81	1608,04	-15,40	-4,91	80,46	286,99	-1,42	127115,30	OK	-42184,06	OK	-48,31	370,36	1321,05	-13,98	11003,97	OK	-6888,90	Rotura
	Fase final	-53,22	450,81	1407,06	-1,91	-4,91	80,46	251,12	-0,18	101781,62	OK	-42184,06	OK	-48,31	370,36	1155,94	-1,73	11003,97	OK	-6888,90	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:								Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				58,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-25,20	236,01	841,83	-7,29	456907,61	Plastifica	-282088,09	Rotura	-28,02	214,81	766,21	-8,11	6382,30	OK	-3995,56	OK
	Fase final					-25,20	236,01	736,61	-0,90	456907,61	Plastifica	-282088,09	Rotura	-28,02	214,81	670,44	-1,00	6382,30	OK	-3995,56	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 **COBERTERA 59 m**

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.	**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	-32,60	424,97	1397,42	-7,77	-3,01	75,84	249,40	-0,72	102872,36	OK	-16002,92	OK	-29,59	349,12	1148,02	-7,05	7683,23	OK	-3540,59	OK
	Fase final	-32,56	422,94	1317,33	-1,71	-3,00	75,48	235,10	-0,16	89381,81	OK	-16082,60	OK	-29,56	347,46	1082,23	-1,55	7403,76	OK	-3543,10	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 **COBERTERA 40 m**

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. **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	-32,34	170,83	1071,83	-0,36	-2,98	30,49	191,29	-0,03	71333,83	OK	-32449,93	OK	-29,36	140,34	880,54	-0,33	6216,11	OK	-4656,79	Rotura
	Fase final	-32,33	178,20	1048,12	-3,48	-2,98	31,80	187,06	-0,32	73982,17	OK	-31948,85	OK	-29,35	146,40	861,06	-3,16	6248,09	OK	-4621,44	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:								Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				85,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-7,39	51,54	323,37	-0,08	127397,55	OK	-89221,14	OK	-24,95	119,29	748,46	-0,28	5283,69	OK	-3958,27	OK
	Fase final					-7,38	53,76	316,22	-0,79	128758,78	OK	-88363,45	OK	-24,95	124,44	731,90	-2,68	5310,88	OK	-3928,23	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 **COBERTERA MÁXIMA (69 m)**

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.	**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	-203,91	1182,45	1481,67	-79,47	-40,33	283,41	355,13	-15,72	138166,48	OK	-51363,32	OK	-163,58	899,03	1126,54	-63,76	13902,26	OK	-7908,71	Rotura
	Fase final	-203,91	1182,45	1396,61	-155,24	-40,33	283,41	334,74	-30,70	138166,48	OK	-51363,32	OK	-163,58	899,03	1061,87	-124,54	13902,26	OK	-7908,71	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:								Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				50,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-122,12	732,93	918,40	-47,60	399203,61	Plastifica	-174723,17	OK	-81,79	449,52	563,27	-31,88	6951,13	OK	-3954,35	OK
	Fase final					-122,12	732,93	865,68	-92,97	399203,61	Plastifica	-174723,17	OK	-81,79	449,52	530,93	-62,27	6951,13	OK	-3954,35	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 **COBERTERA 59 m**

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.	**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	-164,40	933,43	1338,47	-3,74	-32,51	223,73	320,81	-0,74	110664,46	OK	-42141,68	OK	-131,89	709,70	1017,66	-3,00	11158,08	OK	-6426,75	Rotura
	Fase final	-164,40	933,43	1246,71	-147,22	-32,51	223,73	298,82	-29,12	114178,92	OK	-42141,68	OK	-131,89	709,70	947,90	-118,10	11158,08	OK	-6426,75	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:								Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				62,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-82,63	493,41	707,52	-1,88	269731,88	OK	-118610,01	OK	-81,77	440,01	630,95	-1,86	6918,01	OK	-3984,58	OK
	Fase final					-82,63	493,41	659,02	-74,00	274800,11	Plastifica	-118610,01	OK	-81,77	440,01	587,70	-73,22	6918,01	OK	-3984,58	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 **COBERTERA 40 m**

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.	**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	-83,11	605,77	1097,84	-11,67	-16,44	145,19	263,13	-2,31	60859,05	OK	-16389,84	OK	-66,67	460,57	834,71	-9,36	5980,12	OK	-2909,63	OK
	Fase final	-83,11	605,77	1042,06	-8,50	-16,44	145,19	249,77	-1,68	60859,05	OK	-16389,84	OK	-66,67	460,57	792,30	-6,82	5980,12	OK	-2909,63	OK

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-II, CS-5 Lutitas y Areniscas

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	77,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

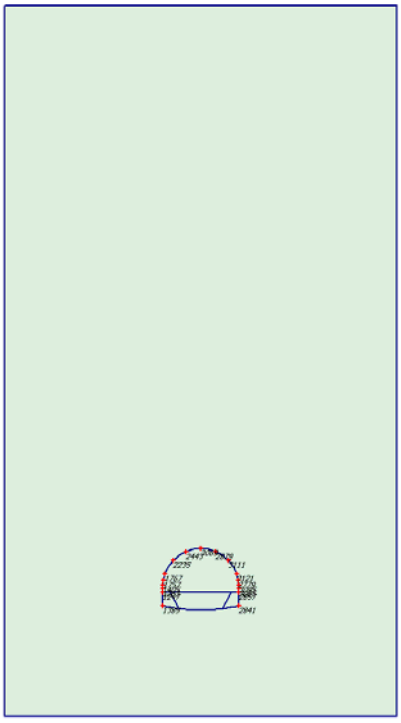


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

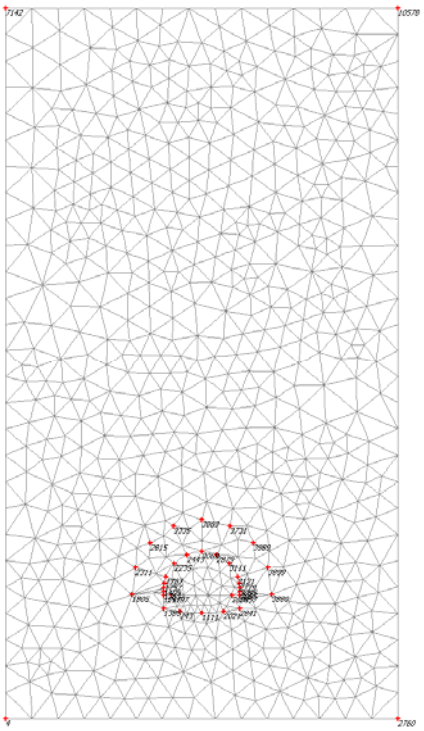


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

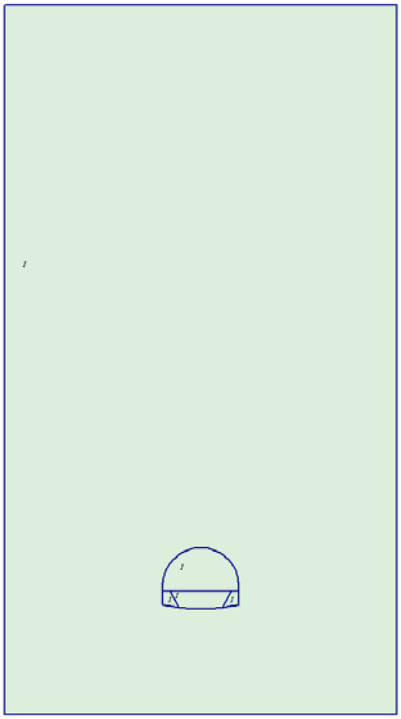


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas y areniscas RMR_55**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00
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]	6125000,000
ν	[-]	0,250
G_{ref}	[kN/m²]	2450000,000
E_{oed}	[kN/m²]	7350000,000
c_{ref}	[kN/m²]	440,00
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	6
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	7	25
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	26	29
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	30	31
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	32	34
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	35	36

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

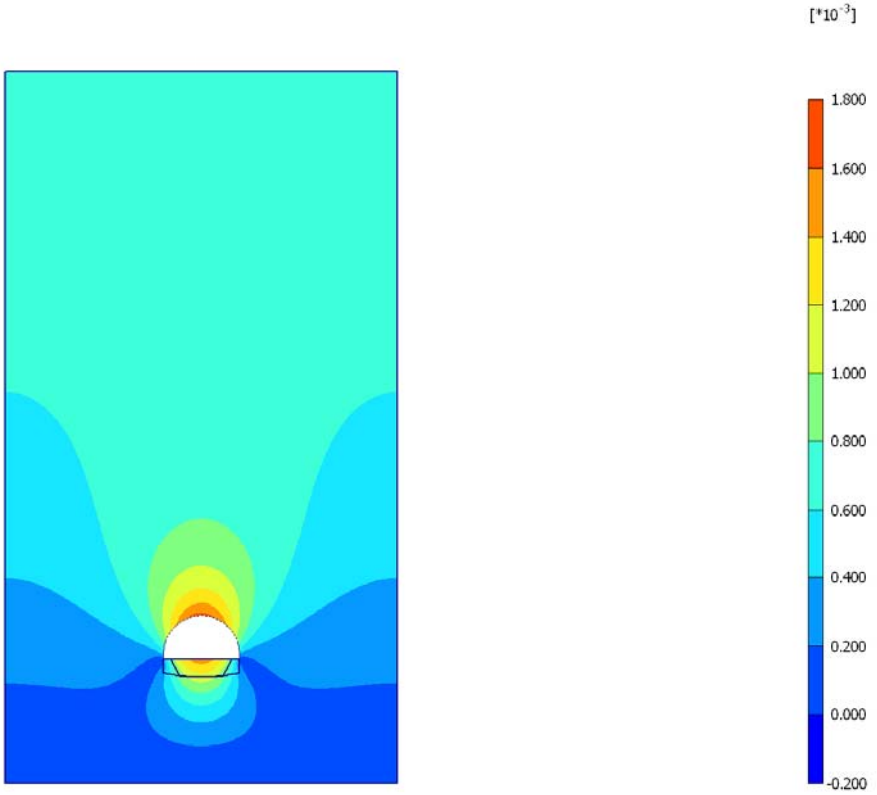


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

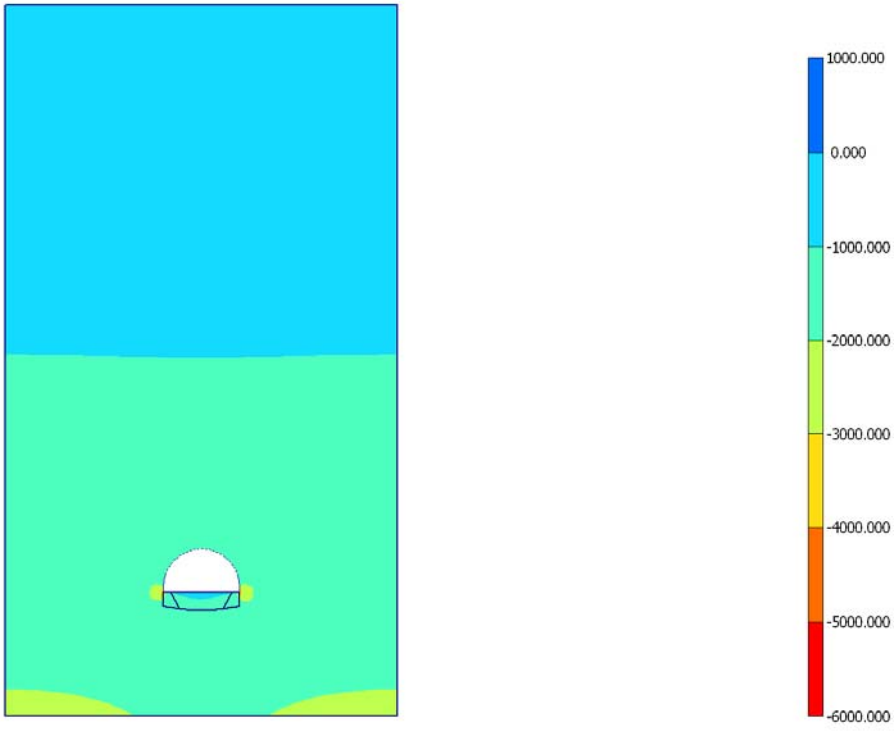


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

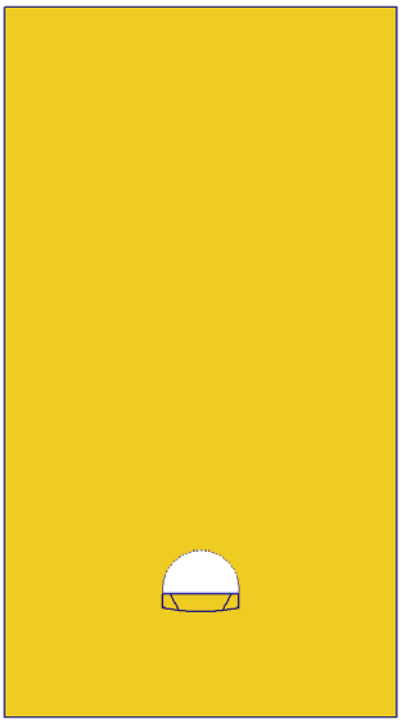


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

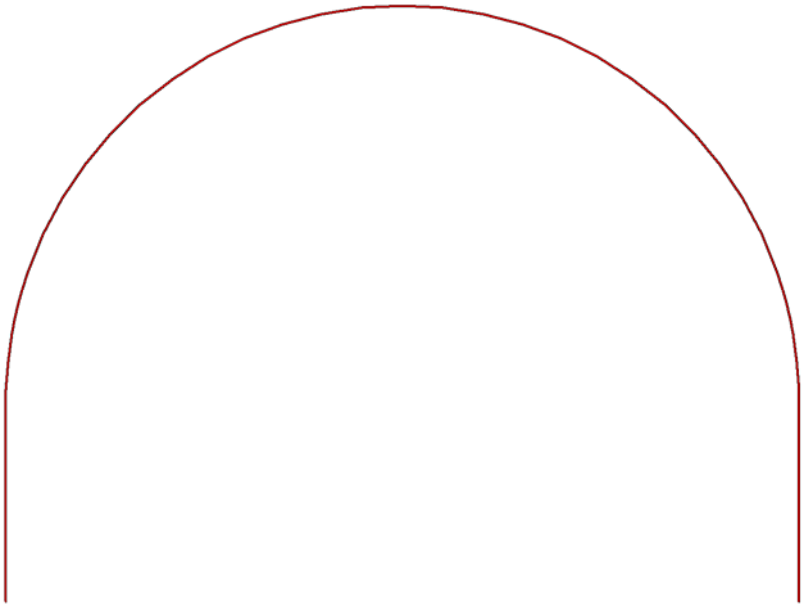


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

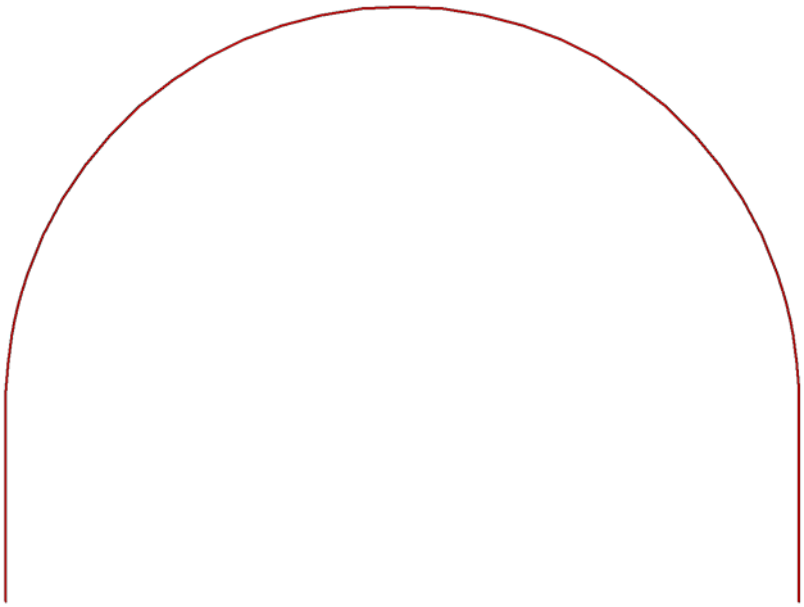


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

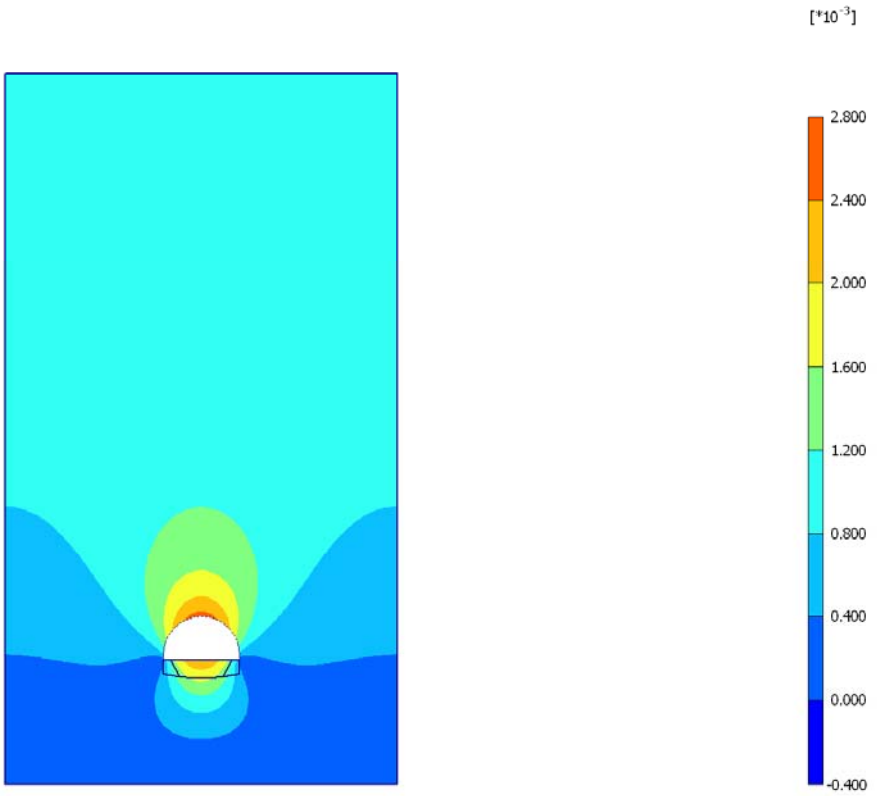


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 6 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

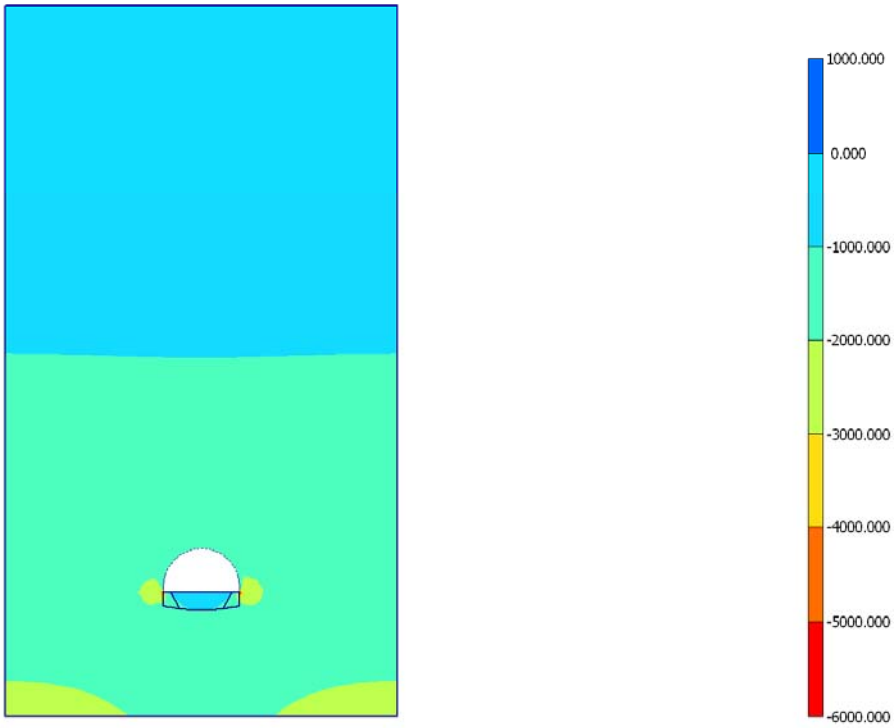


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 6 - (Phase: 2)

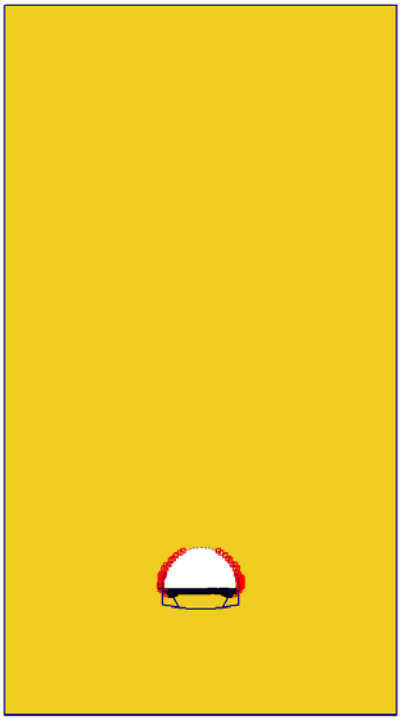


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 6 - (Phase: 2)

7.3 *7.6. Structures*

7.3.1 Beams

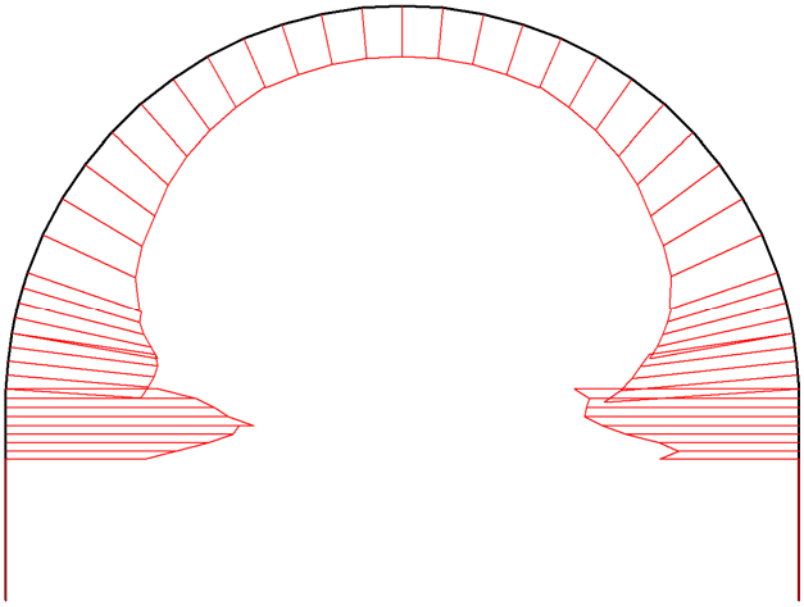


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -501,47 kN/m (Phase: 2)

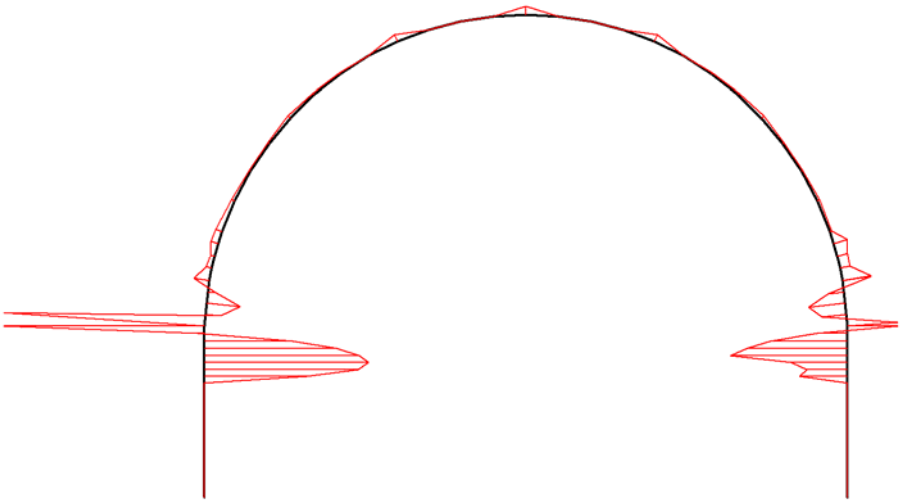


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value -2,36 kNm/m (Phase: 2)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	5,421	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	6,325	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	6,634	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	6,852	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	7,027	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	6,856	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	6,645	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	6,288	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	4,690	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

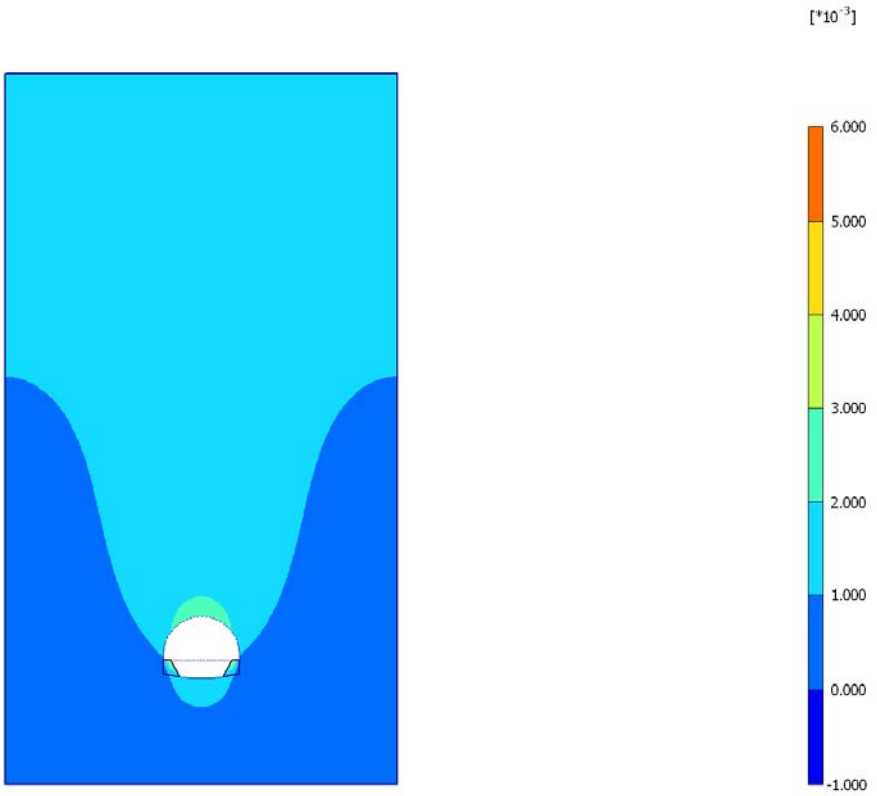


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 25 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

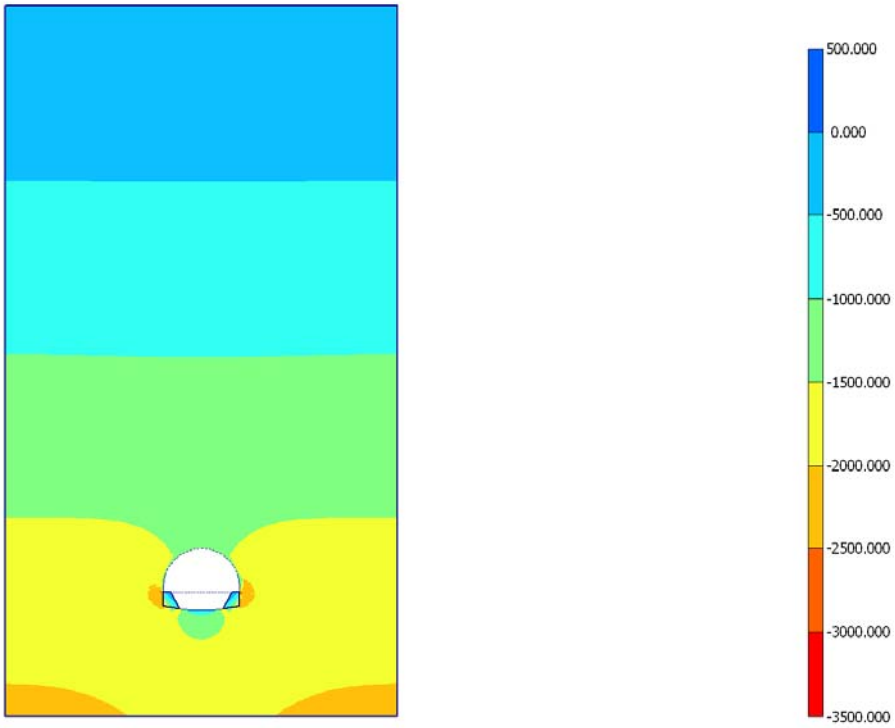


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 25 - (Phase: 3)

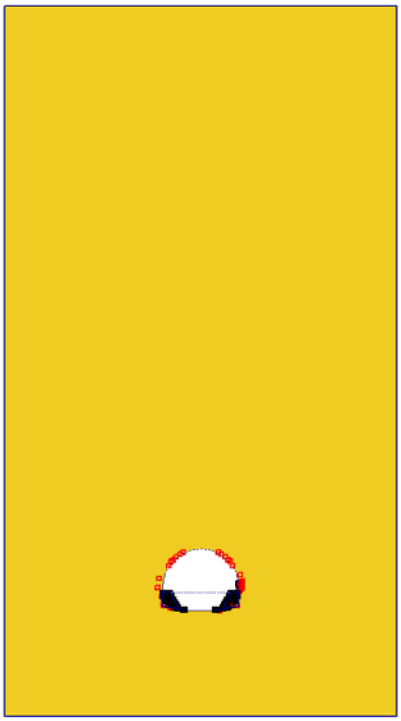


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 25 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

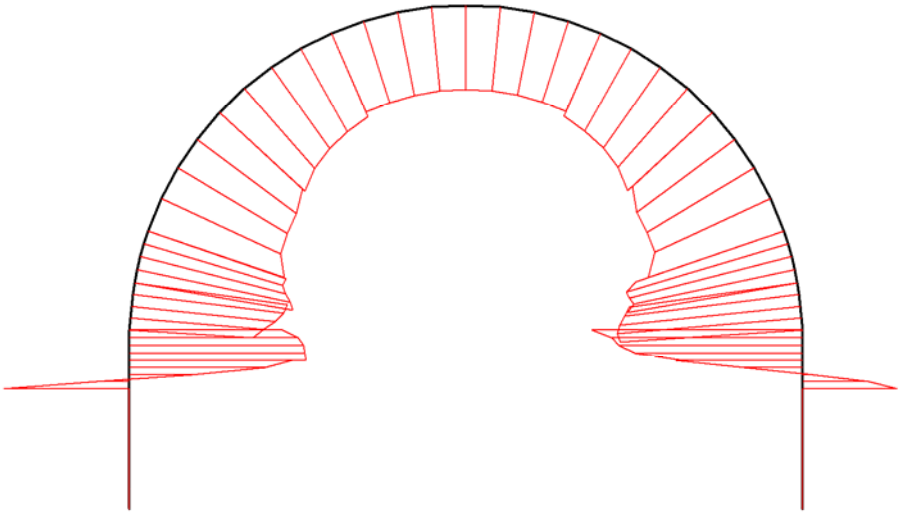


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -351,45 kN/m (Phase: 3)

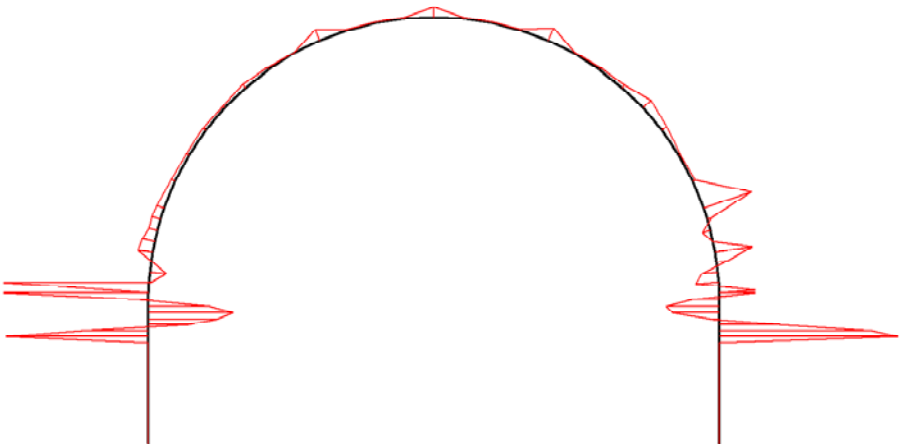


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value -2,81 kNm/m (Phase: 3)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	12,163	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	7,694	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	6,983	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	6,861	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	6,985	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	6,875	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	7,038	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	7,741	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	11,511	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

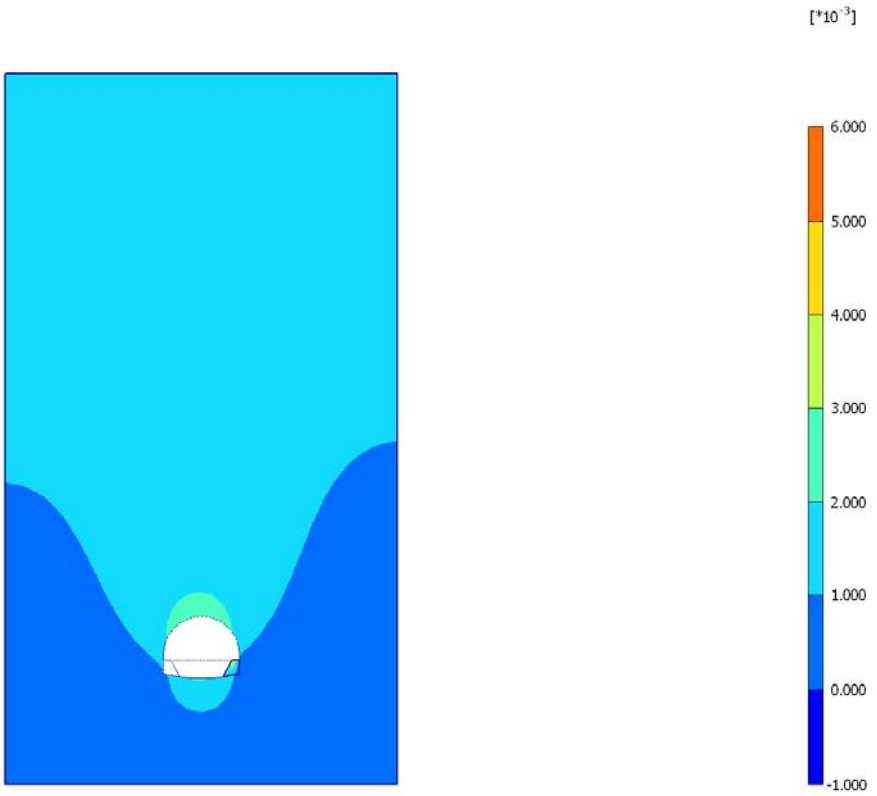


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 29 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

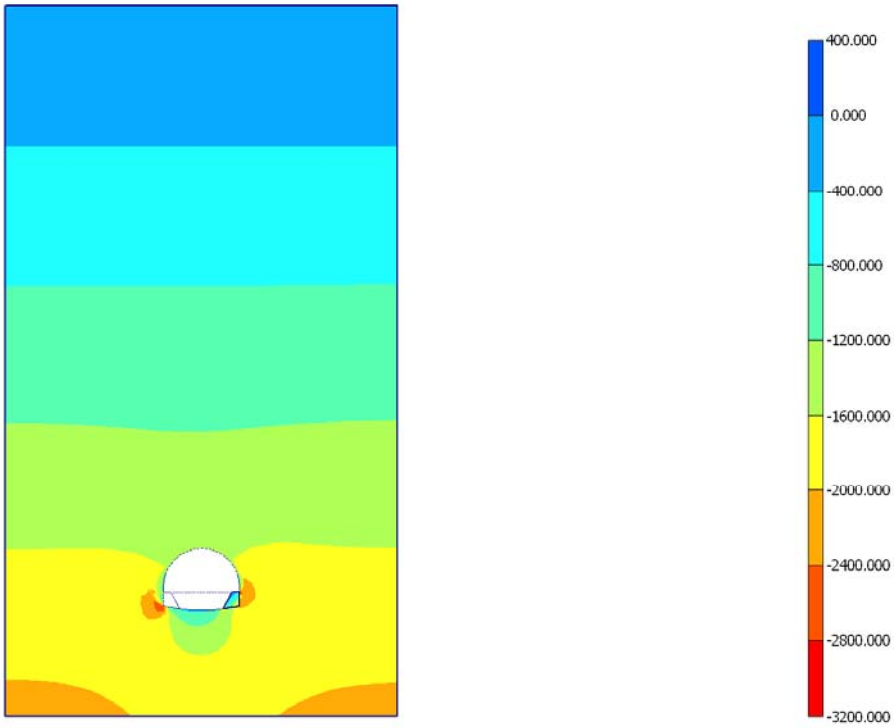


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 29 - (Phase: 4)

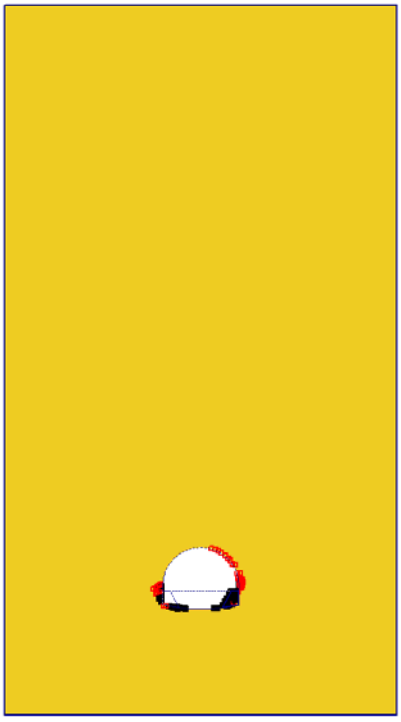


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 29 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

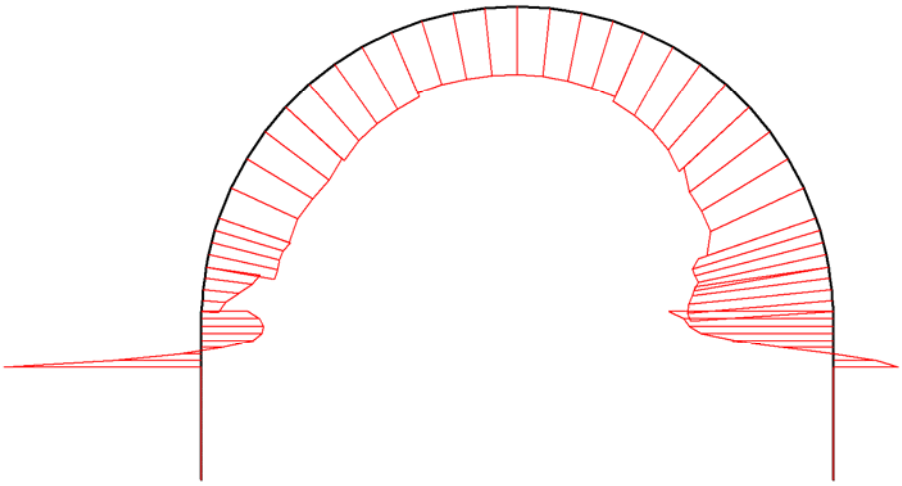


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value 440,27 kN/m (Phase: 4)

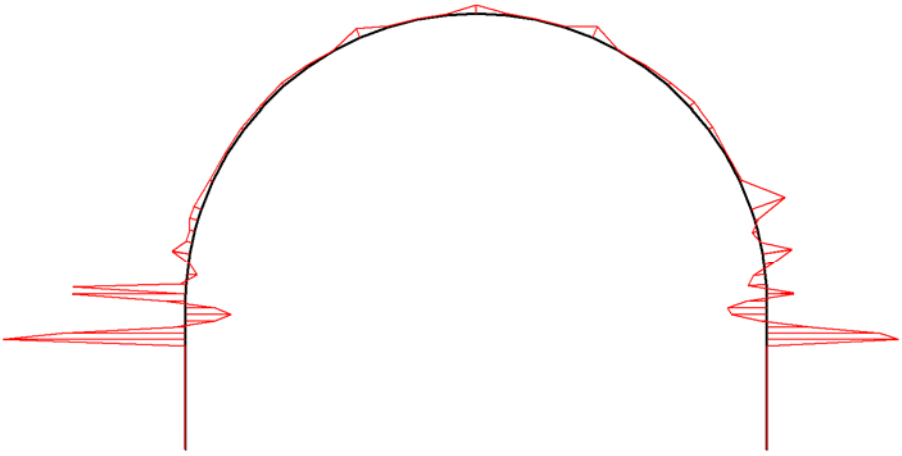


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -3,84 kNm/m (Phase: 4)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	17,374	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	9,228	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	7,515	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	7,043	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	7,042	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	6,889	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	7,074	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	7,746	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	11,537	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

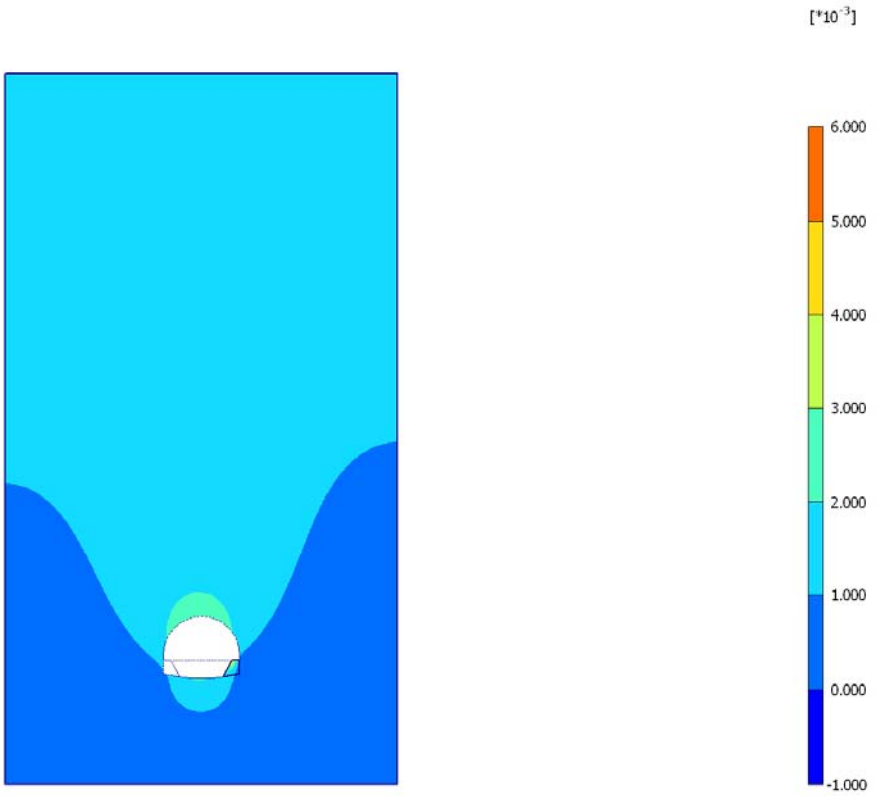


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 31 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

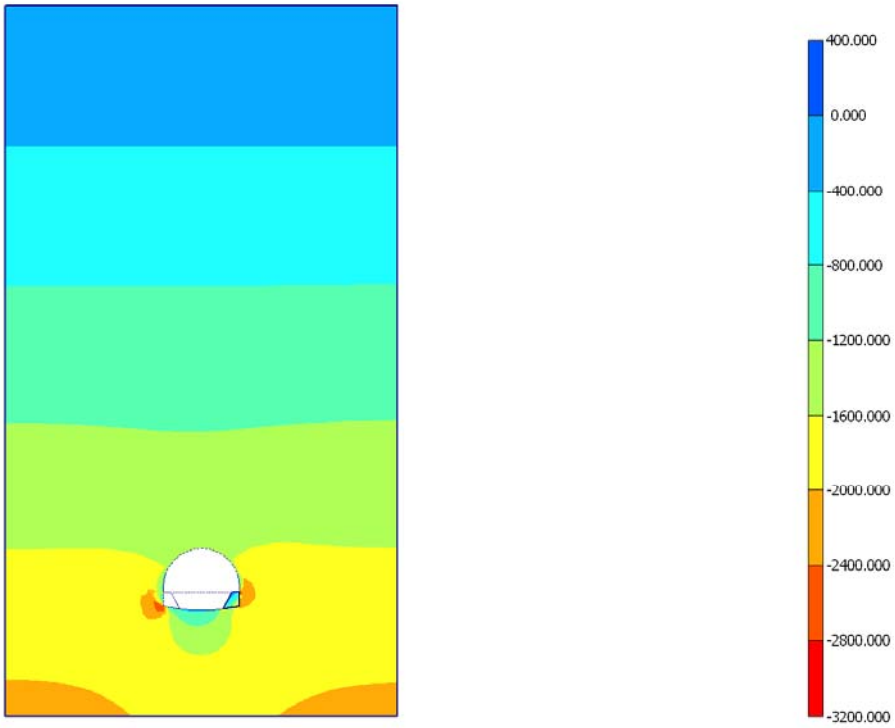


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 31 - (Phase: 5)

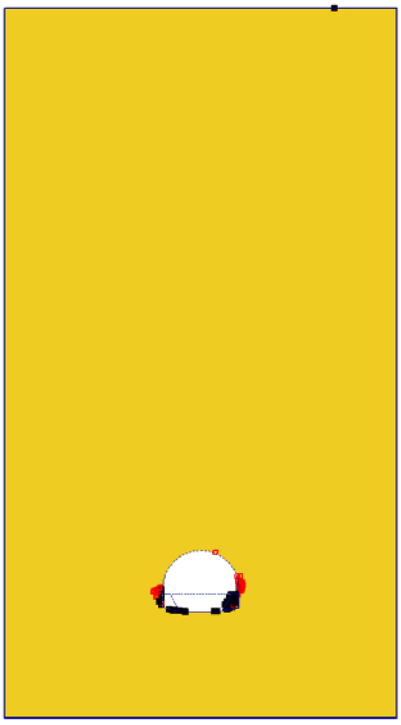


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 31 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

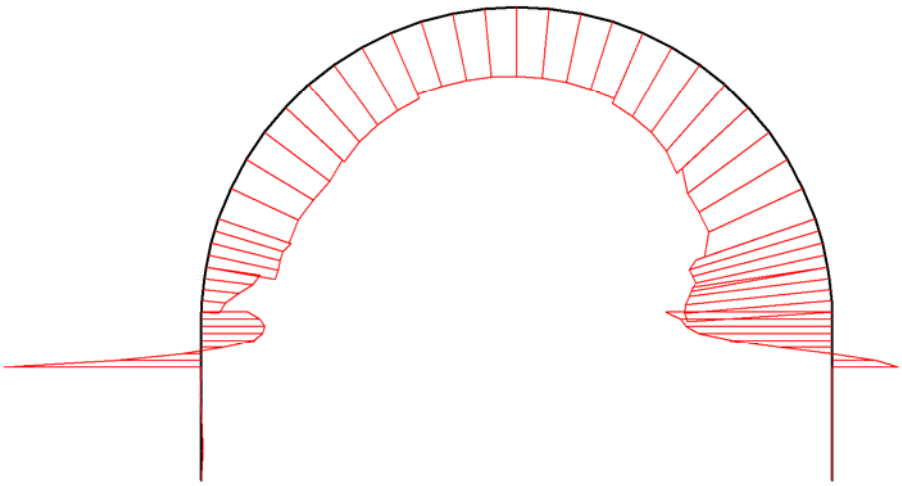


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value 433,81 kN/m (Phase: 5)

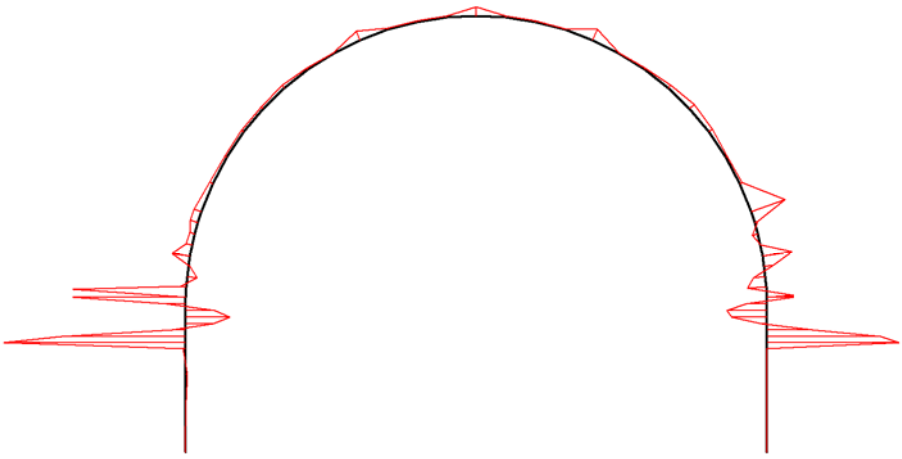


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -3,83 kNm/m (Phase: 5)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	17,436	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	9,233	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	7,519	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	7,044	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	7,043	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	6,889	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	7,074	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	7,746	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	11,538	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

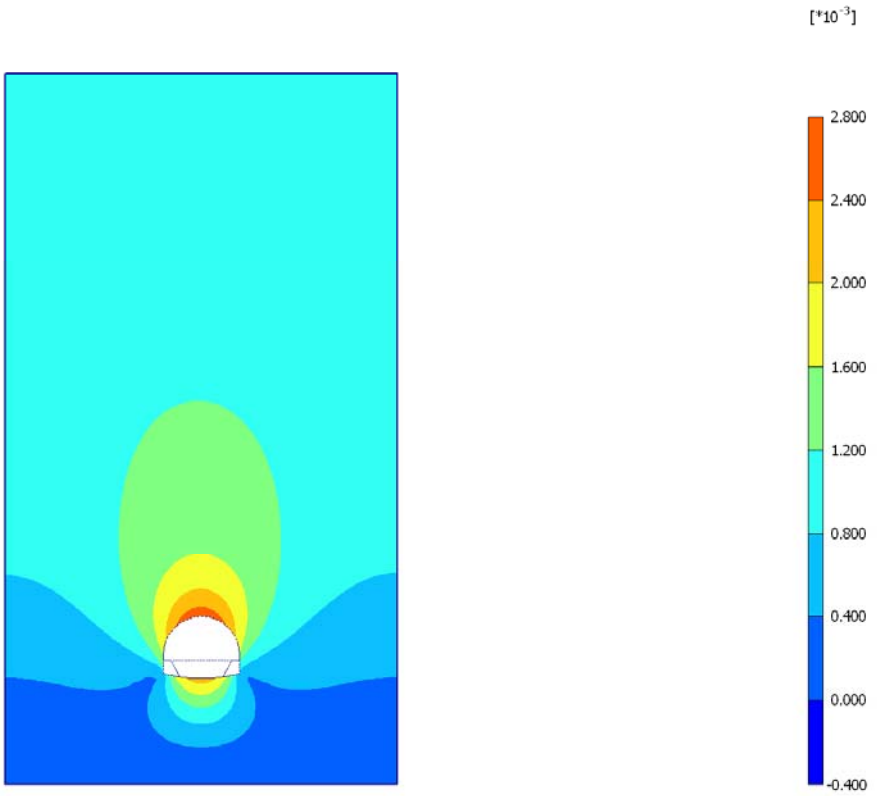


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 34 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

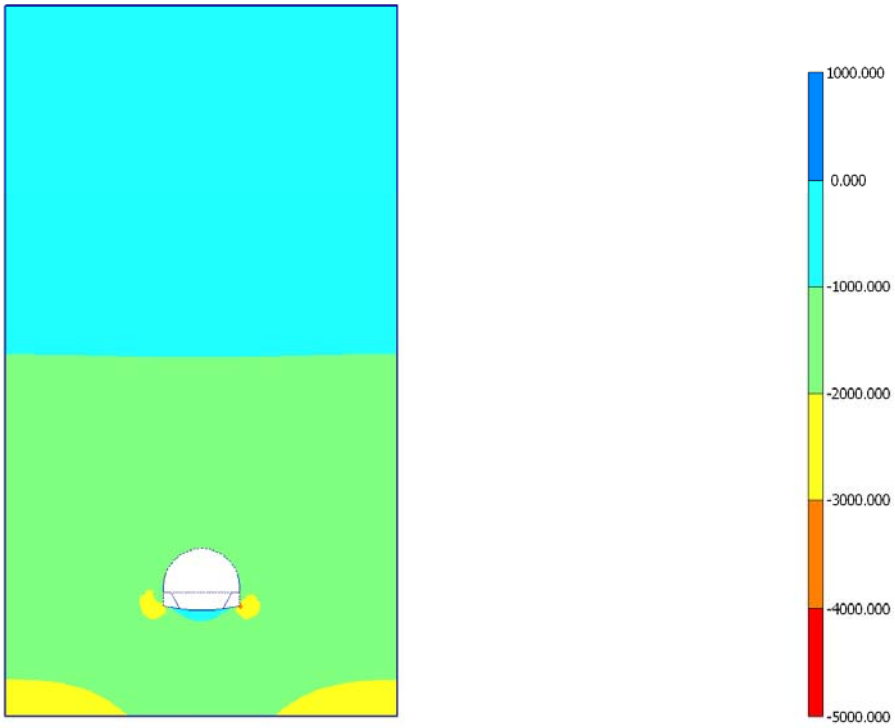


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 34 - (Phase: 6)

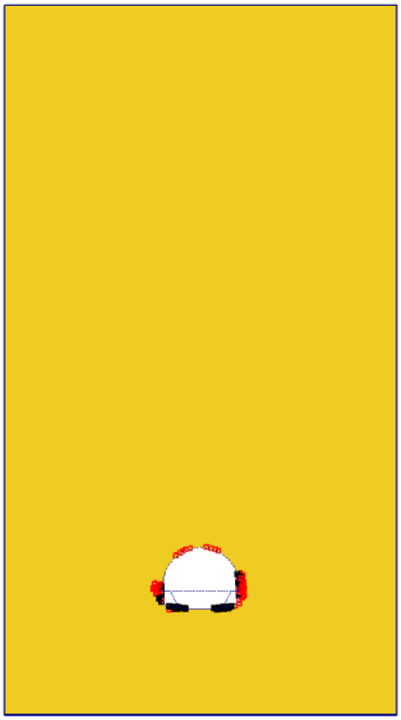


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 34 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

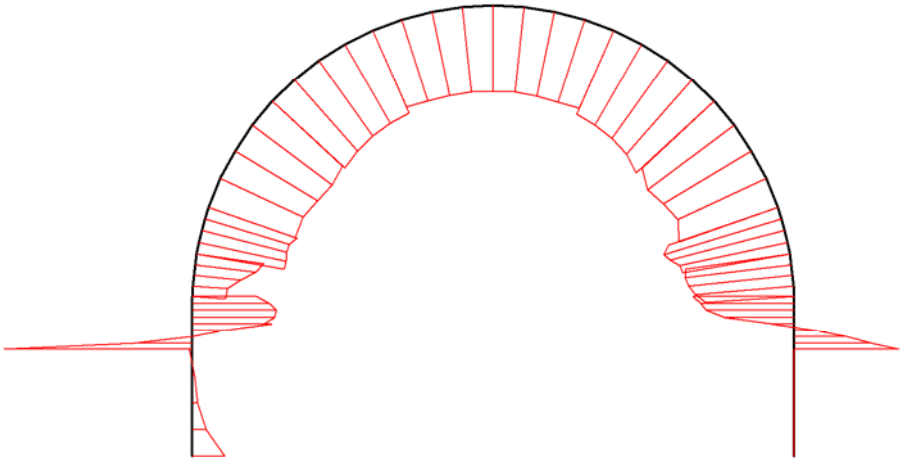


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value 358,19 kN/m (Phase: 6)

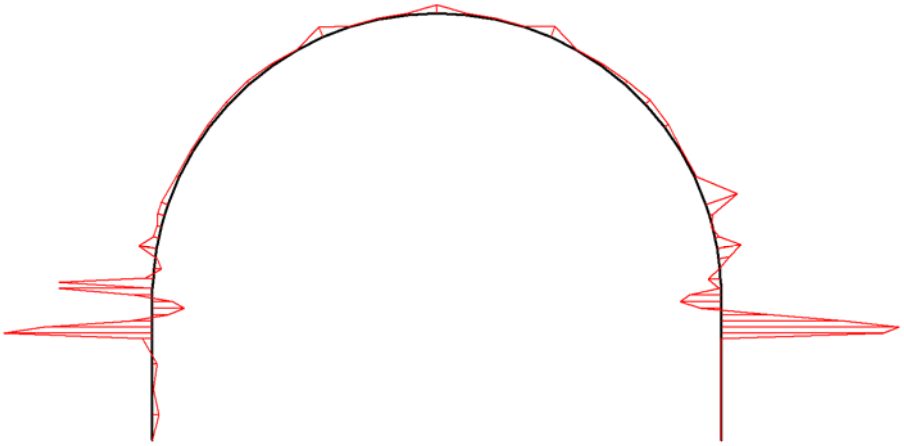


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -4,36 kNm/m (Phase: 6)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	17,941	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	9,264	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	7,532	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	7,059	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	7,088	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	7,035	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	7,508	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	9,054	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	16,188	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

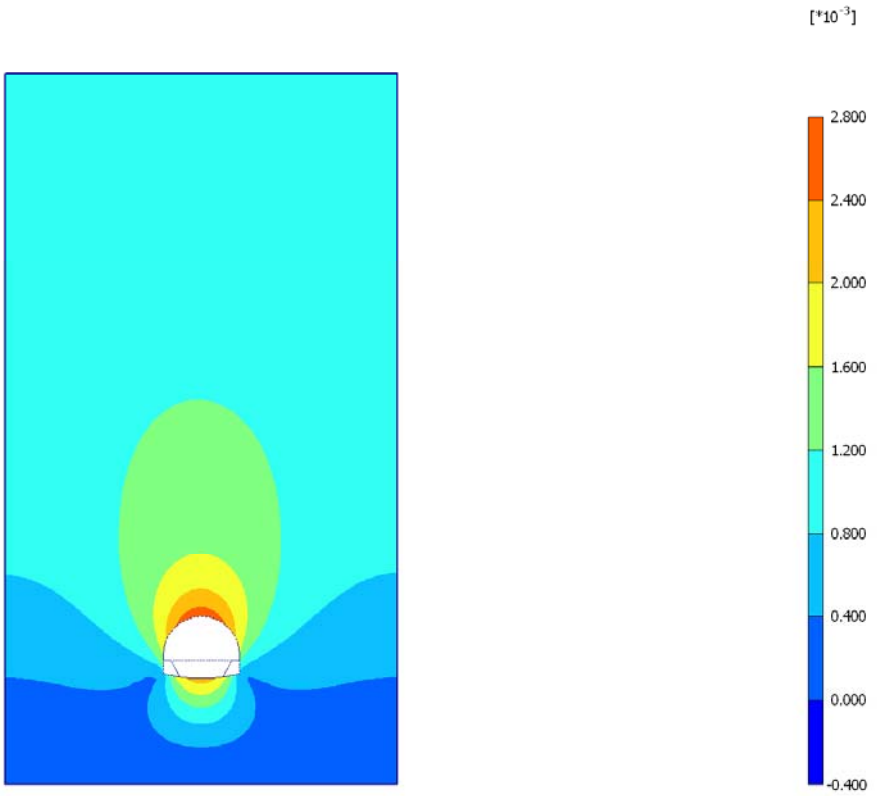


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

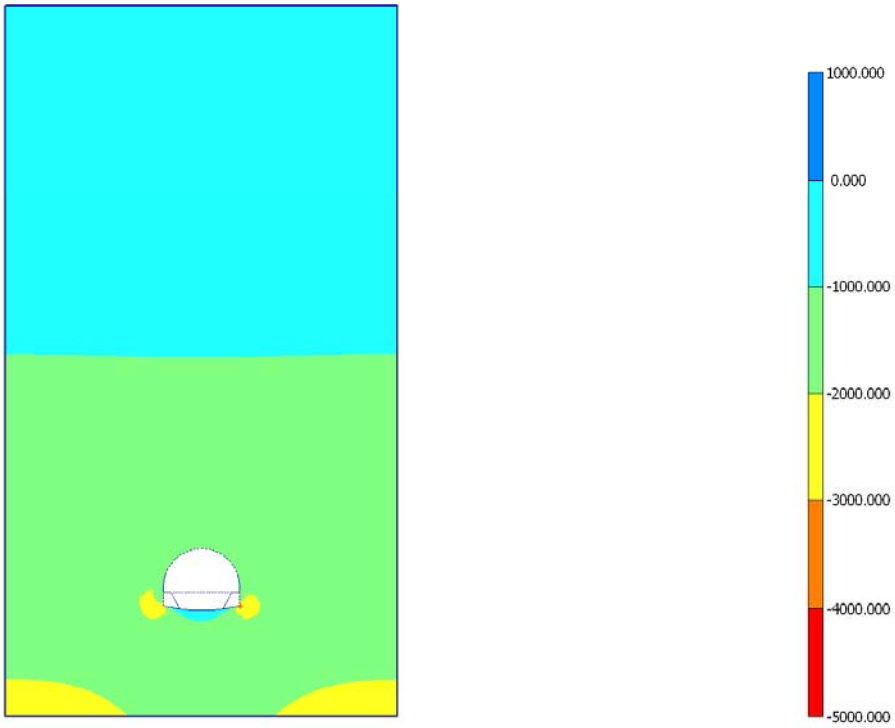


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 36 - (Phase: 7)

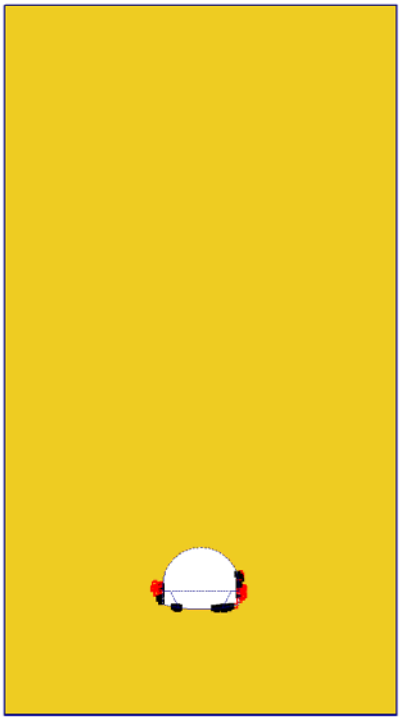


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 36 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

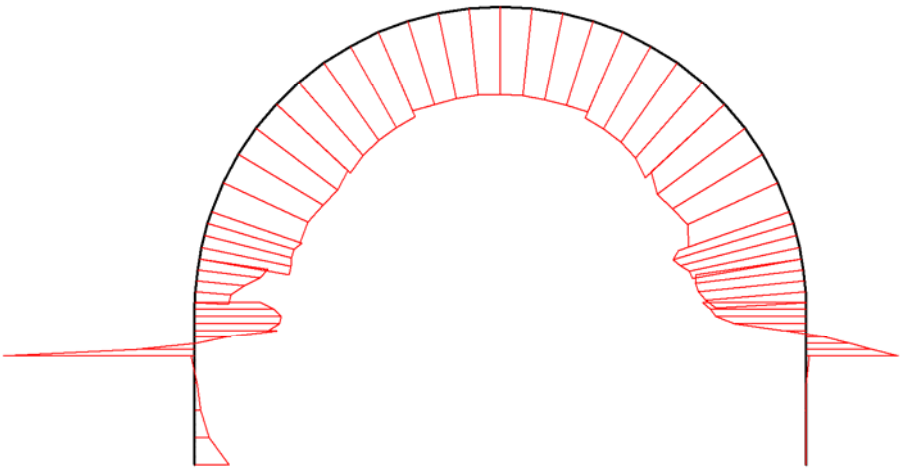


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value 355,32 kN/m (Phase: 7)

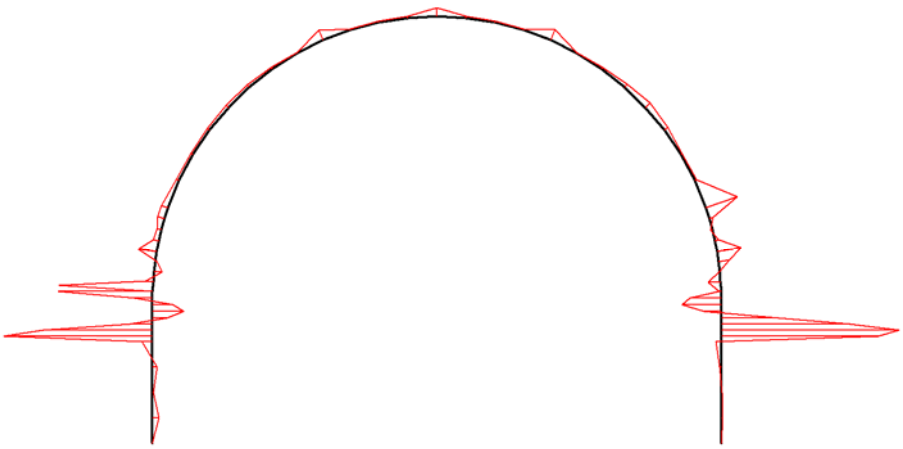


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -4,34 kNm/m (Phase: 7)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	17,959	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	9,265	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	7,533	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	7,060	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	7,088	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	7,037	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	7,512	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	9,066	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	16,224	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-III, CS-5 Lutitas y Areniscas

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	77,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

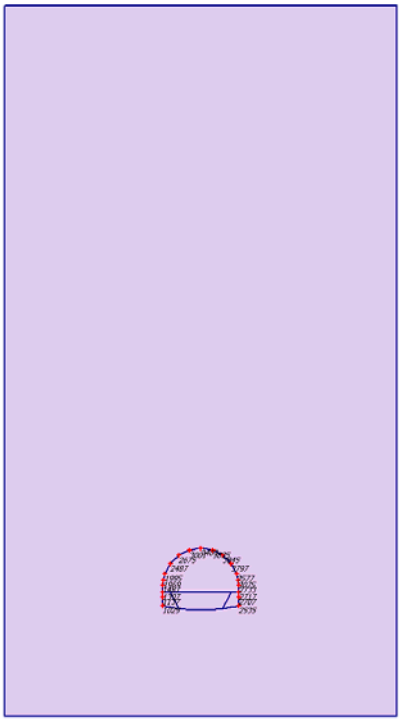


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

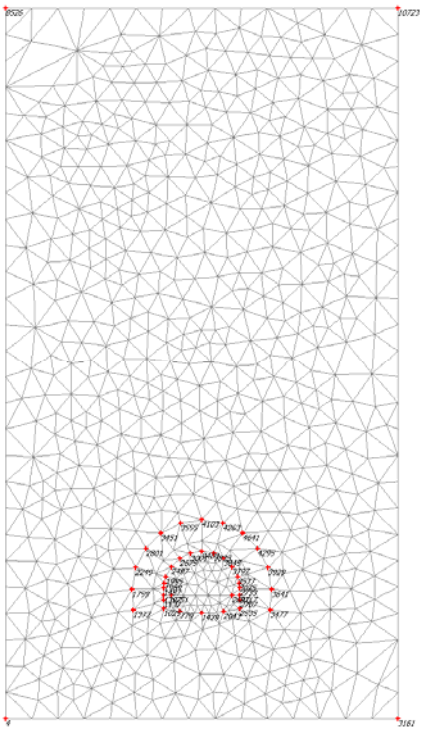


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

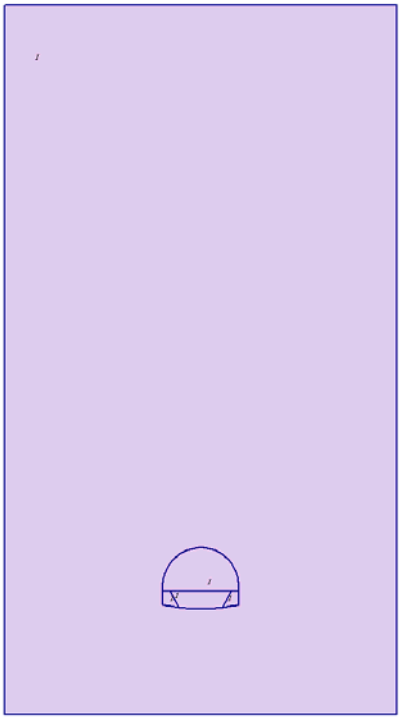


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas y areniscas RMR_45**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00
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]	3355000,000
ν	[-]	0,250
G_{ref}	[kN/m²]	1342000,000
E_{oed}	[kN/m²]	4026000,000
c_{ref}	[kN/m²]	320,00
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	8
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	9	25
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	26	30
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	31	32
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	33	43
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	44	48

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

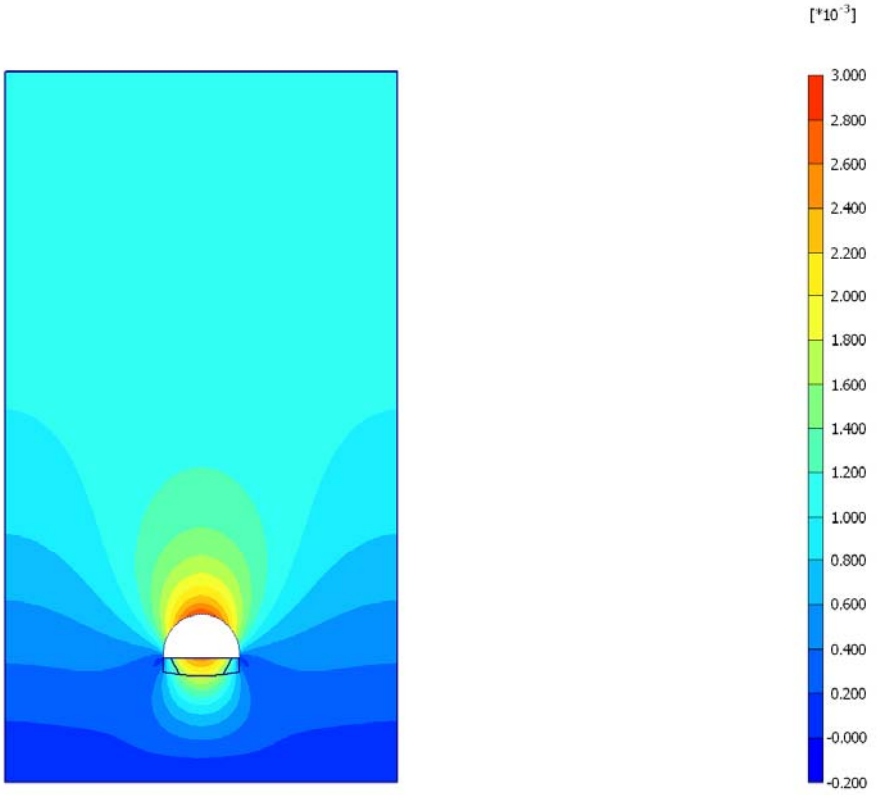


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

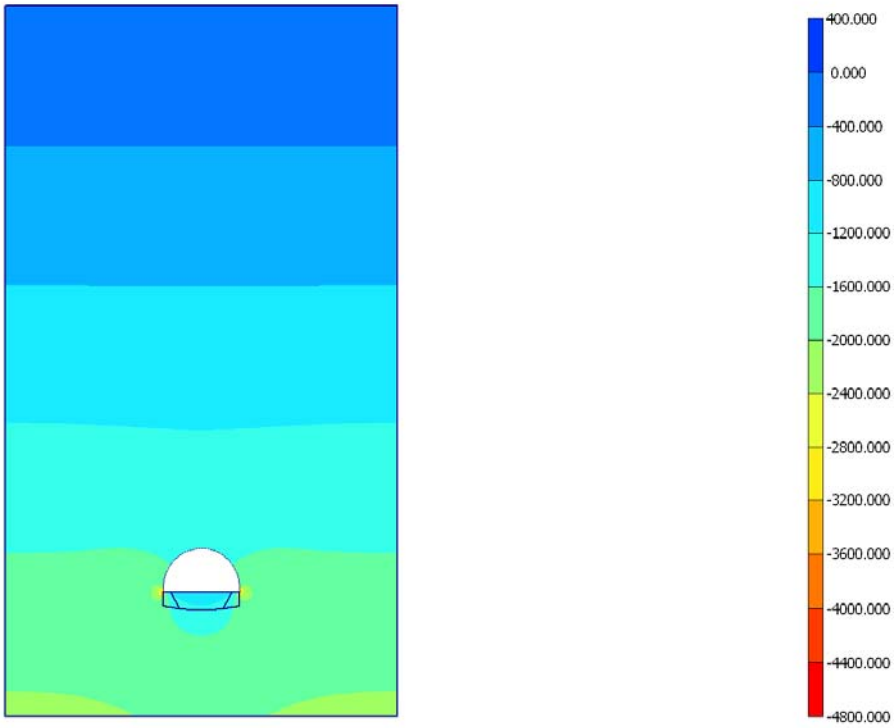


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

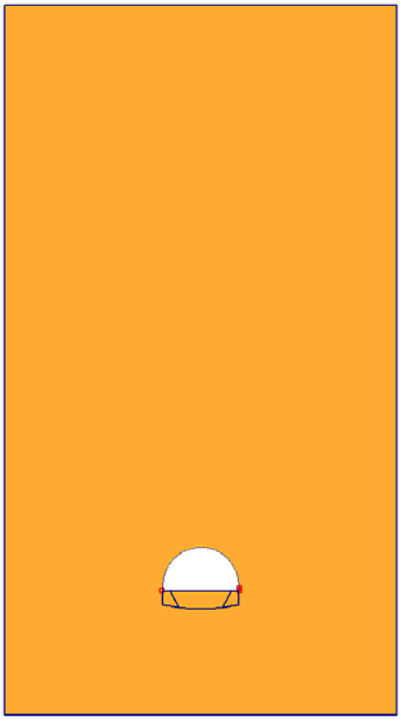


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

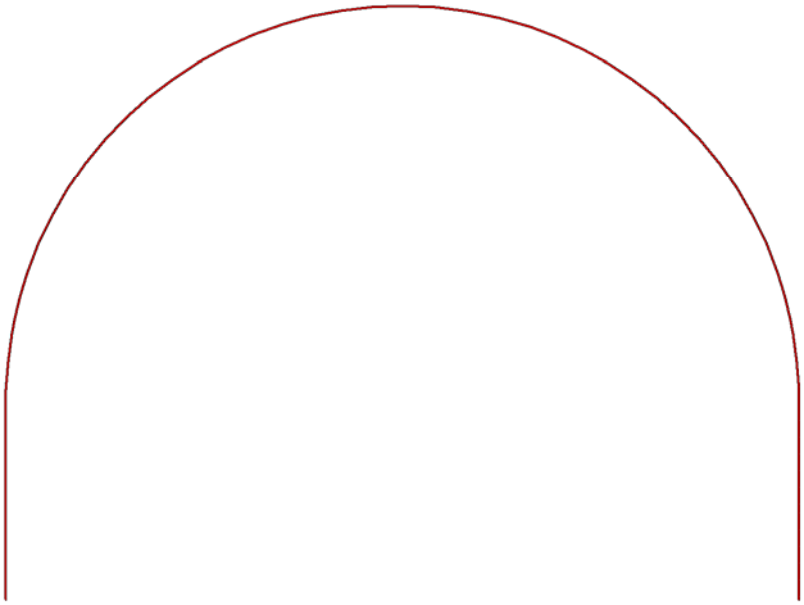


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

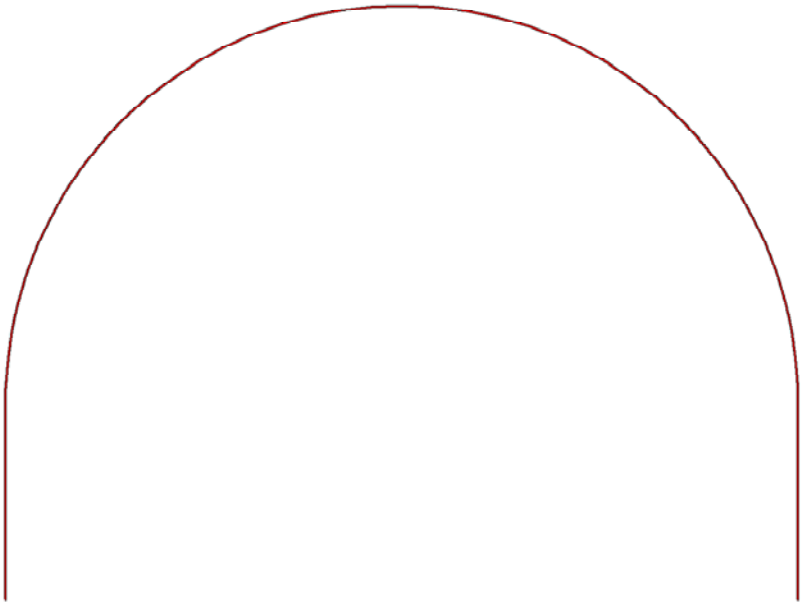


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

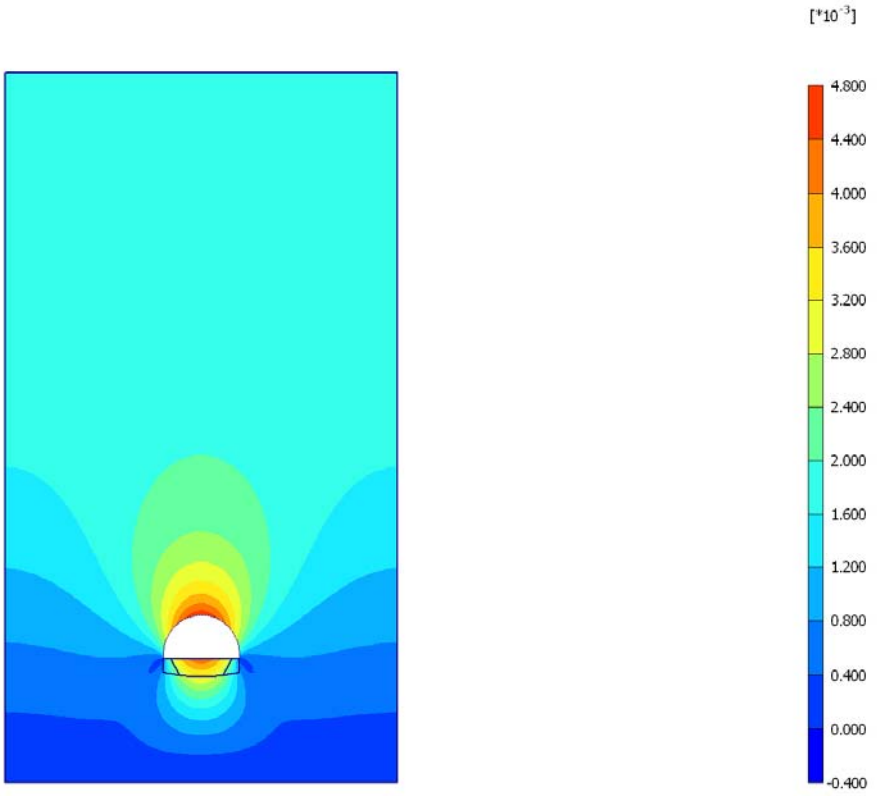


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

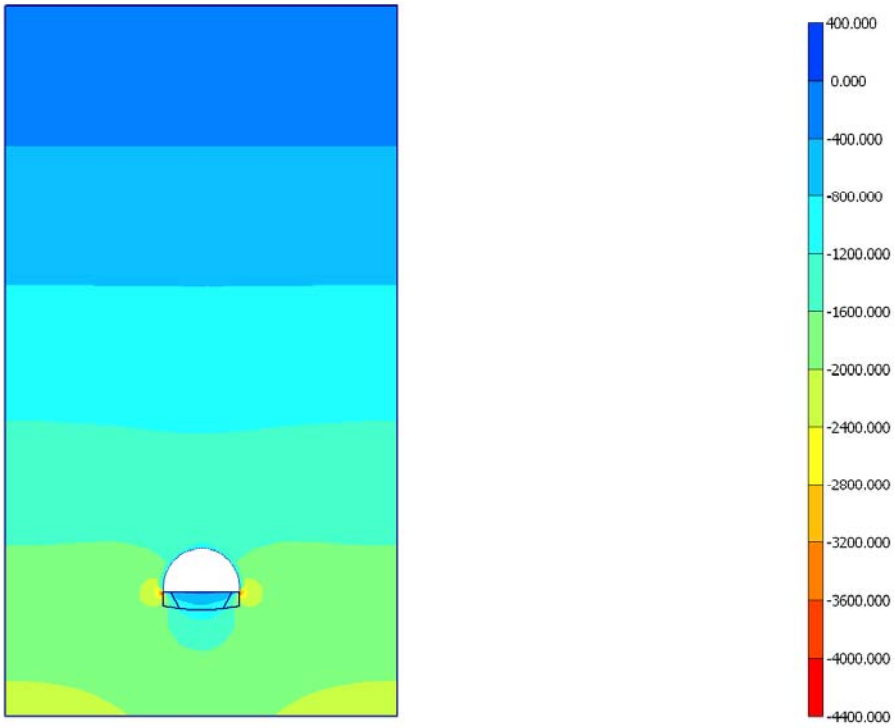


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 2)

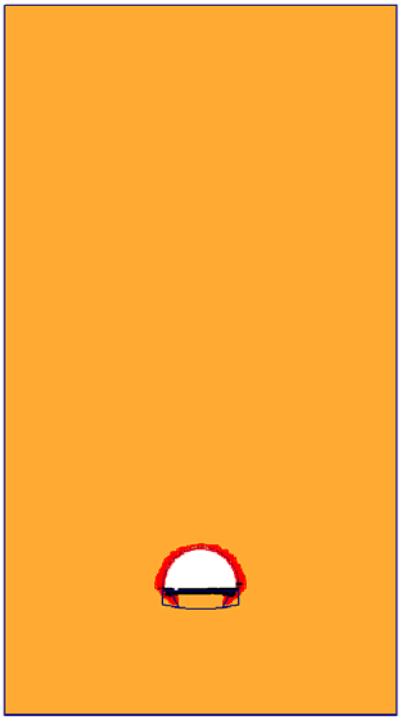


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 8 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

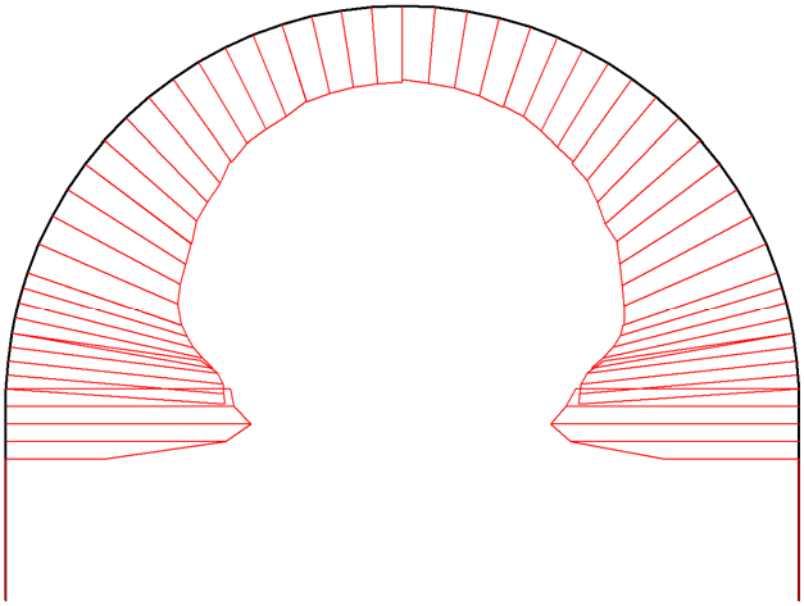


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -836,46 kN/m (Phase: 2)

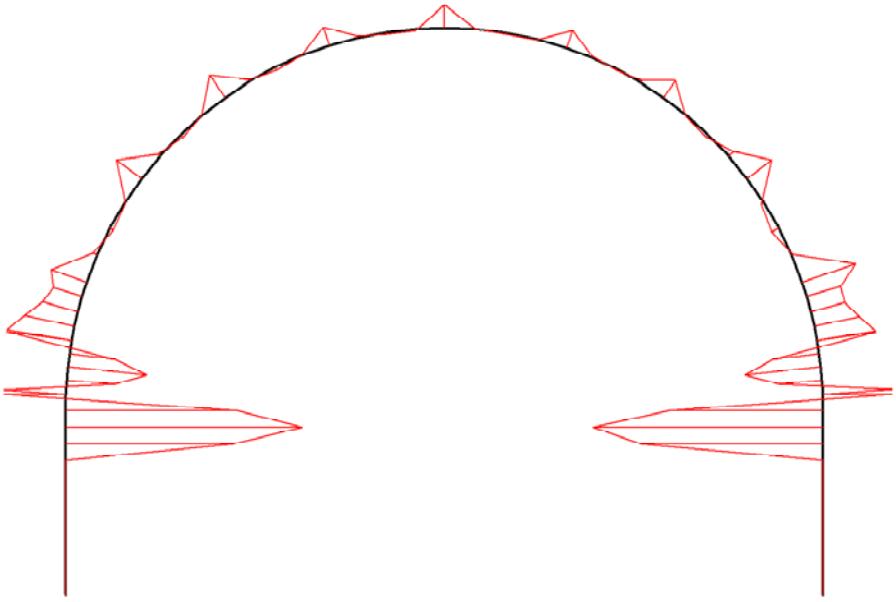


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value 6,01 kNm/m (Phase: 2)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	19,082	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	14,044	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	14,254	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	14,096	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	14,297	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	14,383	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	14,301	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	14,159	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	14,255	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	13,787	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	18,903	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

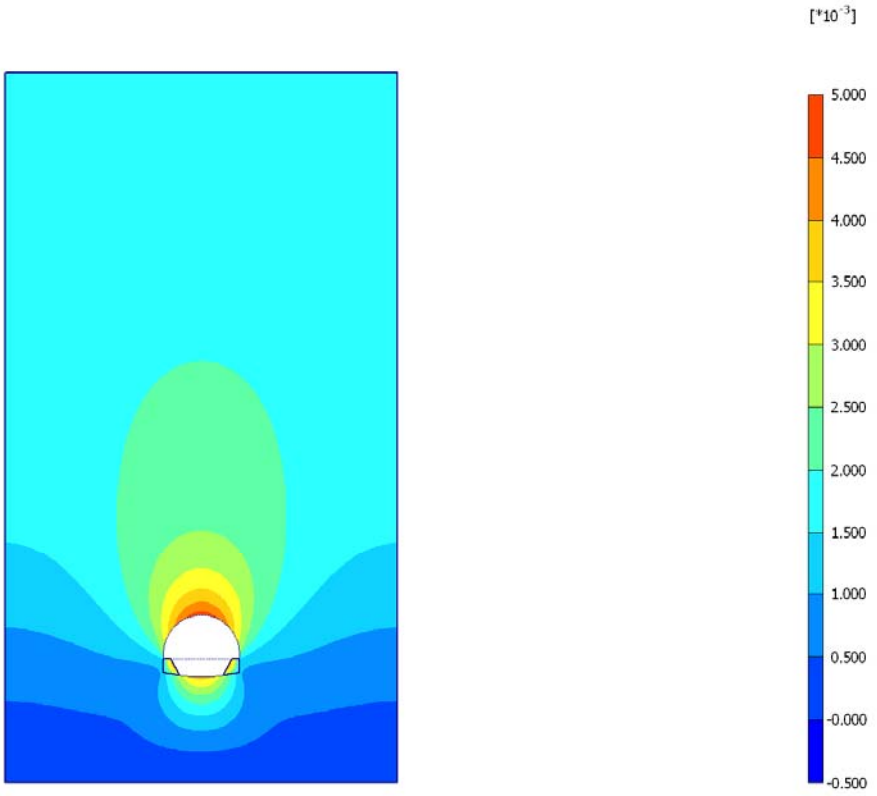


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 25 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

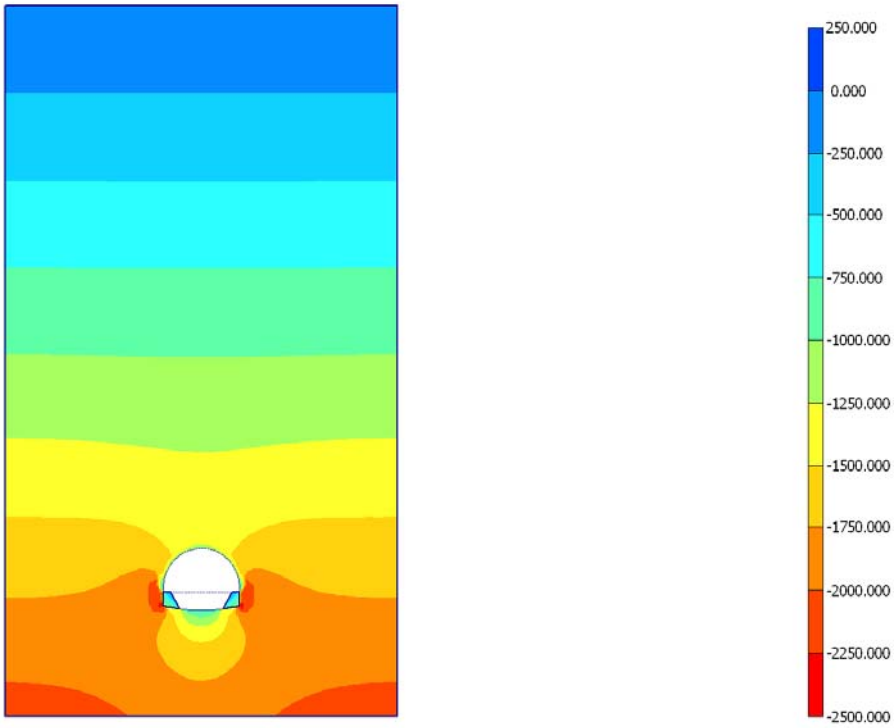


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 25 - (Phase: 3)

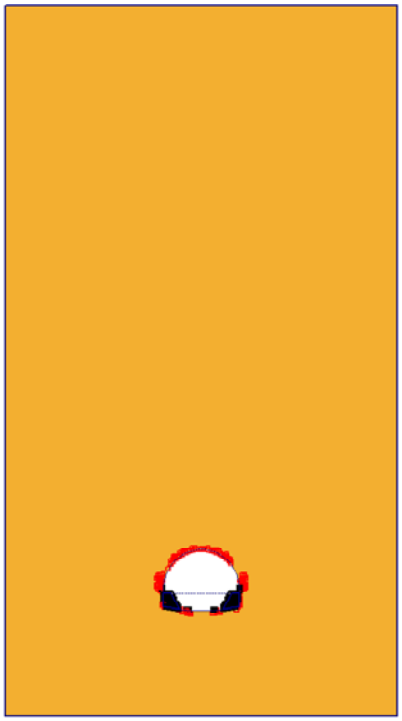


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 25 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

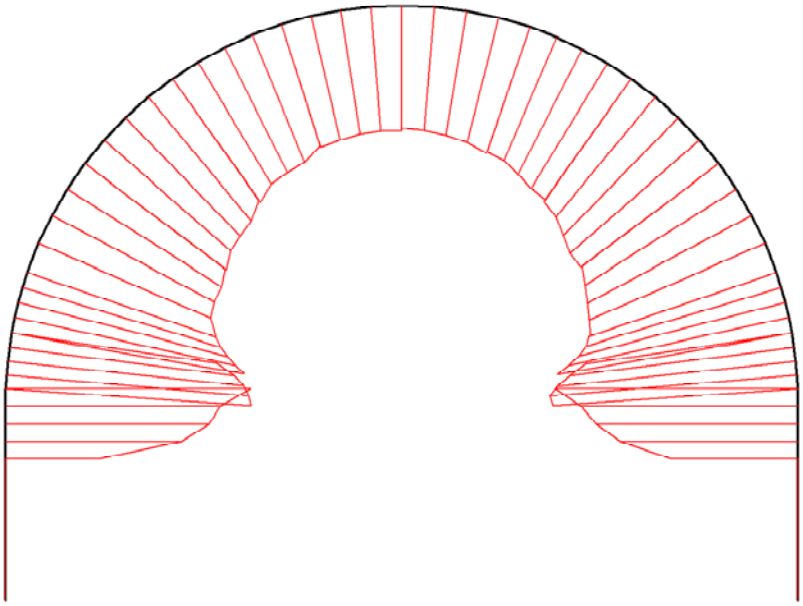


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -685,66 kN/m (Phase: 3)

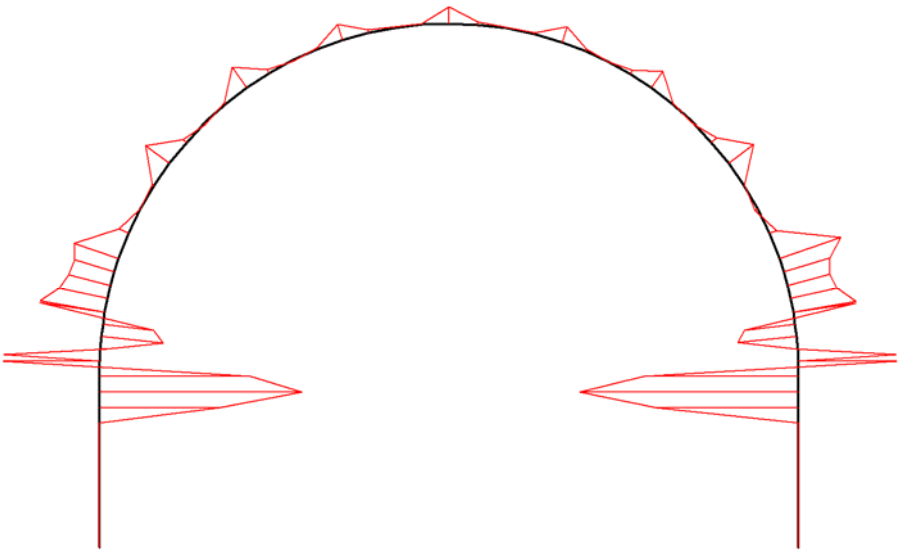


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value 6,78 kNm/m (Phase: 3)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	30,243	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	16,996	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	15,255	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	14,423	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	14,310	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	14,333	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	14,357	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	14,483	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	15,282	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	16,785	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	30,750	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

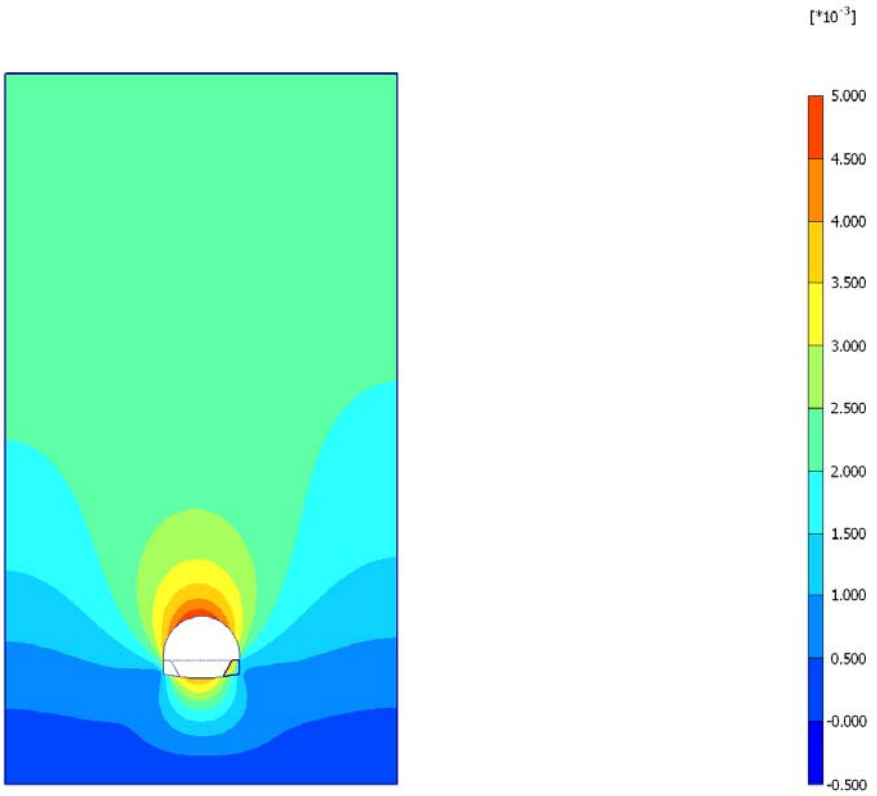


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

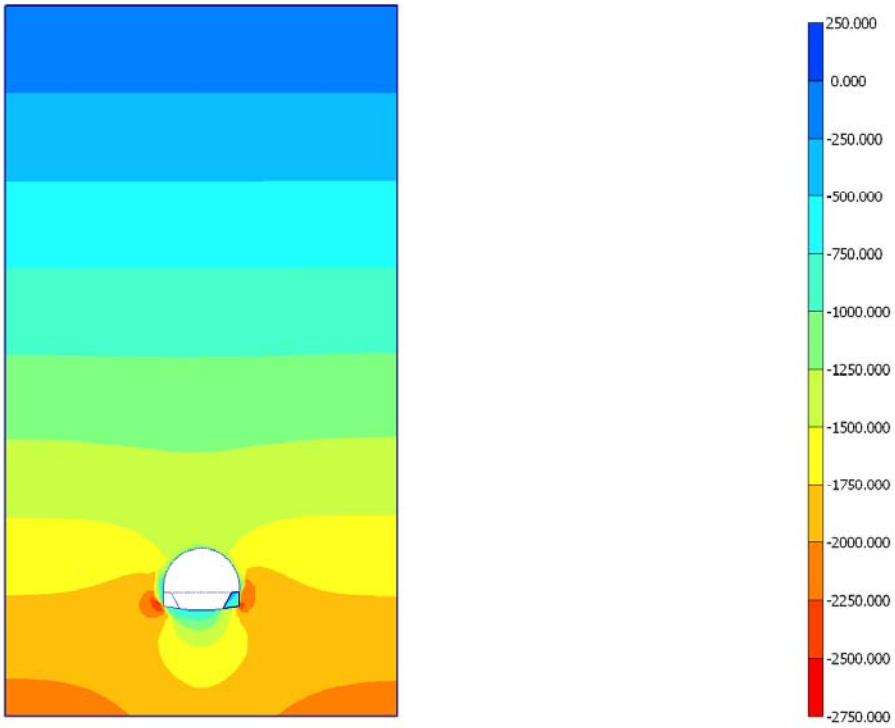


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 4)

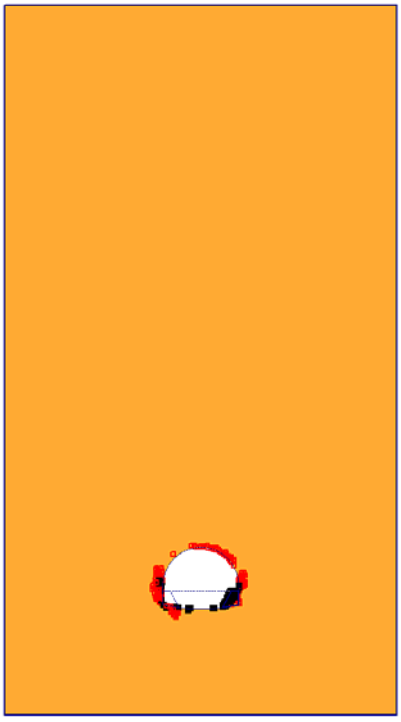


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 30 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

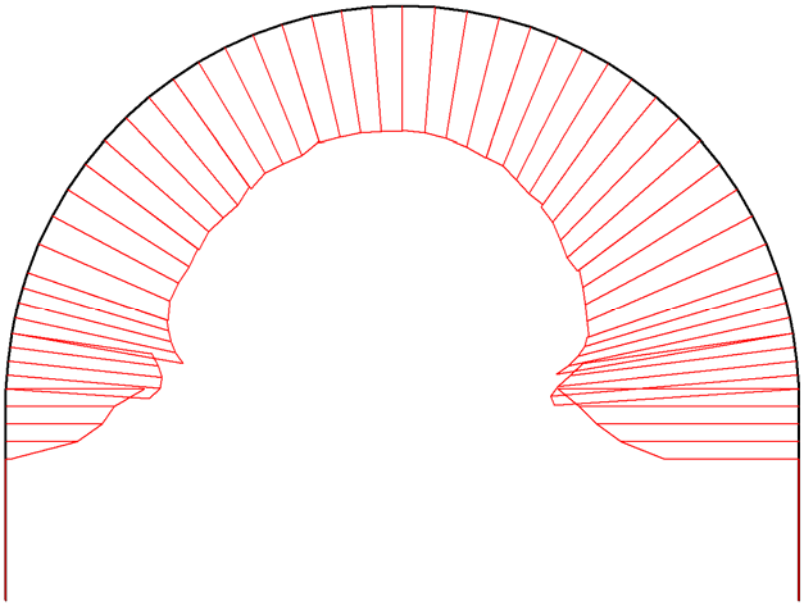


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -718,14 kN/m (Phase: 4)

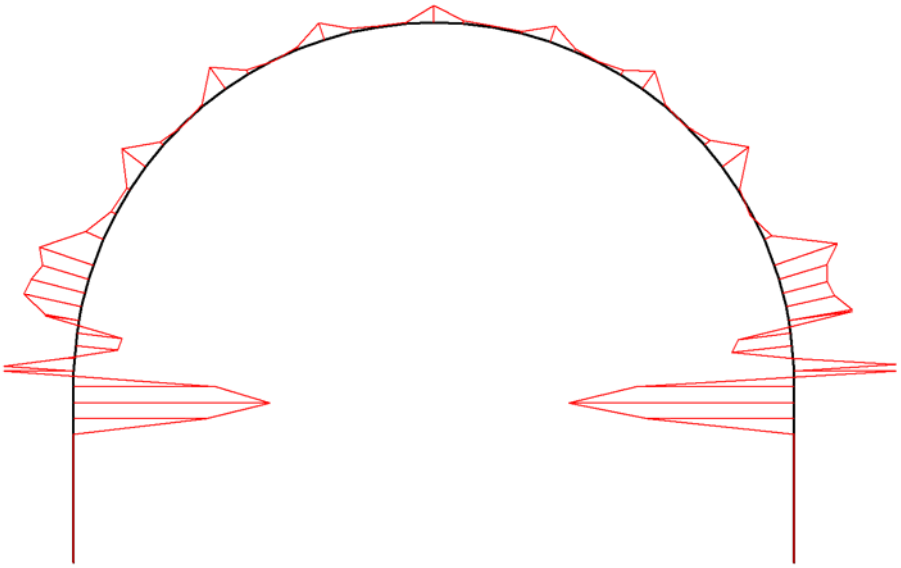


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value 6,95 kNm/m (Phase: 4)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	43,198	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	21,221	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	16,781	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	15,224	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	14,701	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	14,507	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	14,404	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	14,510	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	15,273	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	16,781	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	30,979	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

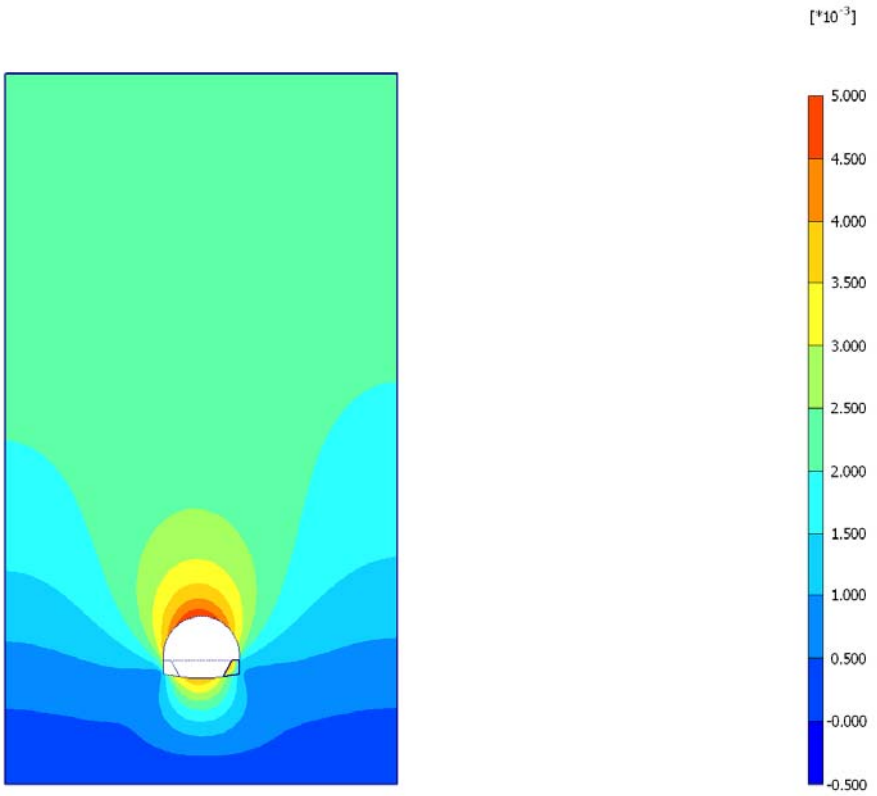


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

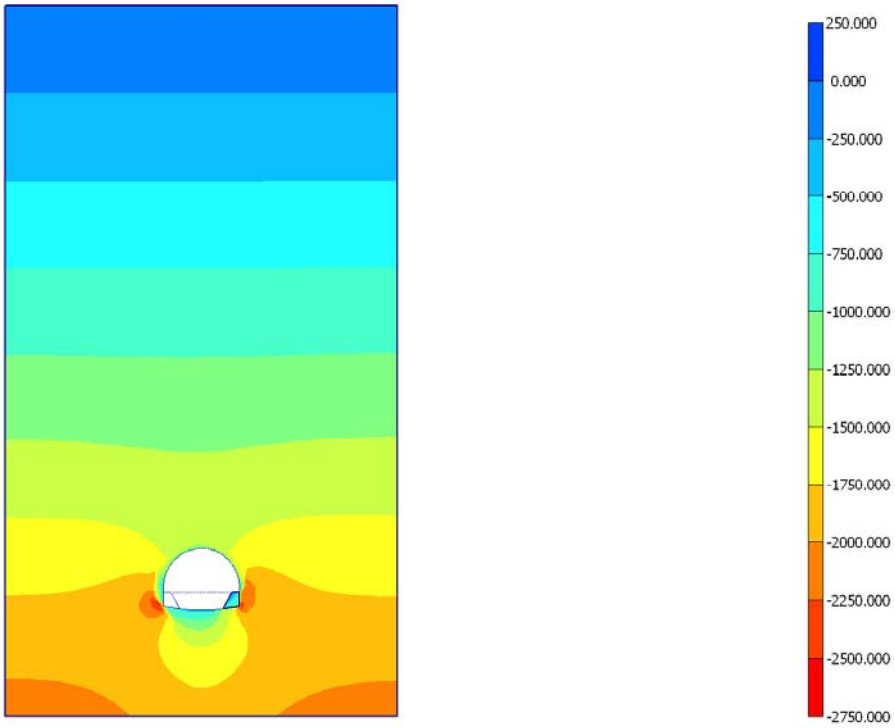


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 5)

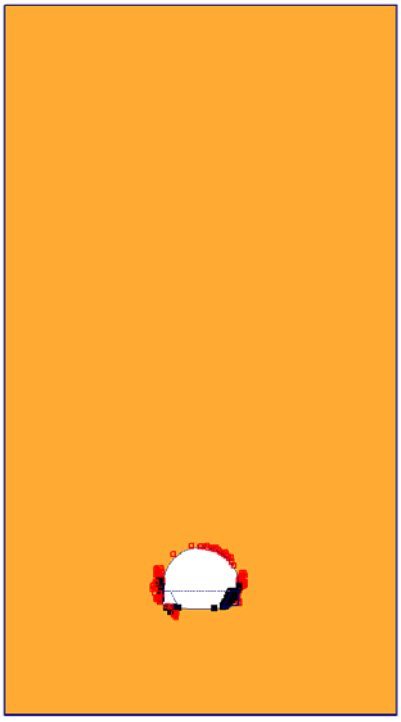


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 32 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

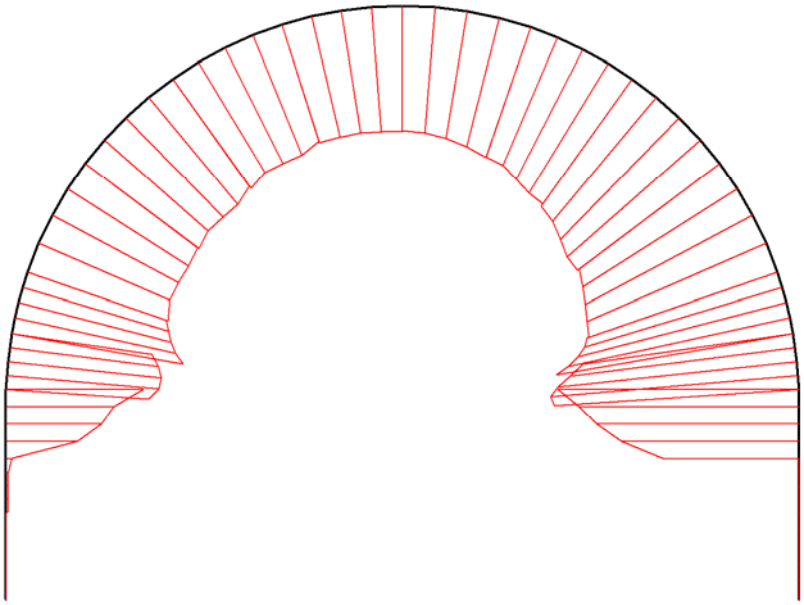


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -718,31 kN/m (Phase: 5)

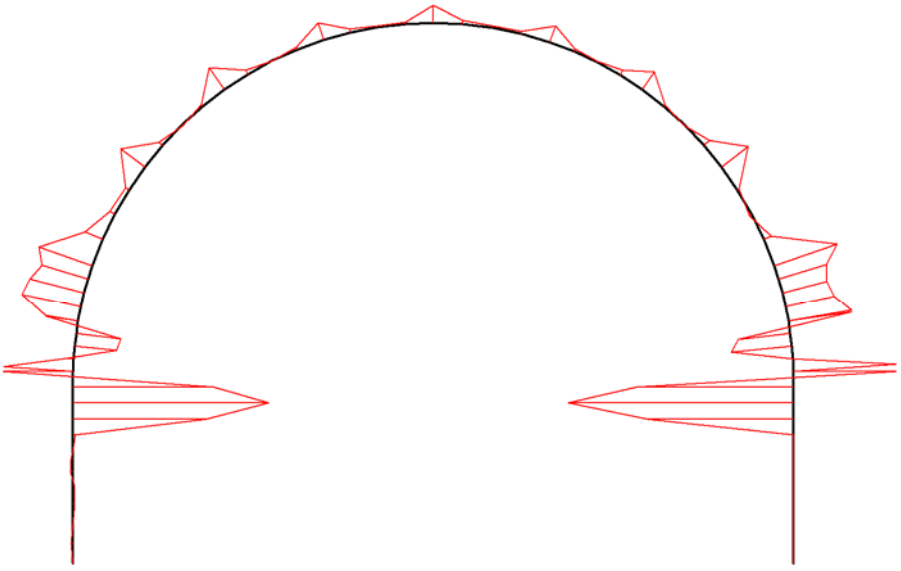


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value 6,96 kNm/m (Phase: 5)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	0,149	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	43,336	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	21,247	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	16,789	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	15,229	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	14,703	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	14,509	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	14,404	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	14,510	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	15,274	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	16,784	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	30,990	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

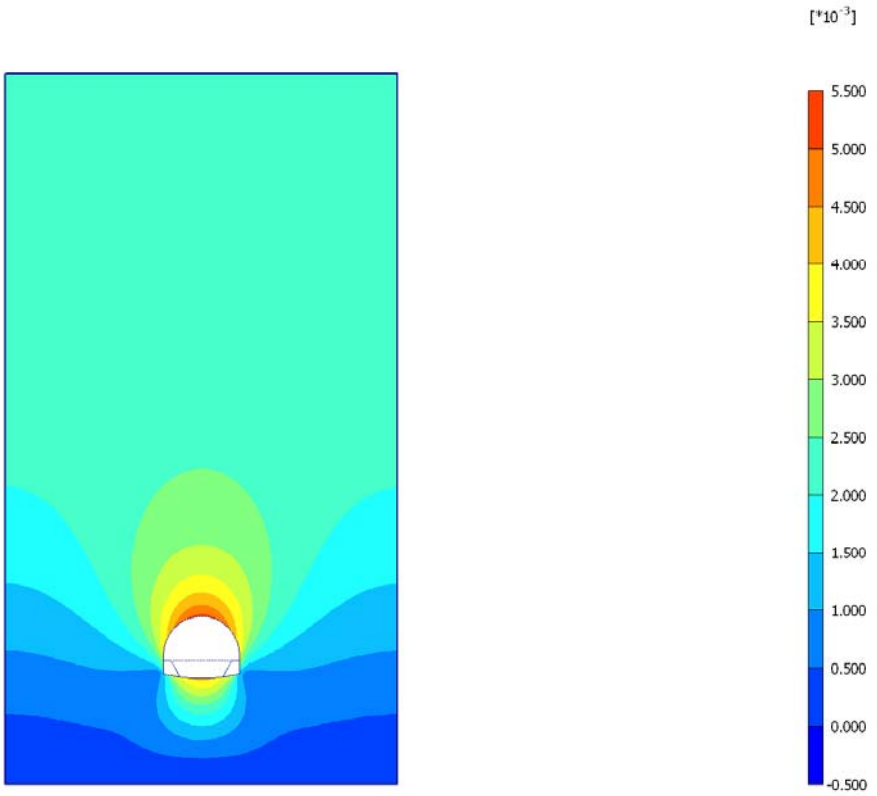


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 43 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

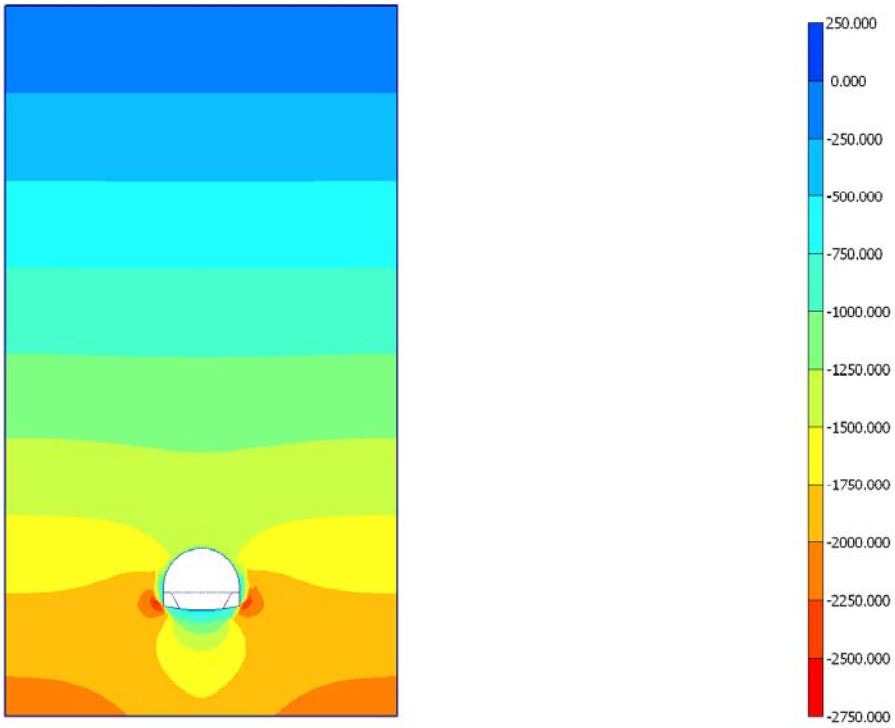


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 43 - (Phase: 6)

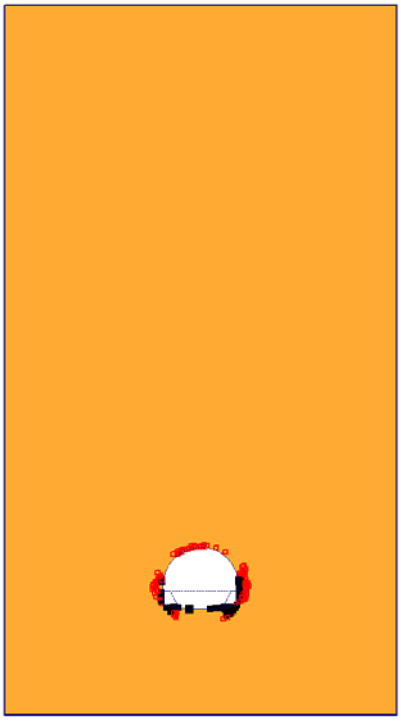


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 43 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

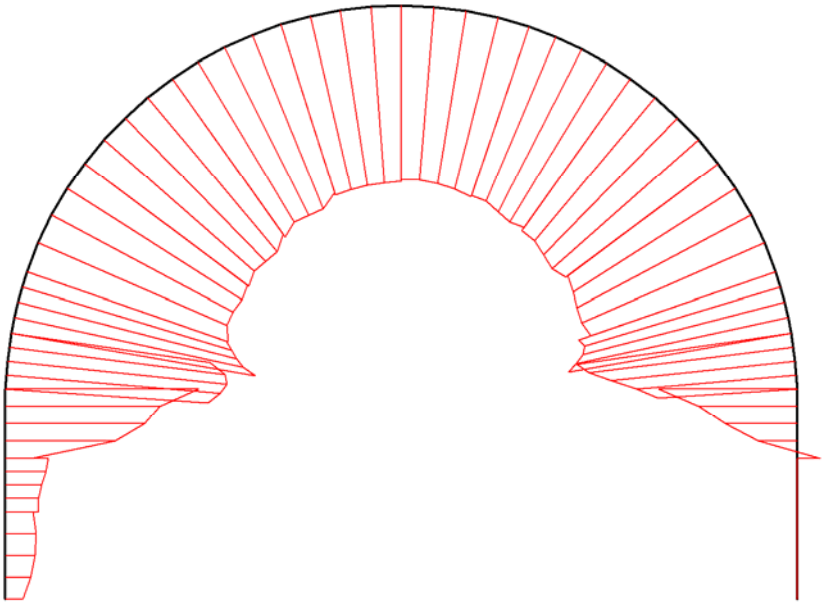


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -542,41 kN/m (Phase: 6)

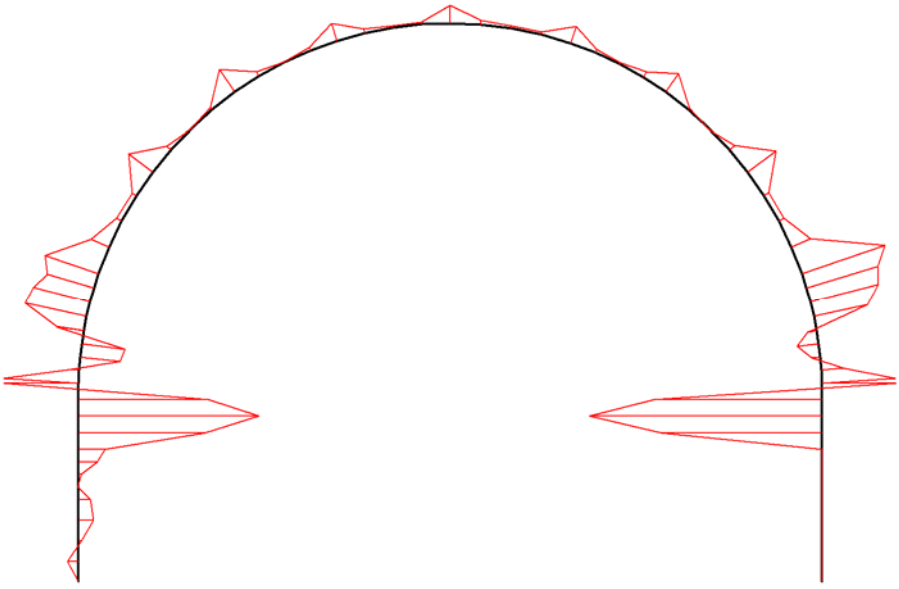


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value 7,36 kNm/m (Phase: 6)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	2,287	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	43,945	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	21,293	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	16,786	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	15,250	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	14,805	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	14,749	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	15,023	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	15,547	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	17,198	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	22,813	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	52,165	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

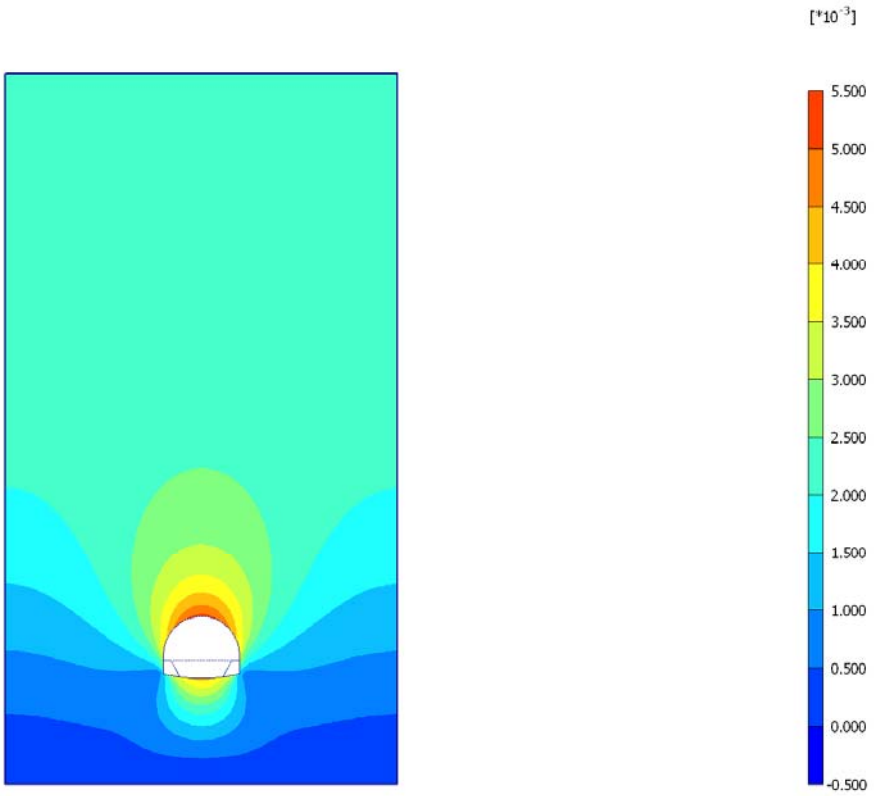


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 48 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

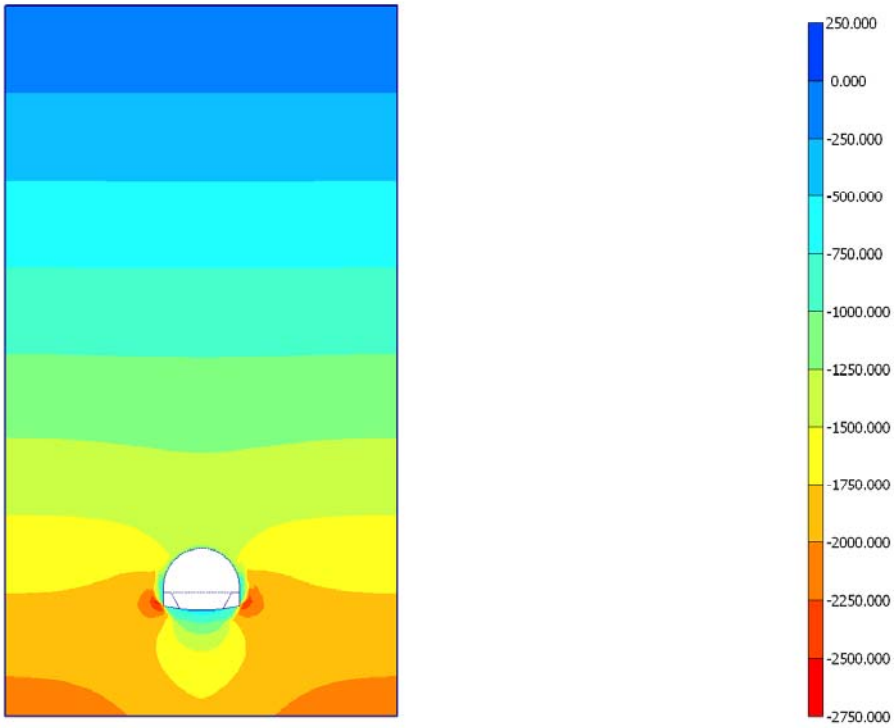


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 48 - (Phase: 7)

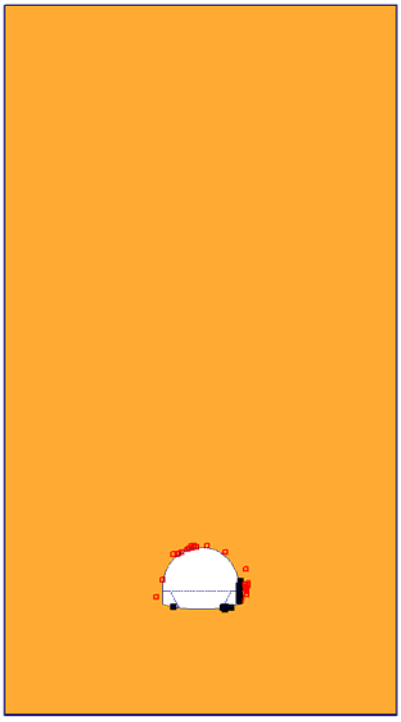


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 48 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

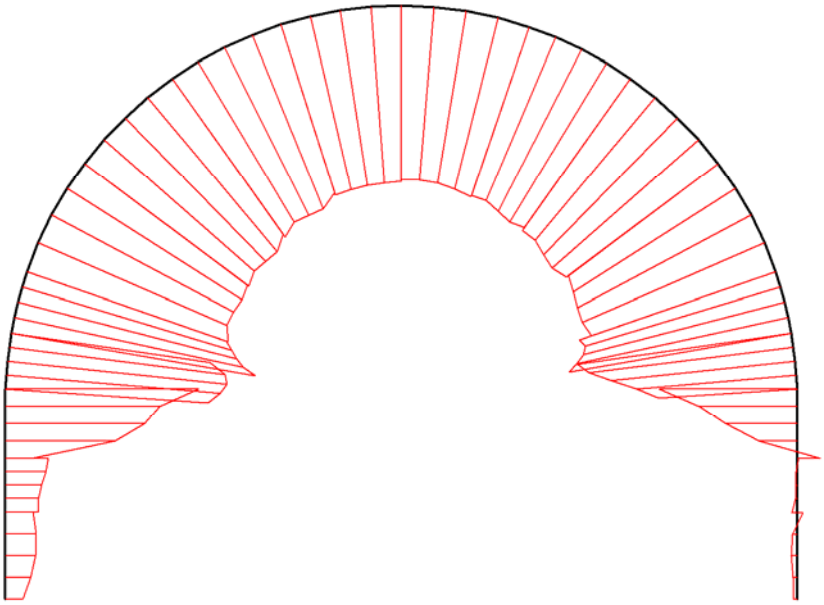


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -542,63 kN/m (Phase: 7)

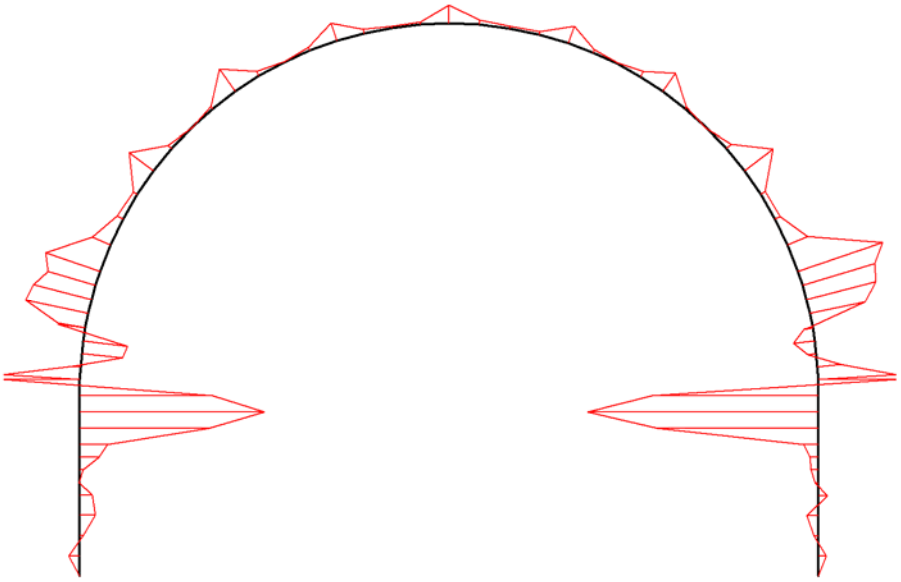


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value 7,16 kNm/m (Phase: 7)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	2,285	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	43,945	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	21,293	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	16,786	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	15,251	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	14,806	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	14,751	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	15,028	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	15,554	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	17,209	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	22,822	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	52,229	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,841	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-IV, CS-5 Lutitas y Areniscas

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	77,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

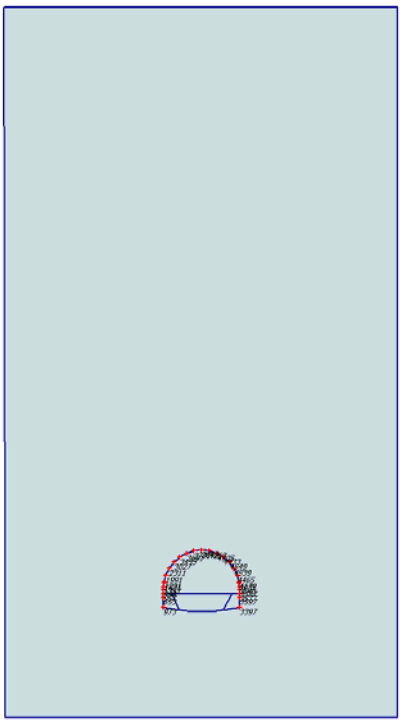


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

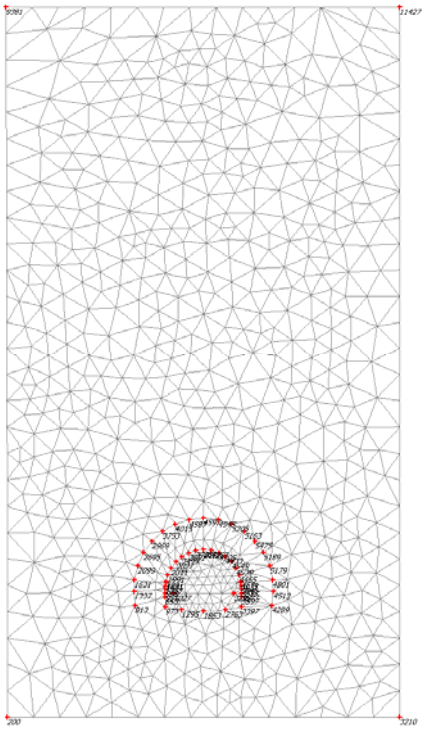


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

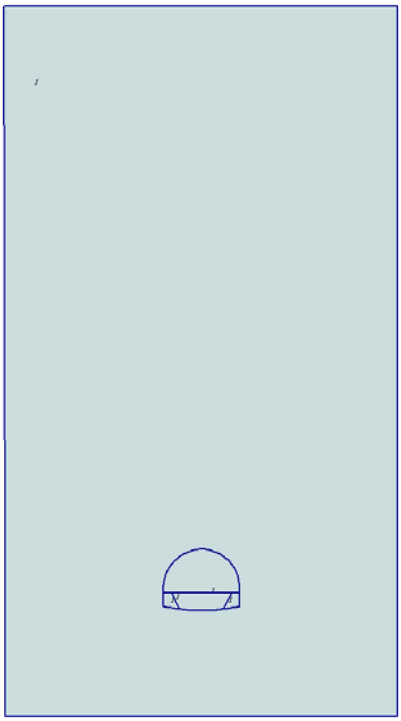


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1** **Lutitas y areniscas RMR_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]	685000,000
ν	[-]	0,250
G_{ref}	[kN/m²]	274000,000
E_{oed}	[kN/m²]	822000,000
c_{ref}	[kN/m²]	160,00
φ	[°]	33,00
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	27
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	28	43
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	44	53
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	54	55
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	56	68
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	69	70

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

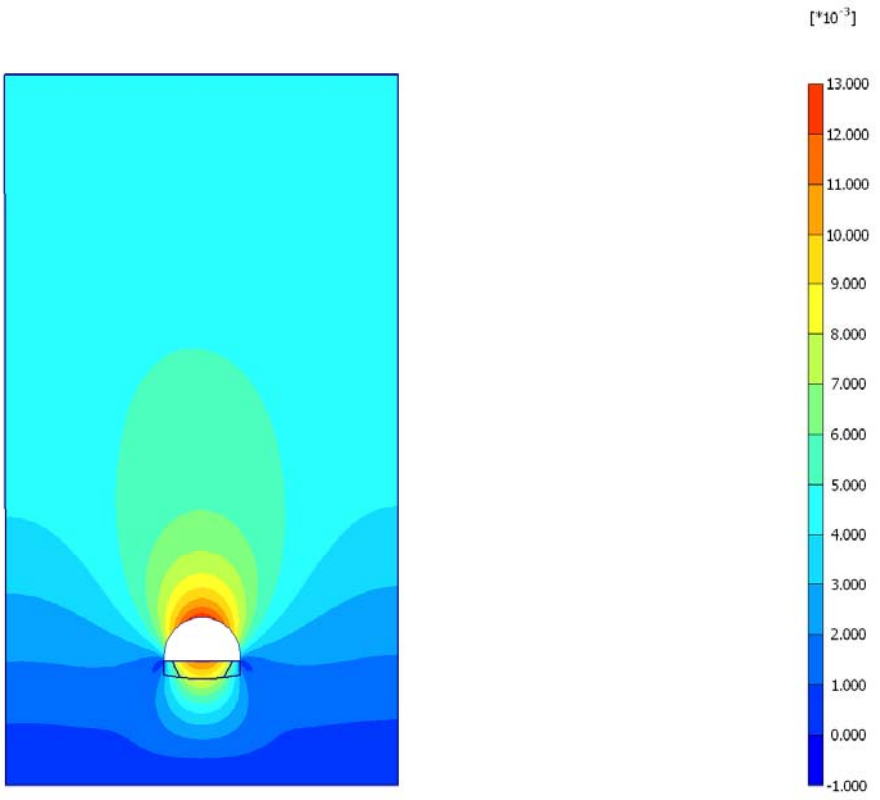


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

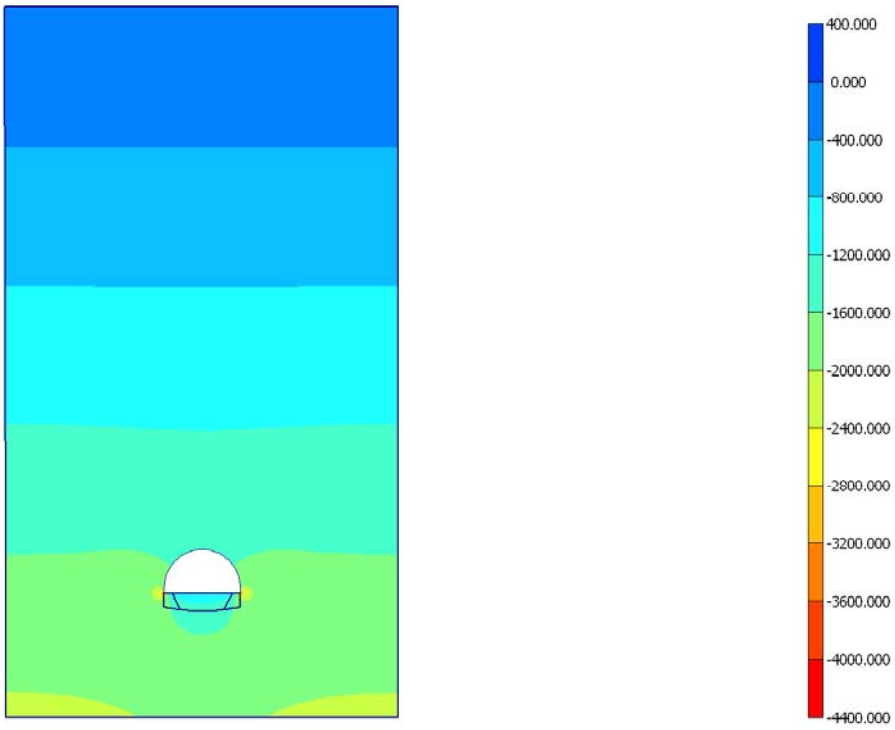


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

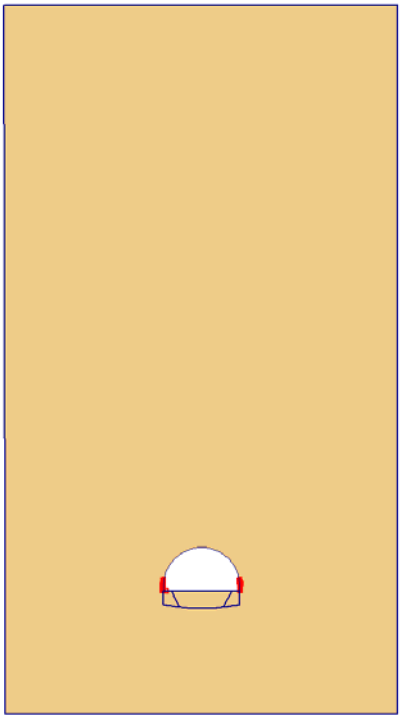


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

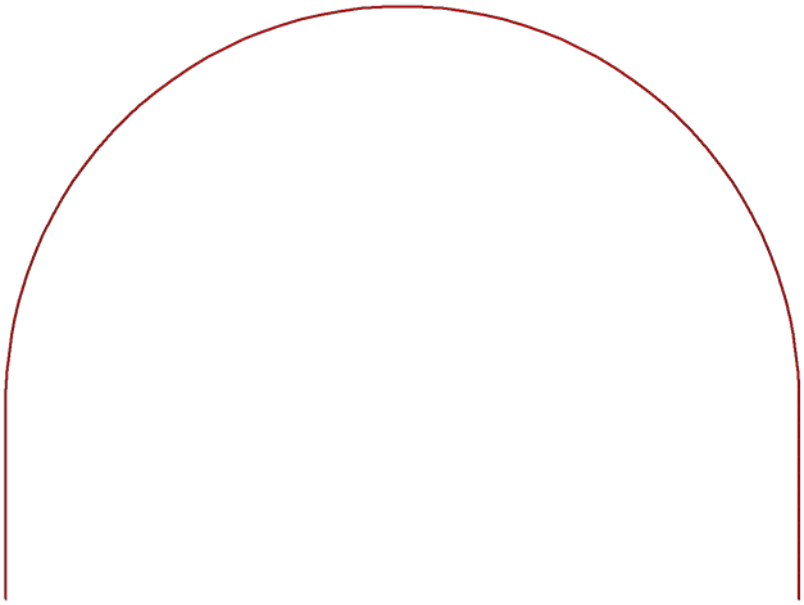


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

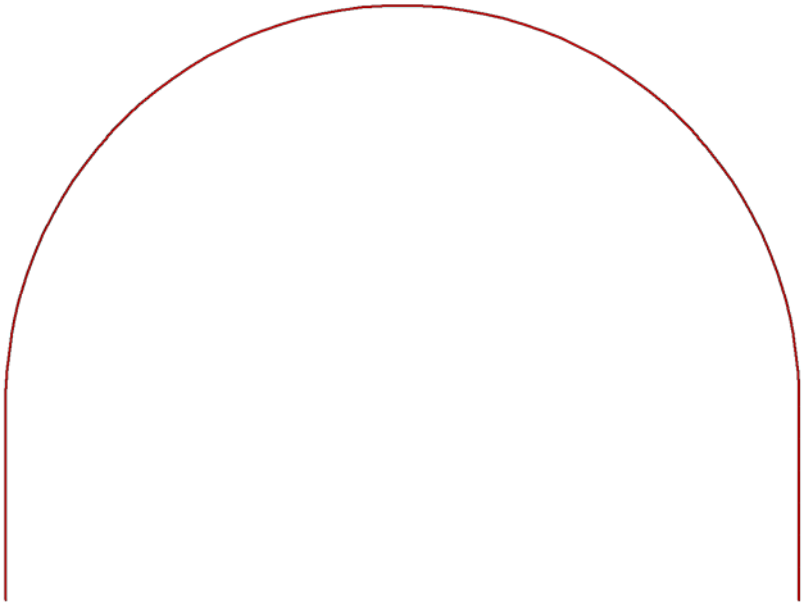


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4015 3691	-3,560 -1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

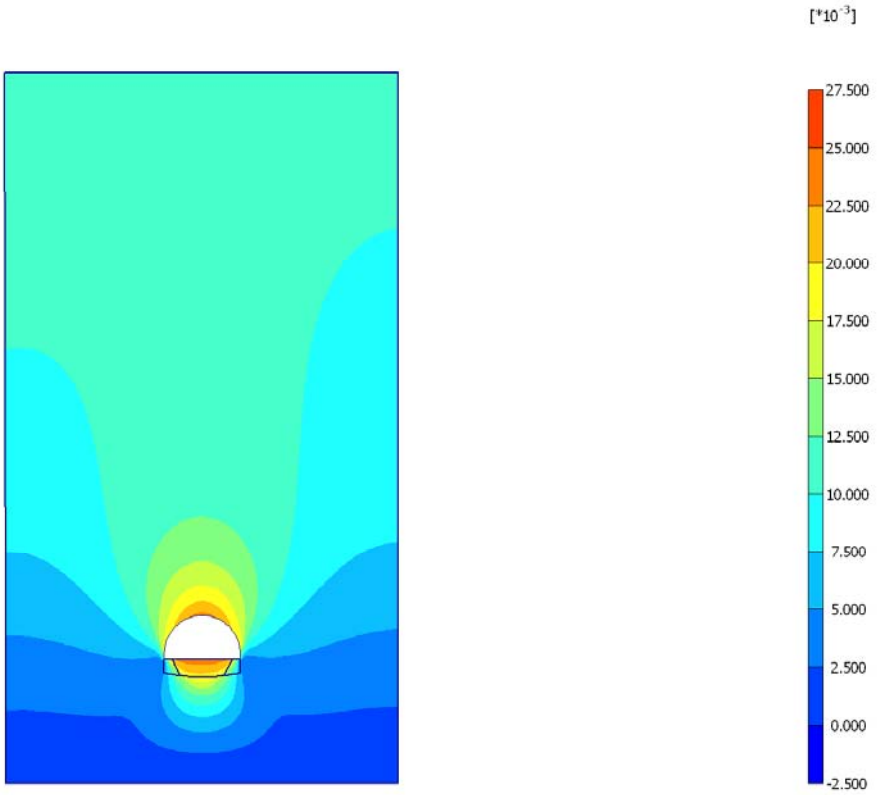


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 27 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

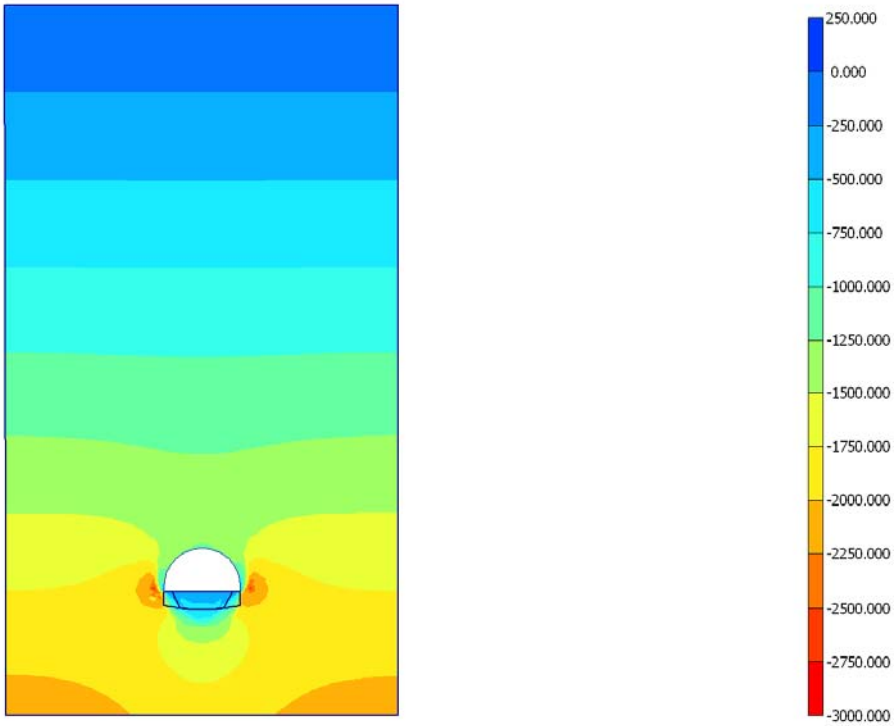


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 27 - (Phase: 2)

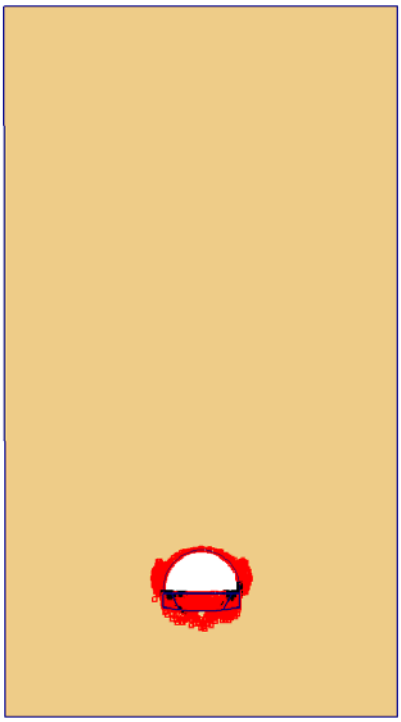


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 27 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

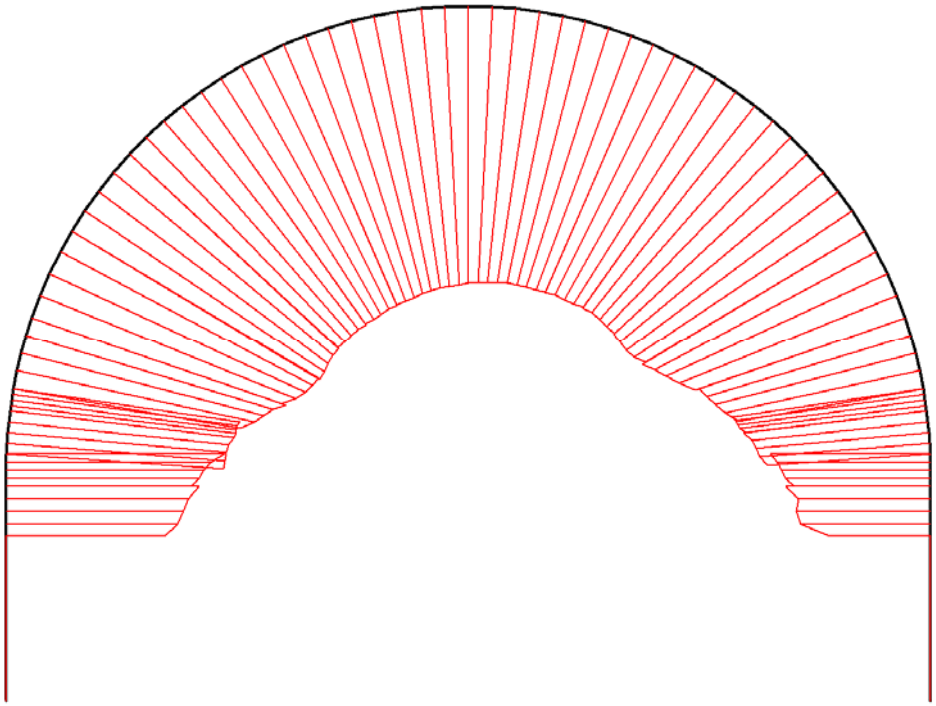


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -1,61*10^3 kN/m (Phase: 2)

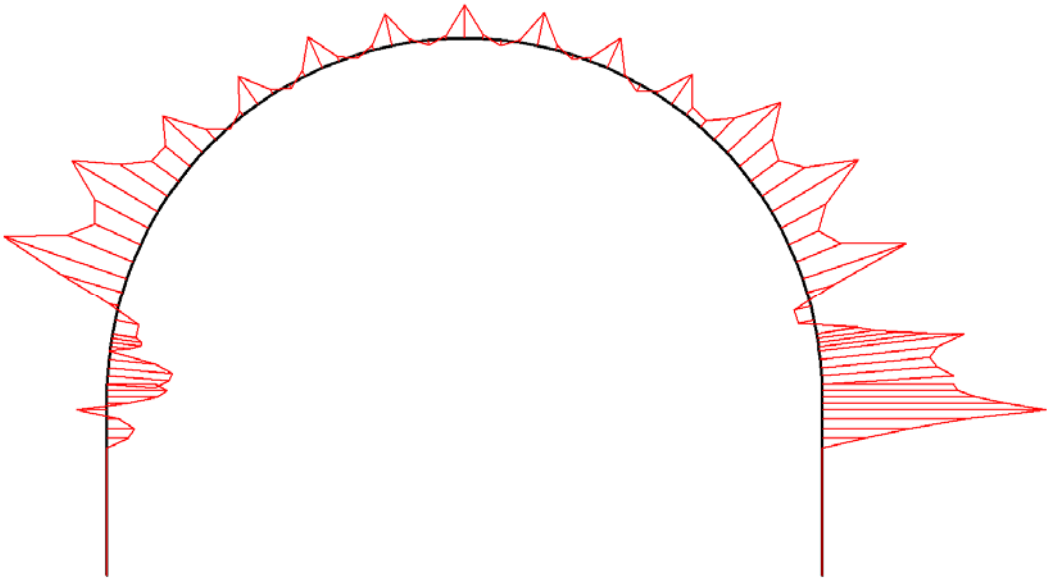


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value -34,14 kNm/m (Phase: 2)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	172,246	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	158,809	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	110,233	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	71,426	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	55,949	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	52,721	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	51,402	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	52,287	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	53,548	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	55,473	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	61,959	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	127,908	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	86,303	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	167,702	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4015 3691	-3,560 -1,917	11,392 7,742	51,607	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	51,689	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

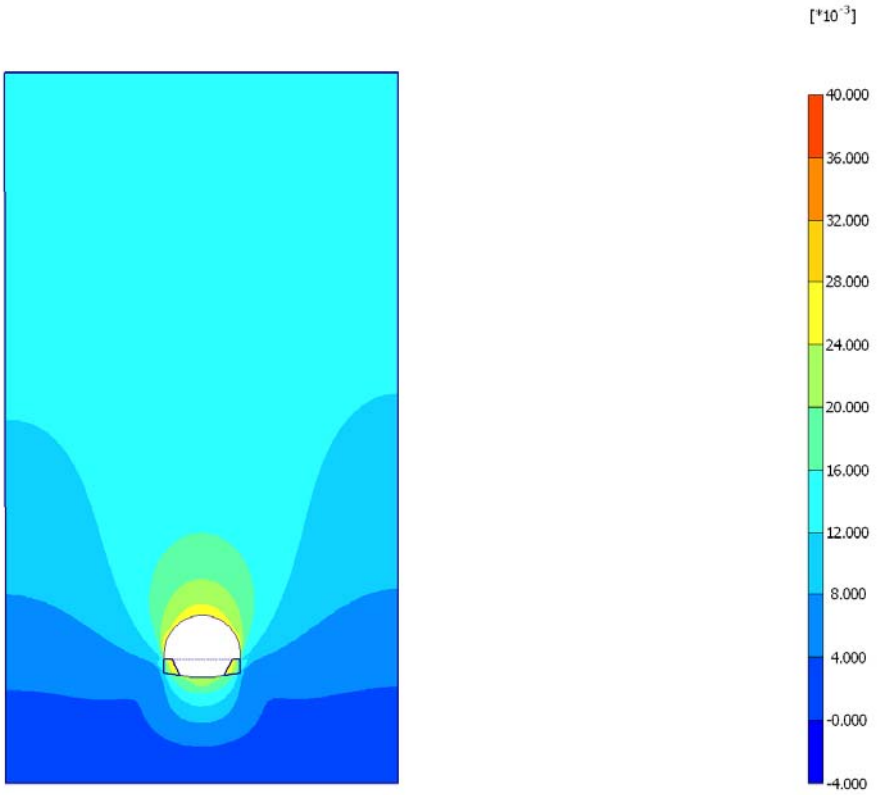


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 43 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

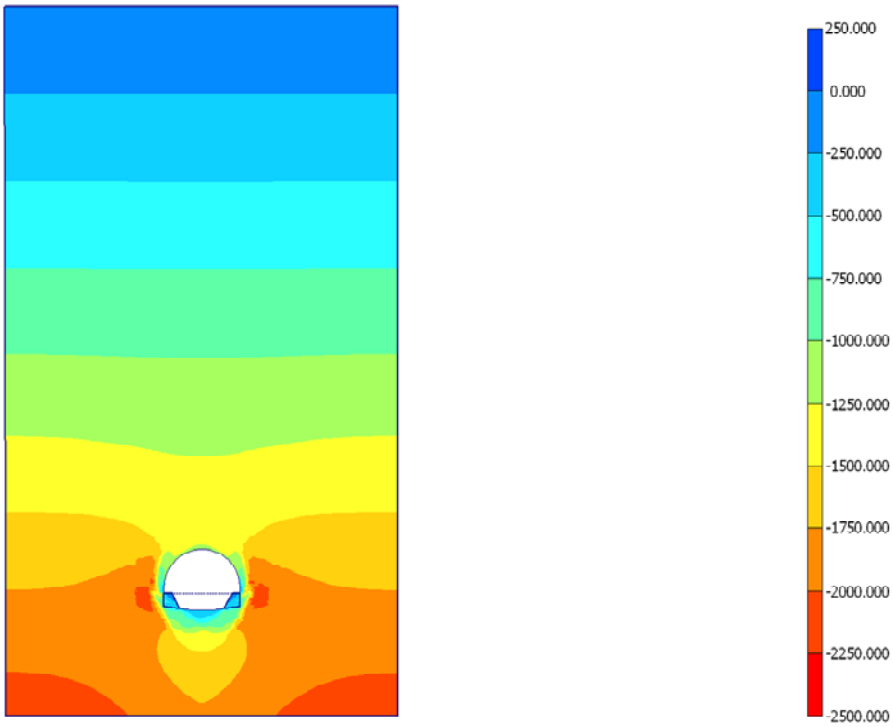


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 43 - (Phase: 3)

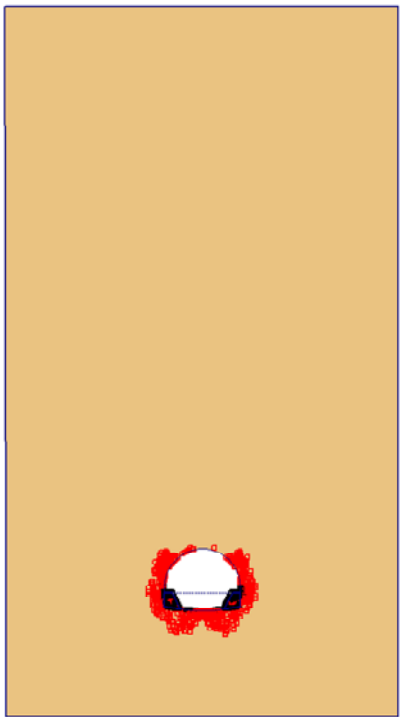


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 43 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

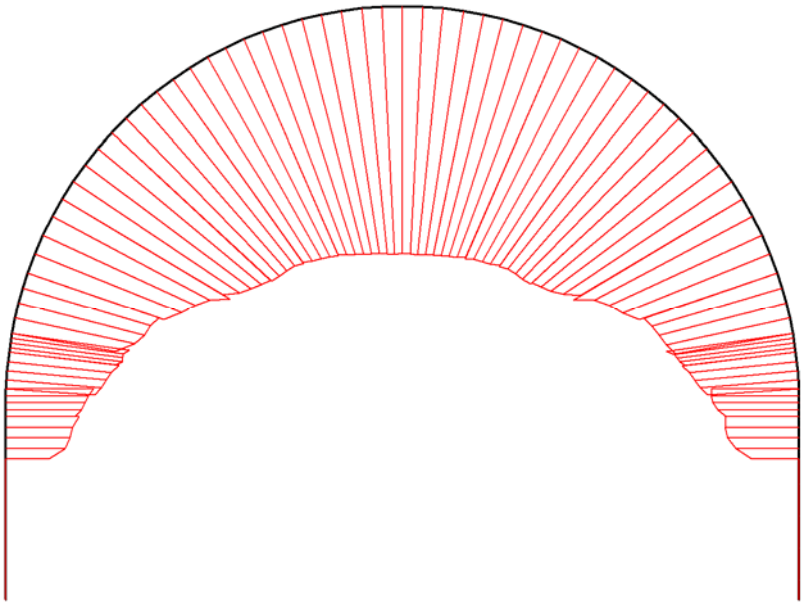


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -1,55*10^3 kN/m (Phase: 3)

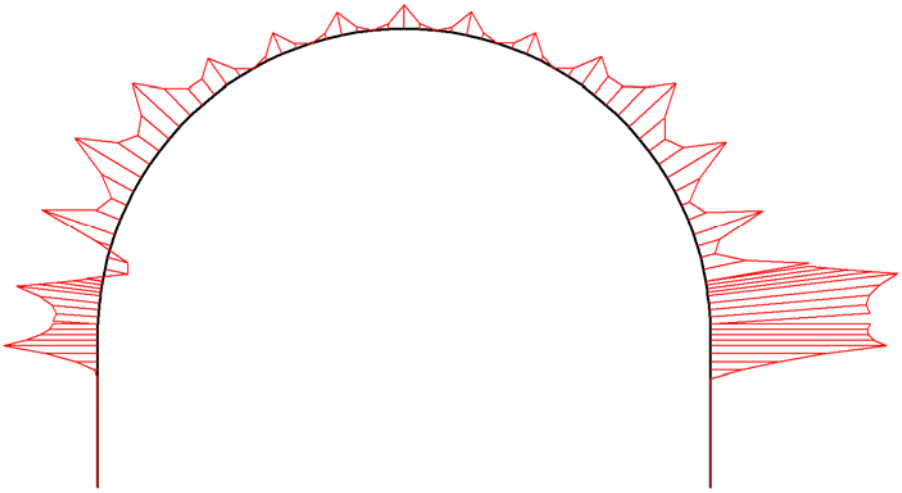


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value -51,76 kNm/m (Phase: 3)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	179,884	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	123,793	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	81,797	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	64,415	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	58,046	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	57,933	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	59,915	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	64,493	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	83,129	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	174,952	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	124,969	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	4015	-3,560	11,392	60,000	184,00	184,00	103000,0	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
	3691	-1,917	7,742				0		
19	4597	0,000	12,142	57,431	184,00	184,00	103000,0	N/A	4,000
	3899	0,000	8,142				0		

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

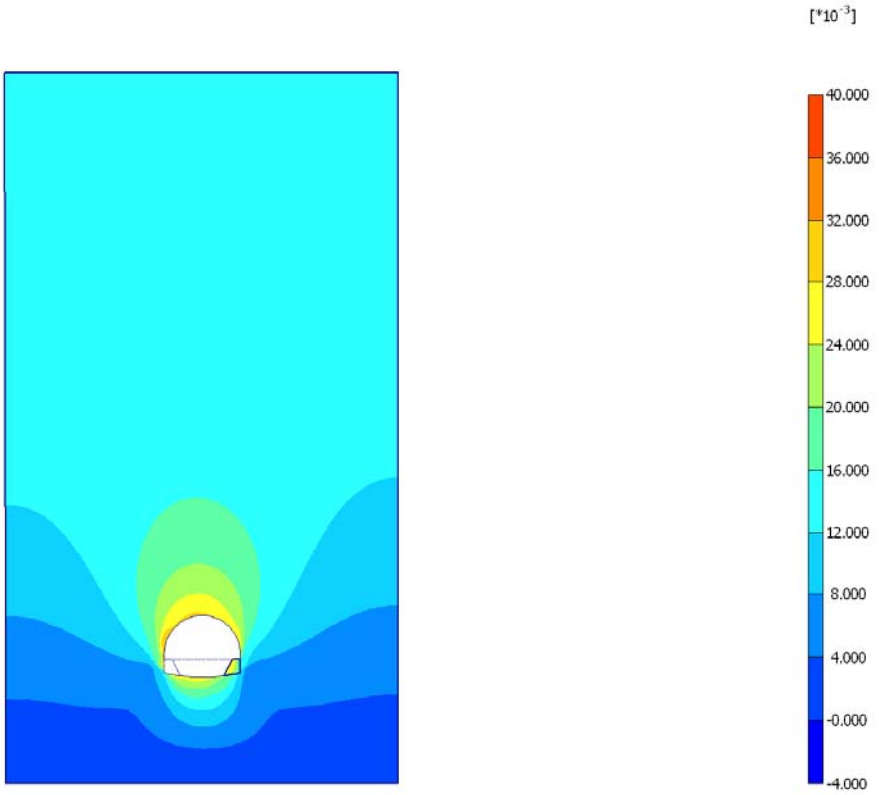


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 53 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

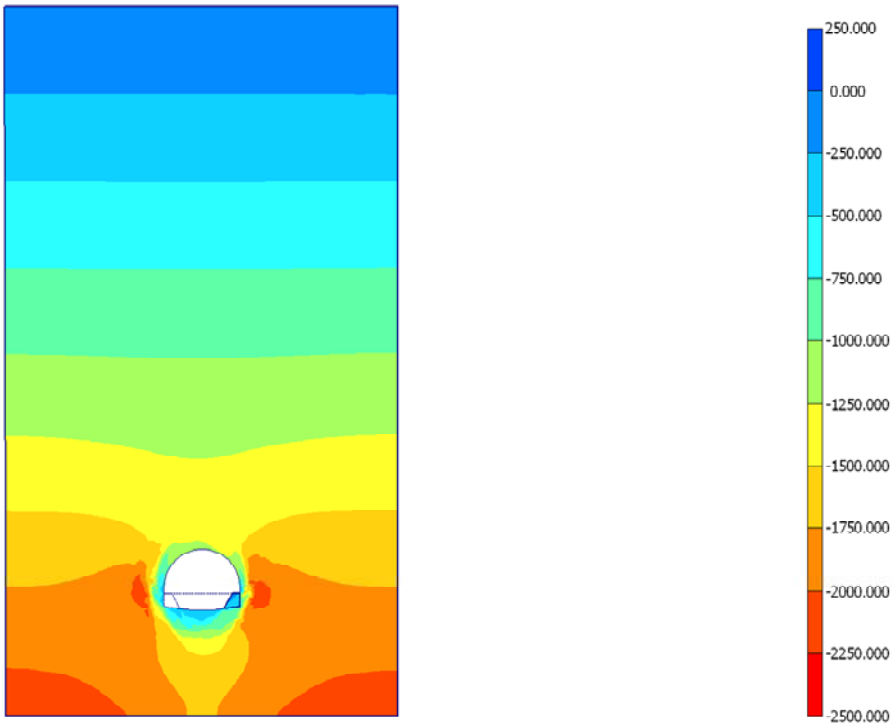


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 53 - (Phase: 4)

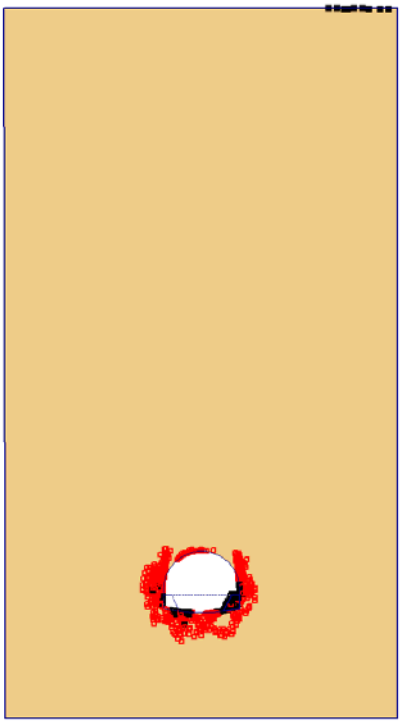


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 53 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

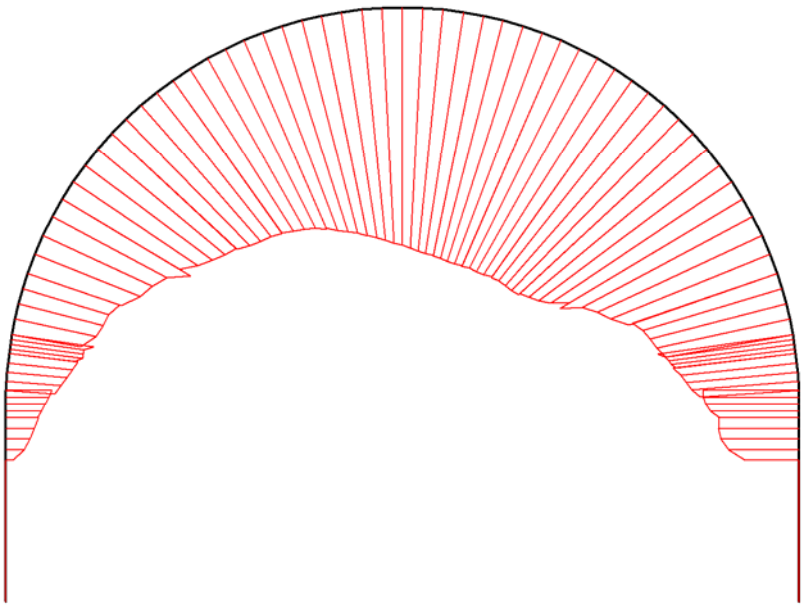


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -1,53*10^3 kN/m (Phase: 4)

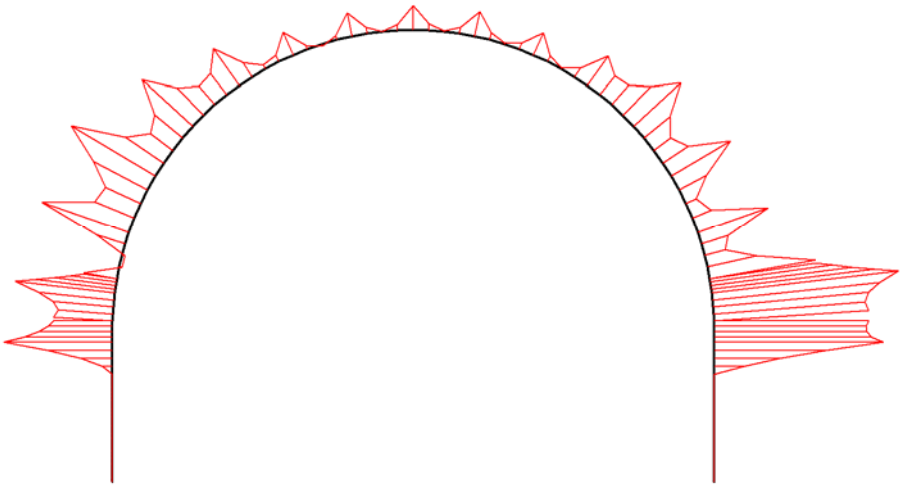


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -53,15 kNm/m (Phase: 4)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	151,508	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	100,483	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	74,040	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	63,137	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	60,655	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	61,887	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	66,083	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	84,926	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	177,489	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	127,073	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4015 3691	-3,560 -1,917	11,392 7,742	66,269	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	61,219	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

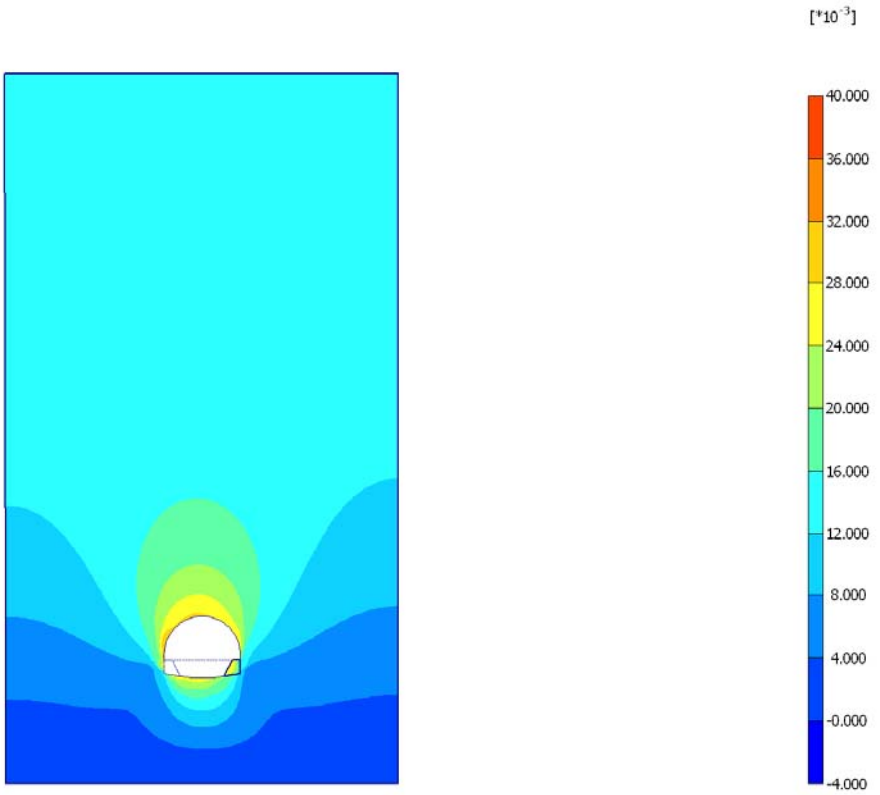


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 55 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

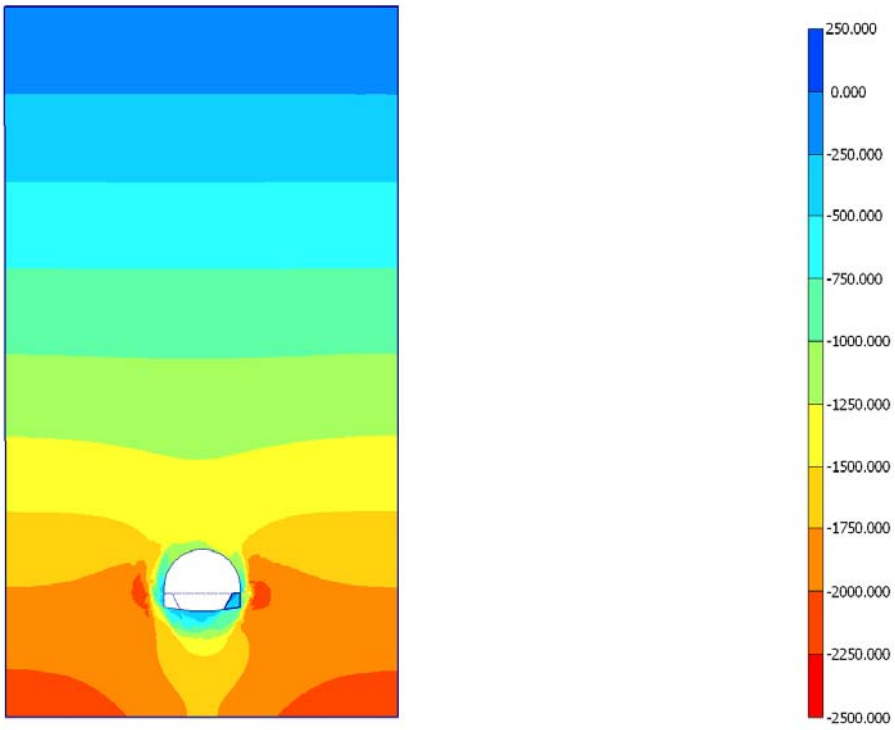


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 55 - (Phase: 5)

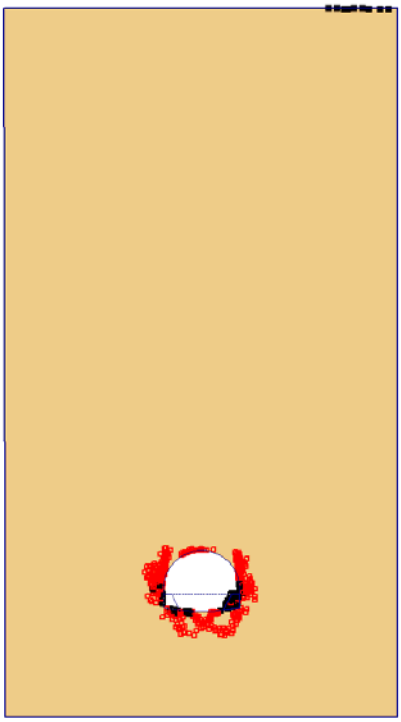


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 55 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

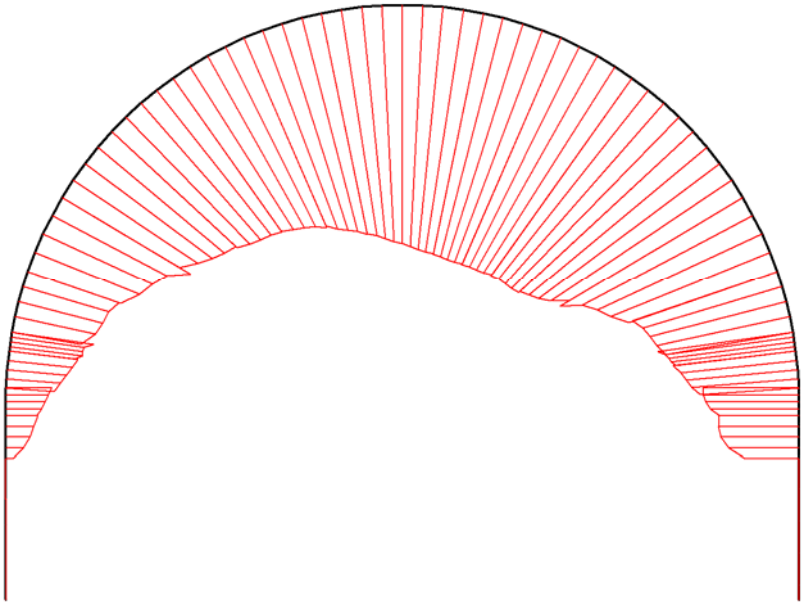


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -1,53*10^3 kN/m (Phase: 5)

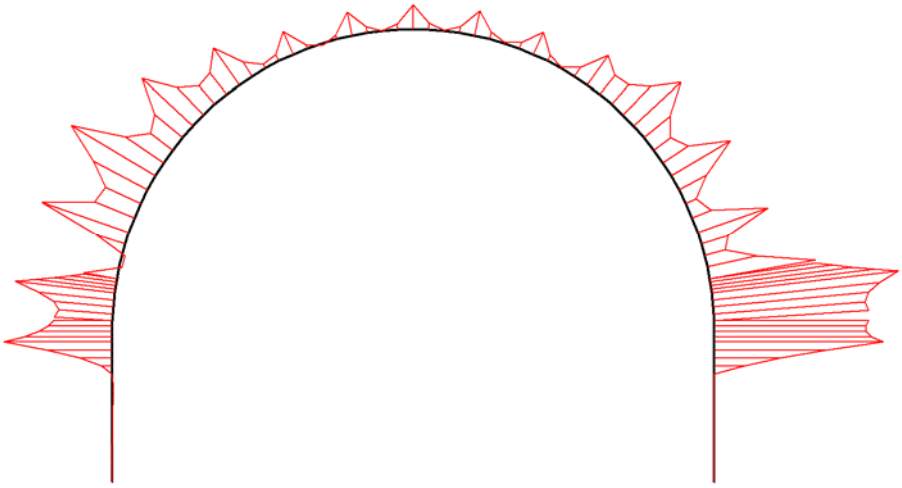


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -53,16 kNm/m (Phase: 5)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,192	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	151,673	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	100,533	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	74,066	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	63,156	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	60,667	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	61,897	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	66,093	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	84,940	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	177,507	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	127,093	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4015 3691	-3,560 -1,917	11,392 7,742	66,291	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	61,234	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

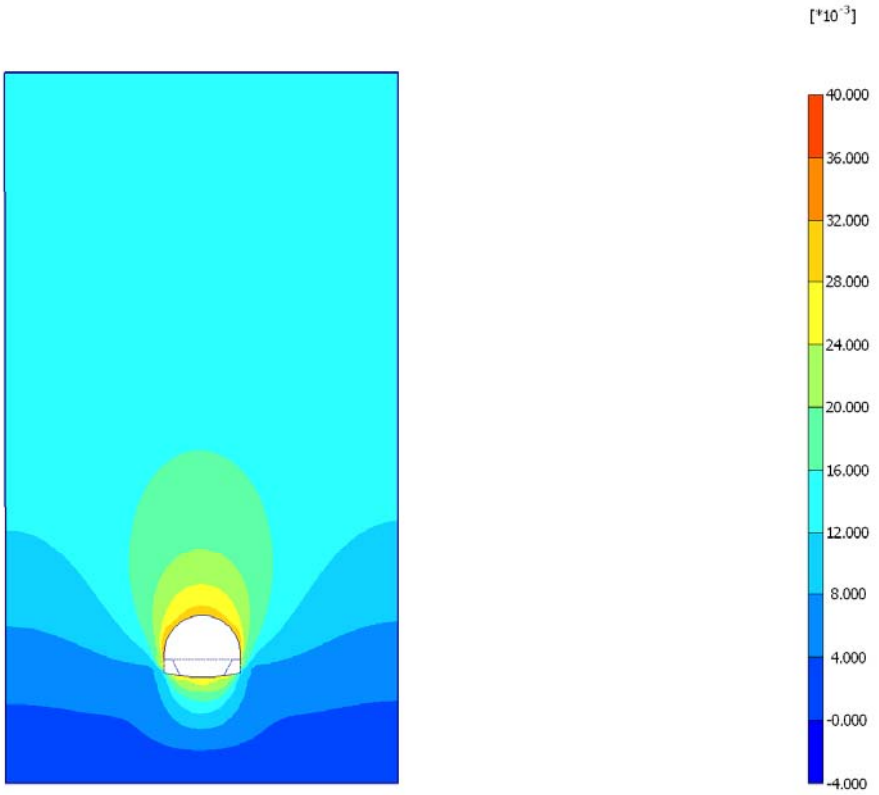


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 68 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

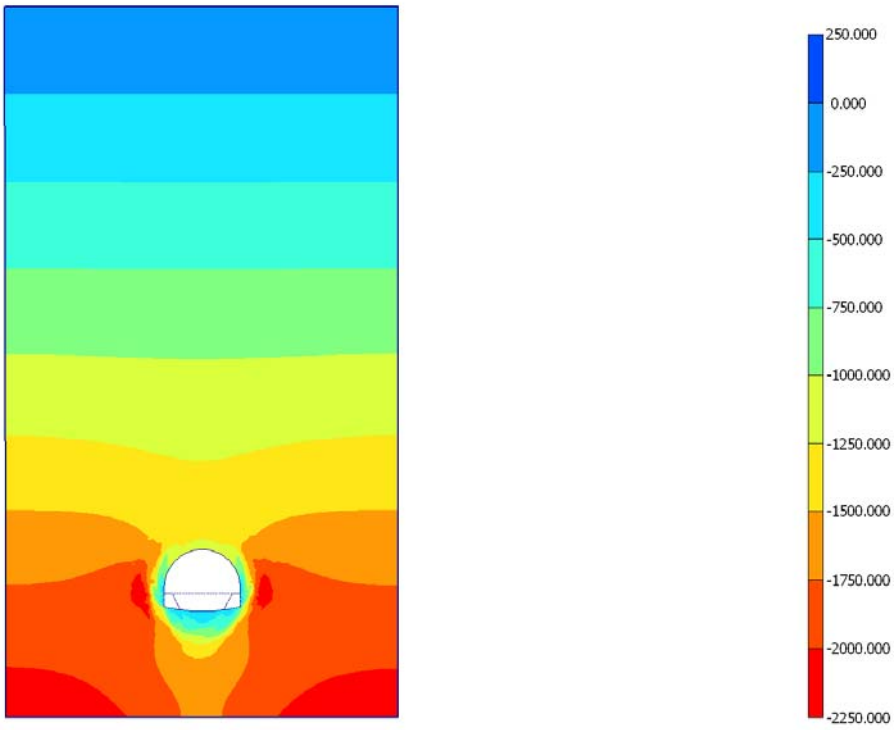


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 68 - (Phase: 6)

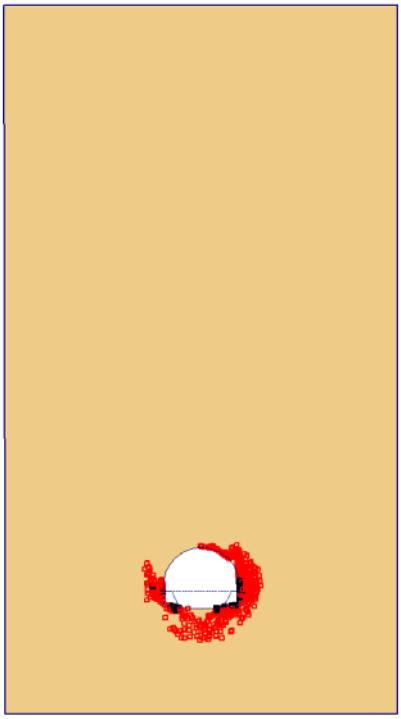


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 68 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

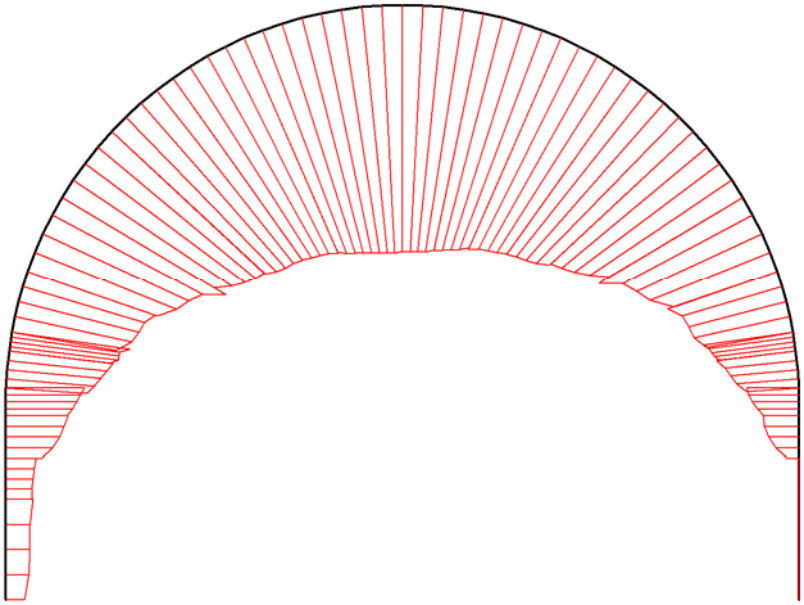


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -1,41*10^3 kN/m (Phase: 6)

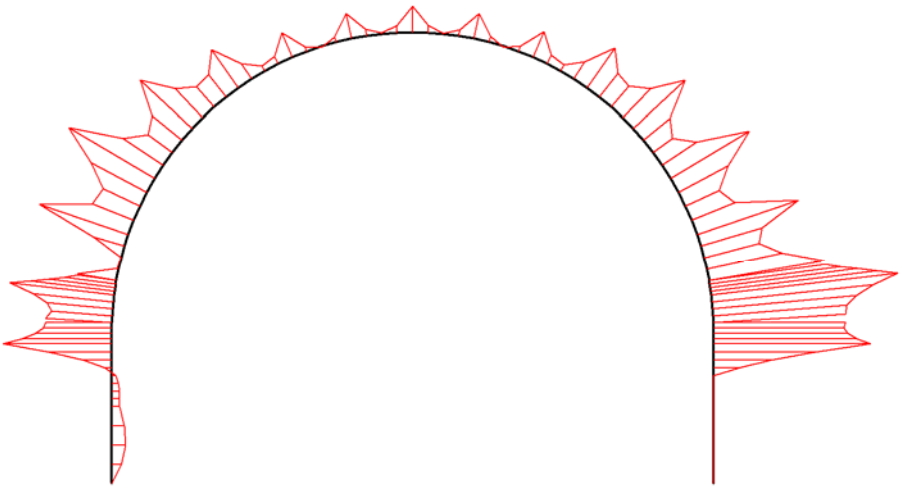


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -53,21 kNm/m (Phase: 6)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	4,101	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	183,276	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	150,808	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	100,013	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	74,177	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	65,202	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	65,522	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	68,102	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	76,717	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	105,215	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	155,641	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4015 3691	-3,560 -1,917	11,392 7,742	67,264	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	64,565	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

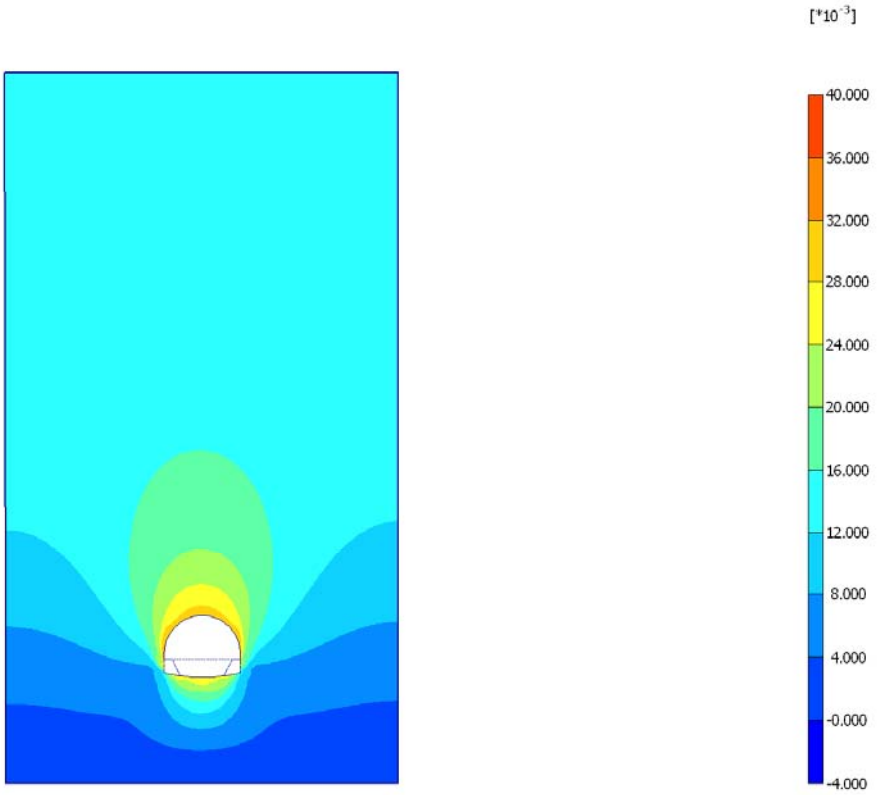


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 70 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

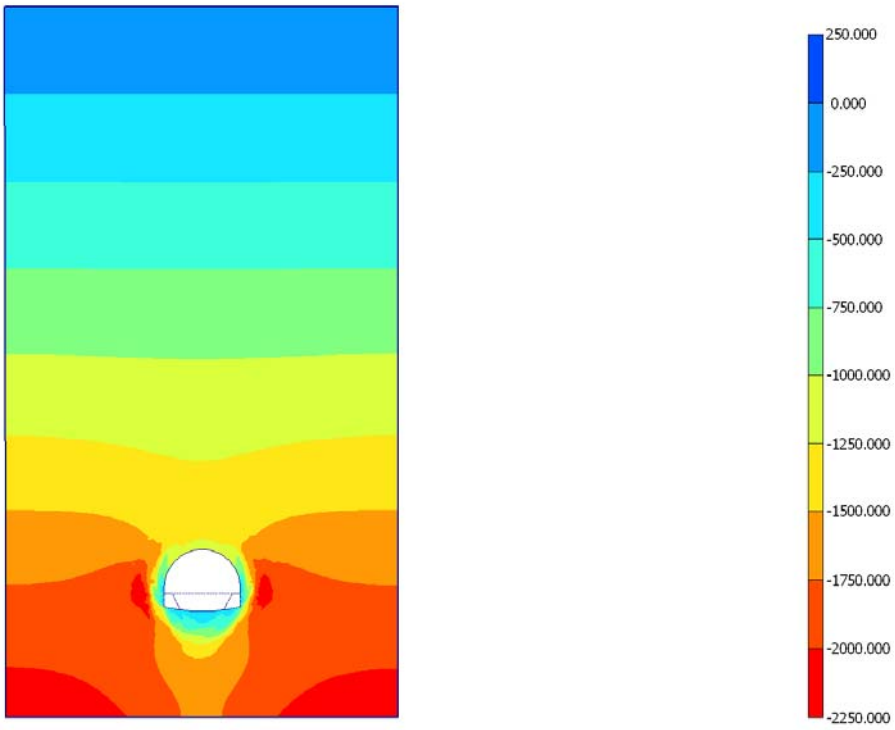


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 70 - (Phase: 7)

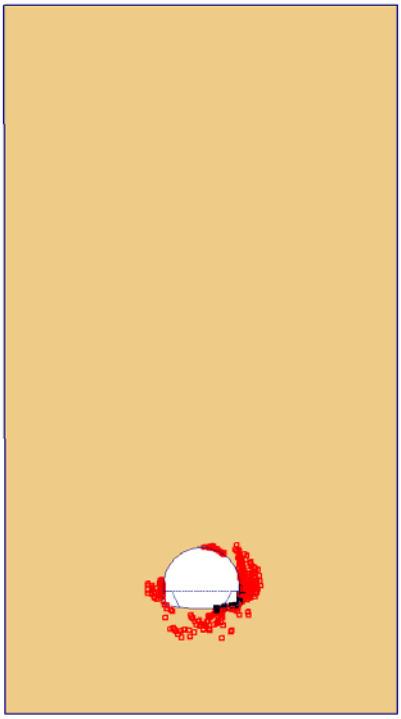


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 70 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

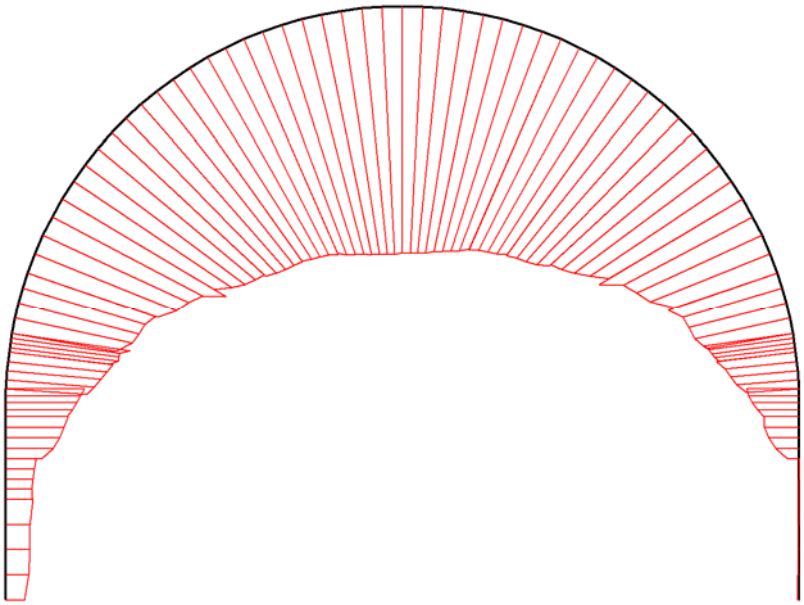


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -1,41*10^3 kN/m (Phase: 7)

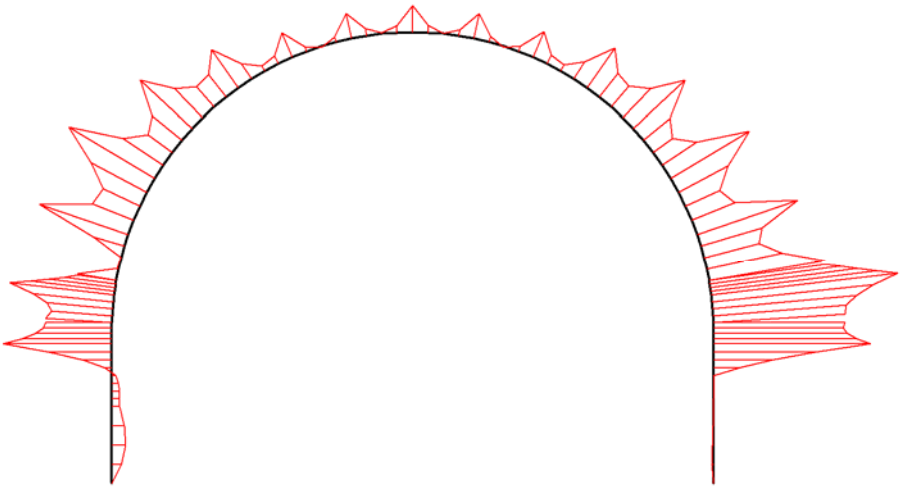


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -53,22 kNm/m (Phase: 7)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	4,099	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	183,999	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	183,995	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	183,271	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	150,804	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	100,011	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	74,176	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	65,206	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	65,533	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	68,116	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	76,731	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	105,231	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	155,699	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,234	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4015 3691	-3,560 -1,917	11,392 7,742	67,265	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	64,572	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-IV, CS-5 Lutitas y Areniscas (cobertera 59 m)

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	67,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

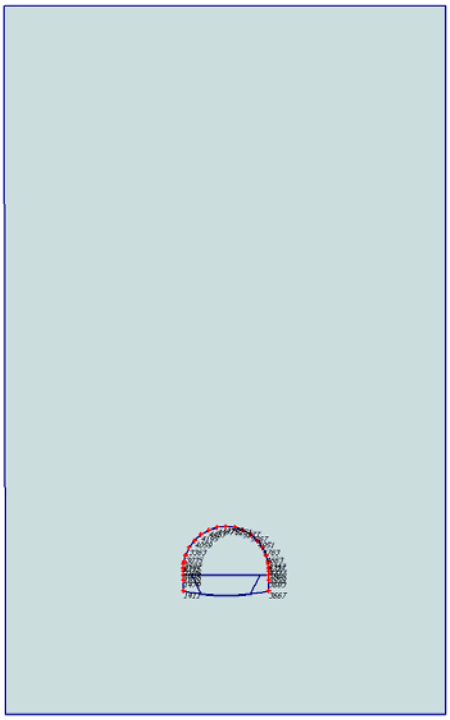


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

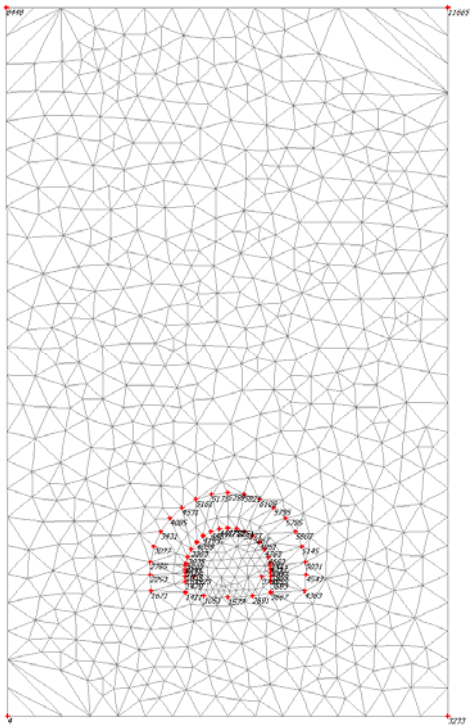


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

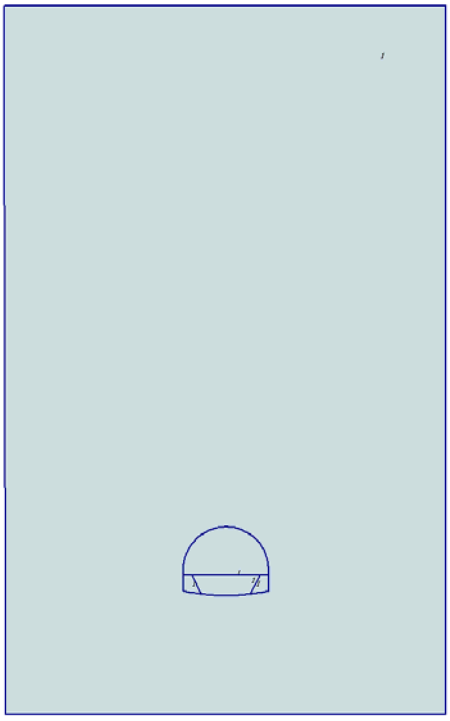


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1** **Lutitas y areniscas RMR_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]	685000,000
ν	[-]	0,250
G_{ref}	[kN/m²]	274000,000
E_{oed}	[kN/m²]	822000,000
c_{ref}	[kN/m²]	160,00
φ	[°]	33,00
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	18
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	19	31
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	32	45
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	46	47
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	48	57
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	58	59

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

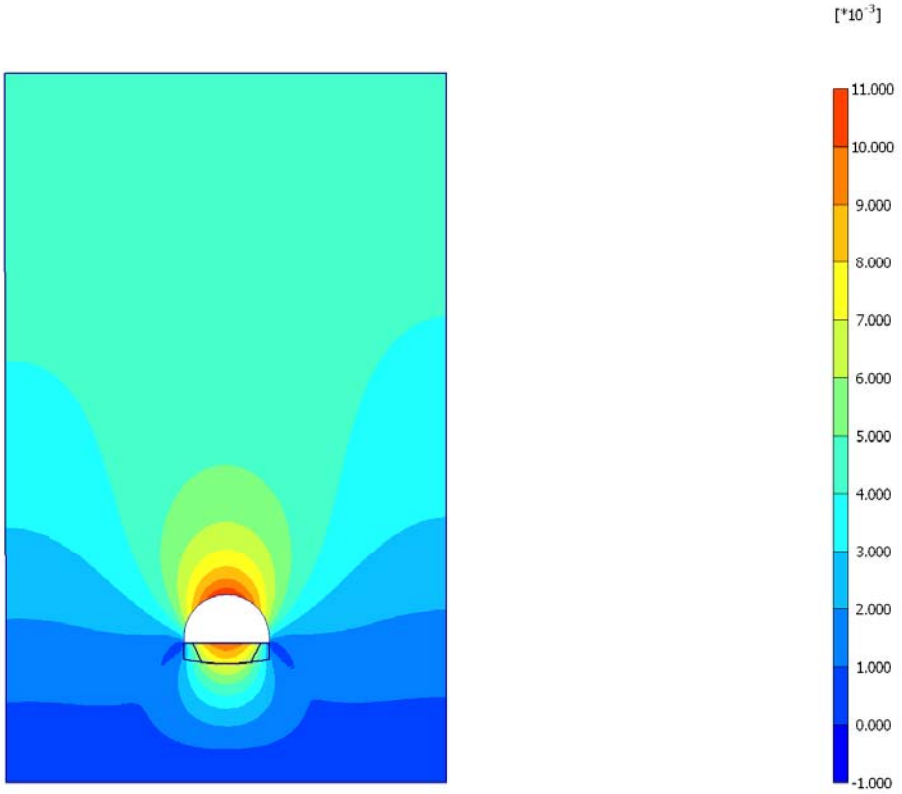


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

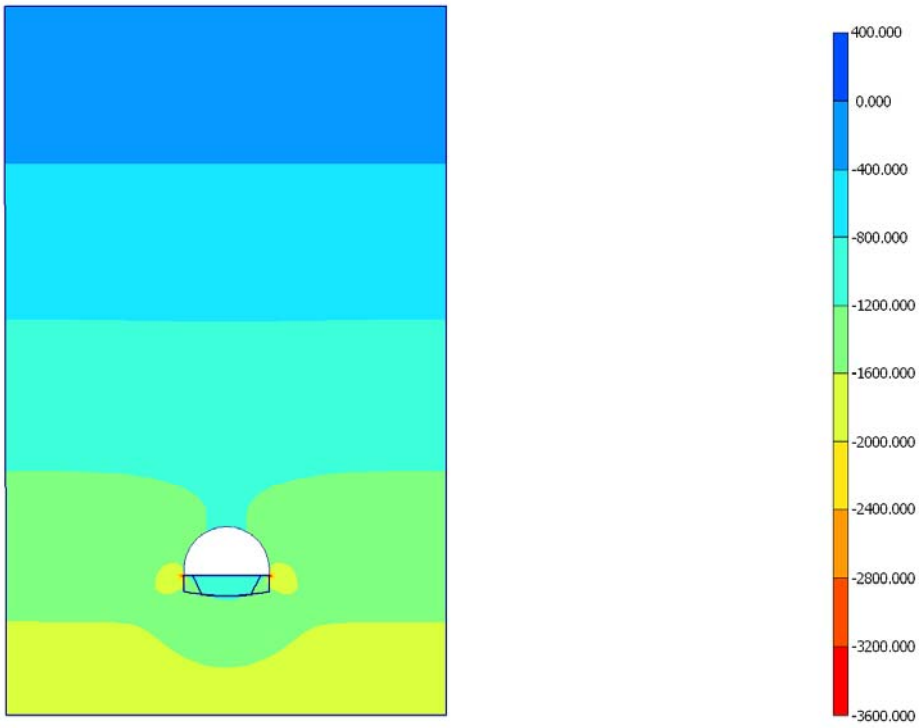


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

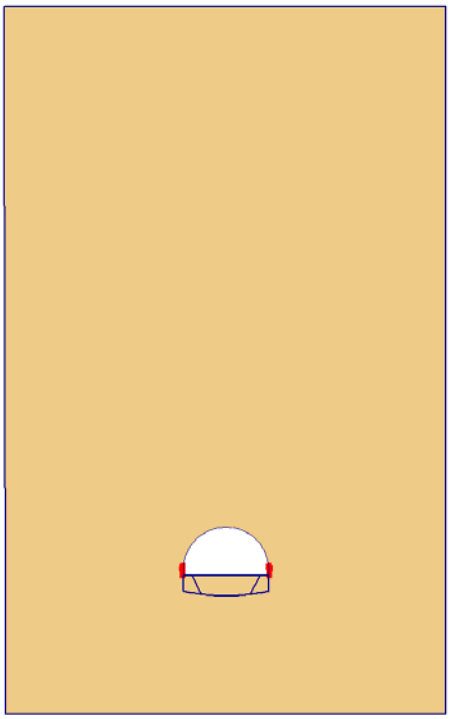


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

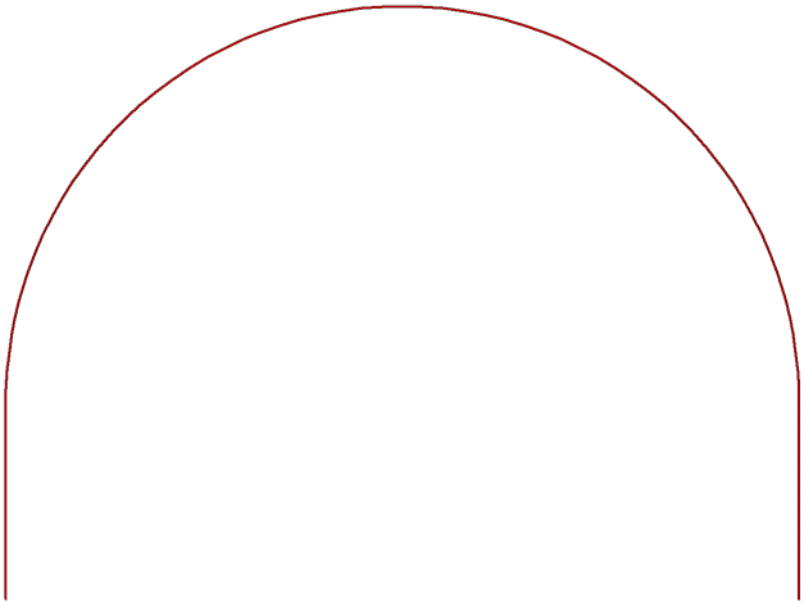


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

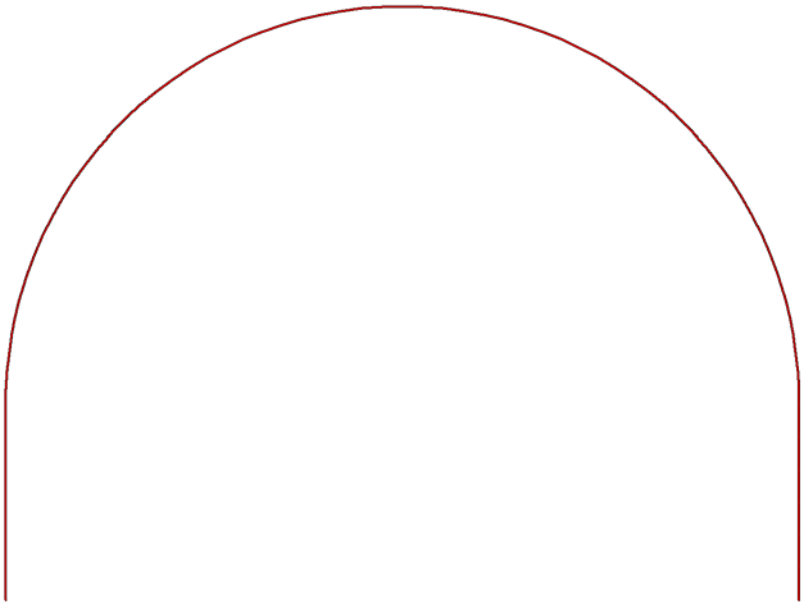


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	1671 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2253 1859	-8,800 -4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2765 2115	-8,740 -4,758	4,322 3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3077 3035	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3431 3363	-7,600 -4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4085 4059	-6,510 -3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4531 4195	-5,150 -2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5171 4477	-1,820 -0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5821 5251	1,820 0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6109 5277	3,560 1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5795 5267	5,150 2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5785 4951	6,510 3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4663 5145	4,536 8,350	4,911 6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5607 4763	7,600 4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4327 5031	4,758 8,740	3,939 4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4547 3969	8,800 4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4363 3683	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	5161 4467	-3,560 -1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	5399 4795	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

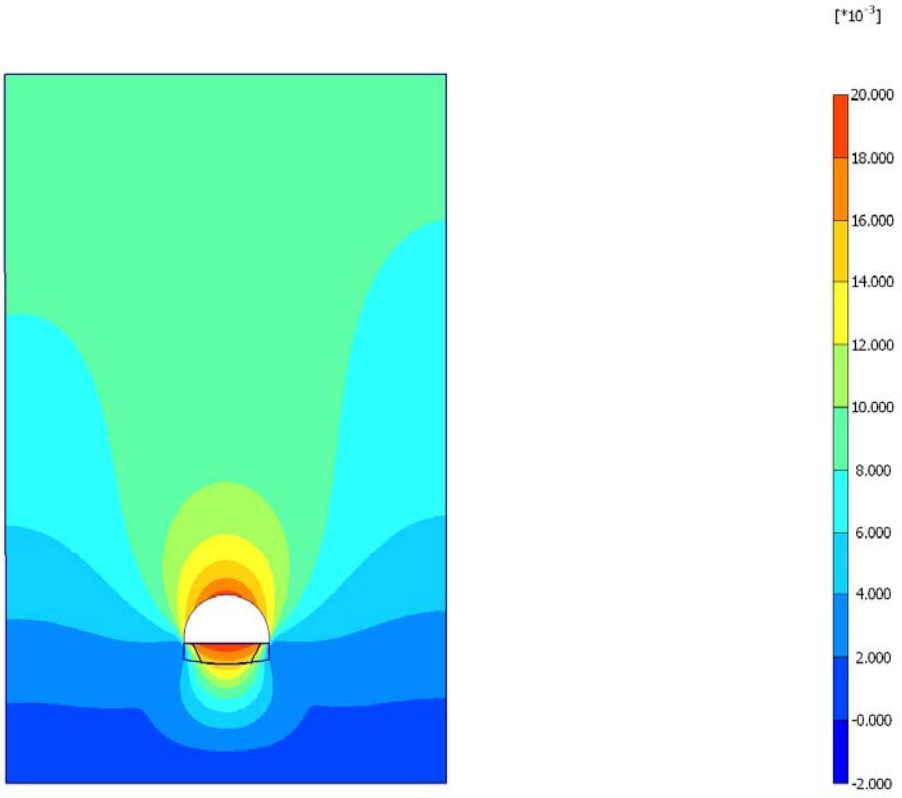


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 18 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

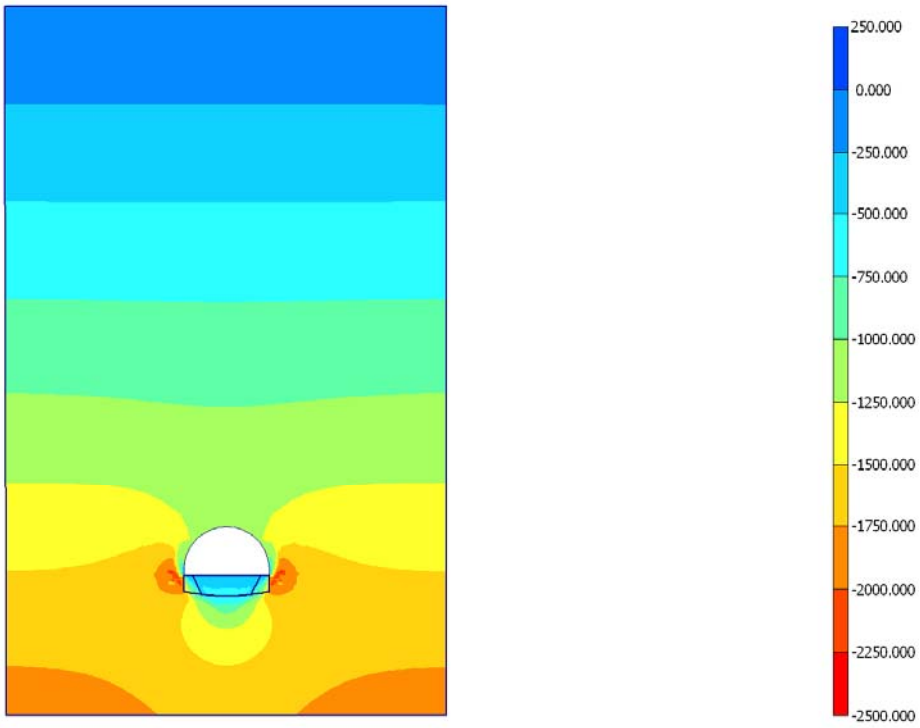


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 18 - (Phase: 2)

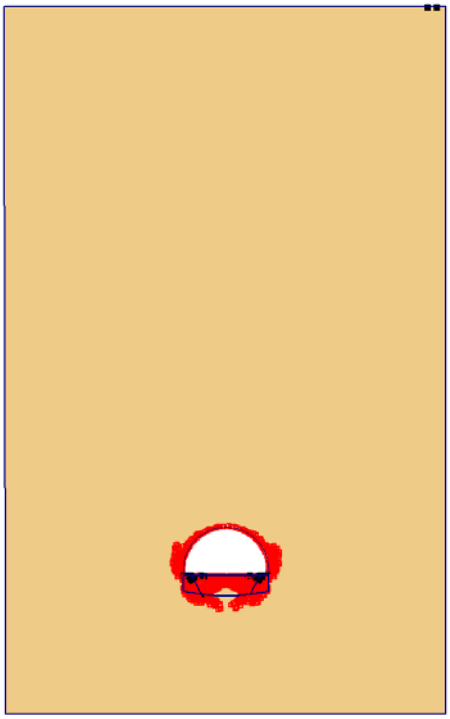


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 18 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

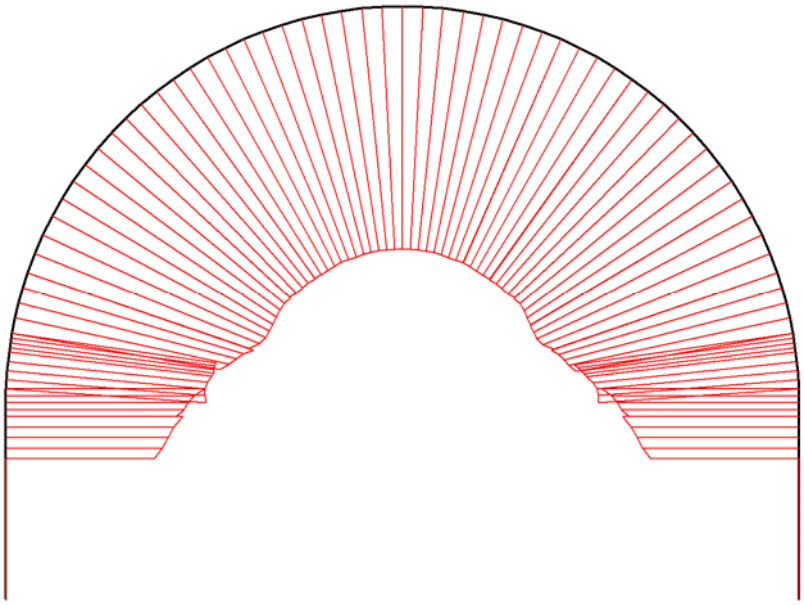


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -1,40*10^3 kN/m (Phase: 2)

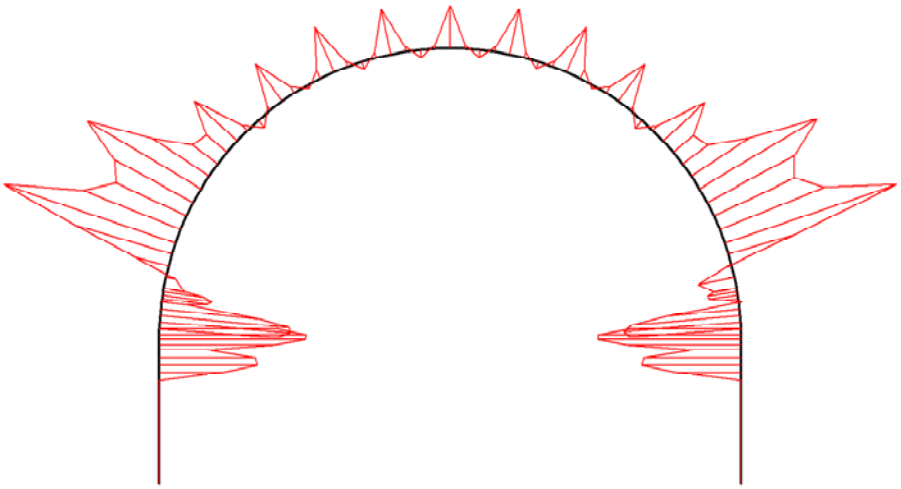


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value -15,87 kNm/m (Phase: 2)

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	1671 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2253 1859	-8,800 -4,799	2,882 3,155	127,718	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2765 2115	-8,740 -4,758	4,322 3,939	117,786	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3077 3035	-8,350 -4,536	6,112 4,911	78,064	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3431 3363	-7,600 -4,116	7,782 5,811	51,279	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4085 4059	-6,510 -3,519	9,262 6,606	43,951	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4531 4195	-5,150 -2,777	10,482 7,257	42,342	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5171 4477	-1,820 -0,980	11,952 8,041	41,454	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5821 5251	1,820 0,980	11,952 8,041	41,221	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6109 5277	3,560 1,917	11,392 7,742	41,399	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5795 5267	5,150 2,777	10,482 7,257	42,336	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5785 4951	6,510 3,519	9,262 6,606	43,821	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4663 5145	4,536 8,350	4,911 6,112	78,353	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5607 4763	7,600 4,116	7,782 5,811	50,690	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4327 5031	4,758 8,740	3,939 4,322	117,153	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4547 3969	8,800 4,799	2,882 3,155	127,147	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4363 3683	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	5161 4467	-3,560 -1,917	11,392 7,742	41,401	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	5399 4795	0,000 0,000	12,142 8,142	41,312	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

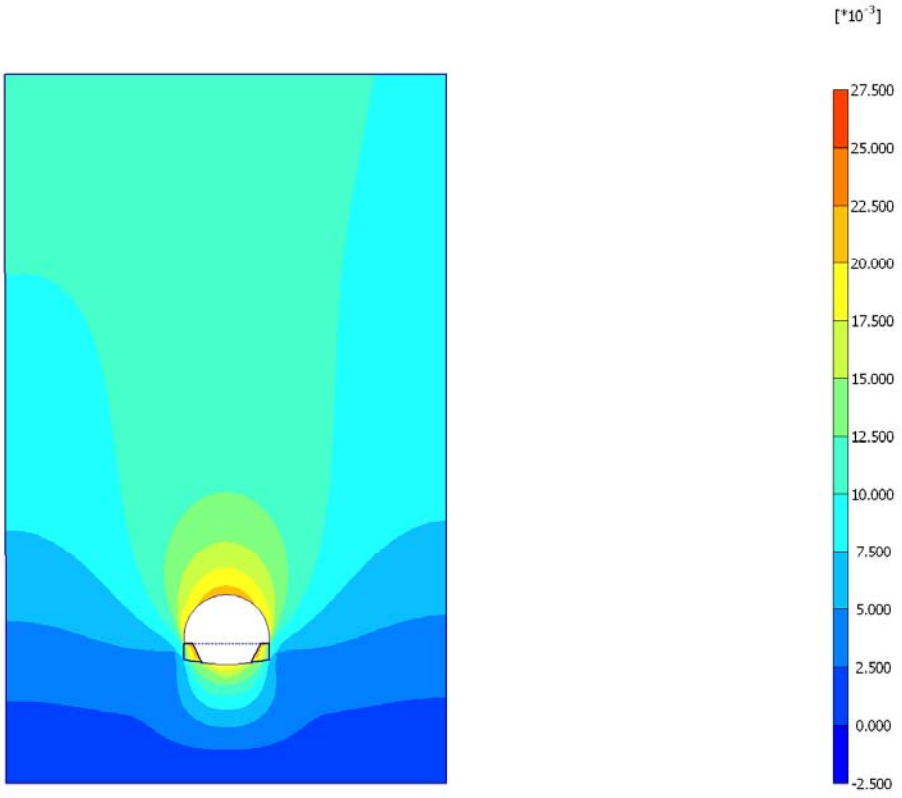


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 31 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

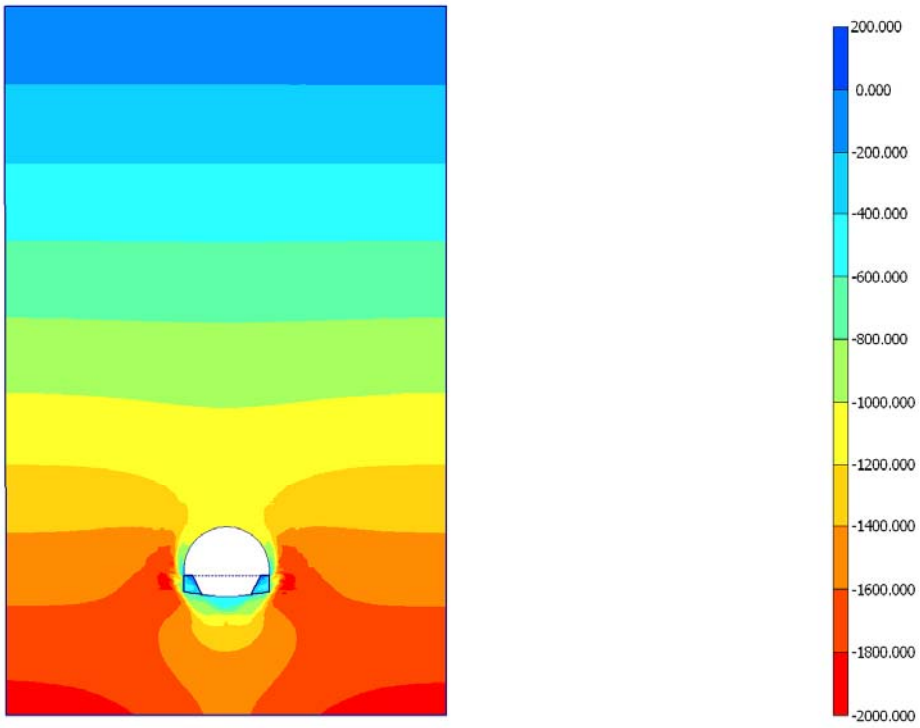


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 31 - (Phase: 3)

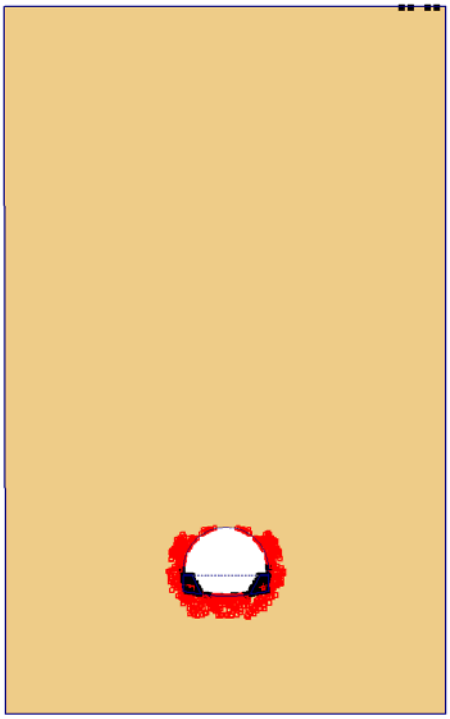


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 31 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

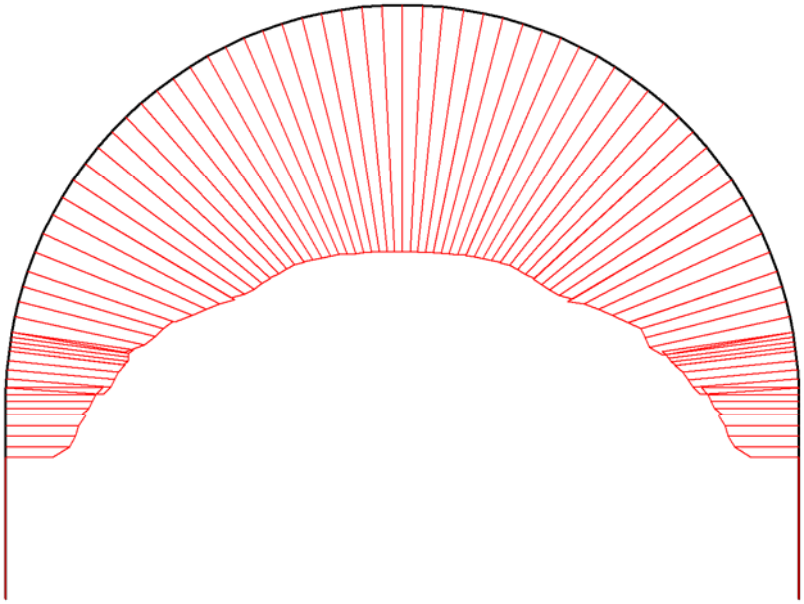


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -1,39*10^3 kN/m (Phase: 3)

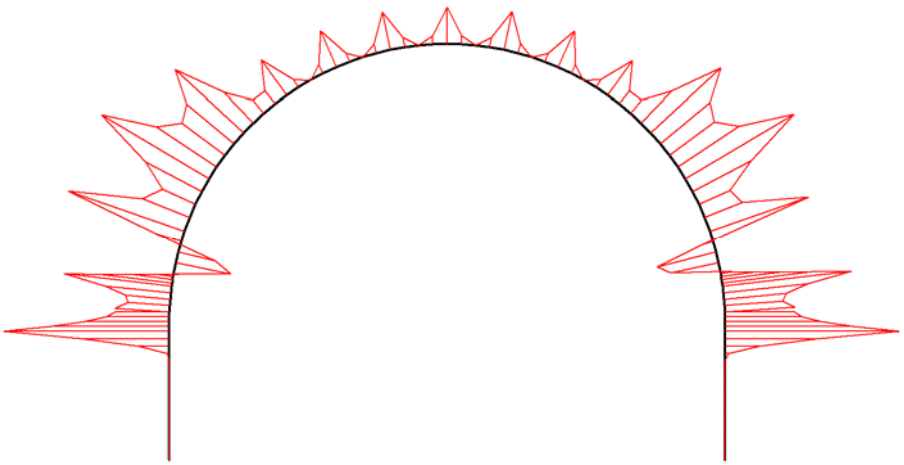


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value -23,28 kNm/m (Phase: 3)

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	1671 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2253 1859	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2765 2115	-8,740 -4,758	4,322 3,939	173,090	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3077 3035	-8,350 -4,536	6,112 4,911	132,215	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3431 3363	-7,600 -4,116	7,782 5,811	86,948	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4085 4059	-6,510 -3,519	9,262 6,606	59,110	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4531 4195	-5,150 -2,777	10,482 7,257	50,687	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5171 4477	-1,820 -0,980	11,952 8,041	46,652	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5821 5251	1,820 0,980	11,952 8,041	46,404	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6109 5277	3,560 1,917	11,392 7,742	47,803	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5795 5267	5,150 2,777	10,482 7,257	50,667	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5785 4951	6,510 3,519	9,262 6,606	58,883	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4663 5145	4,536 8,350	4,911 6,112	133,559	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5607 4763	7,600 4,116	7,782 5,811	87,146	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4327 5031	4,758 8,740	3,939 4,322	170,510	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4547 3969	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4363 3683	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	5161 4467	-3,560 -1,917	11,392 7,742	47,773	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	5399 4795	0,000 0,000	12,142 8,142	46,099	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

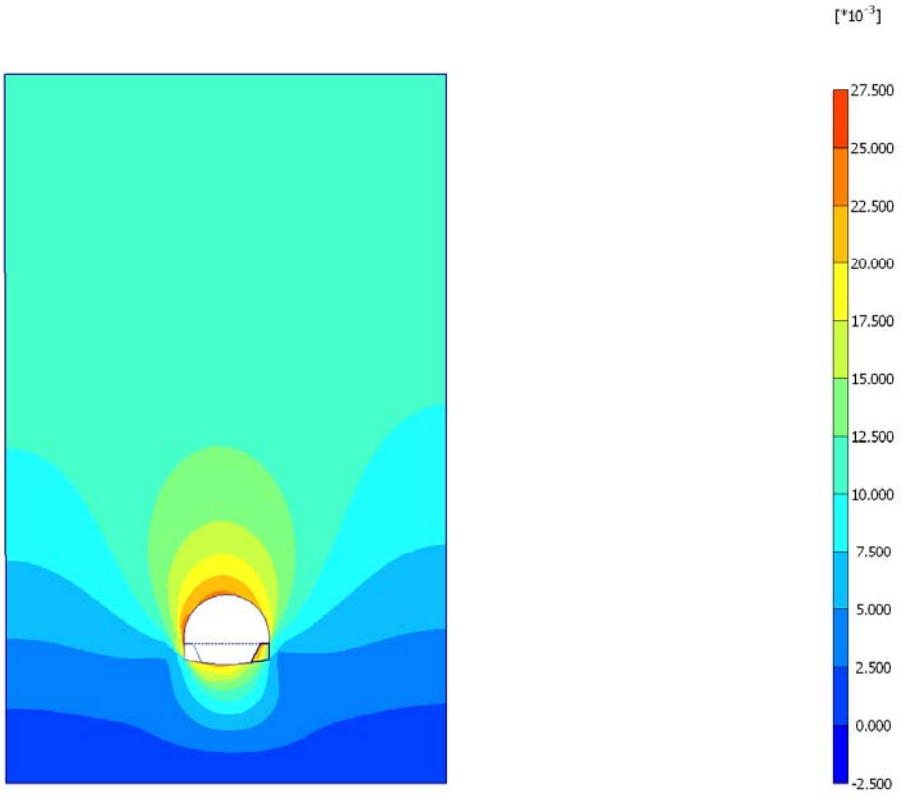


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 45 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

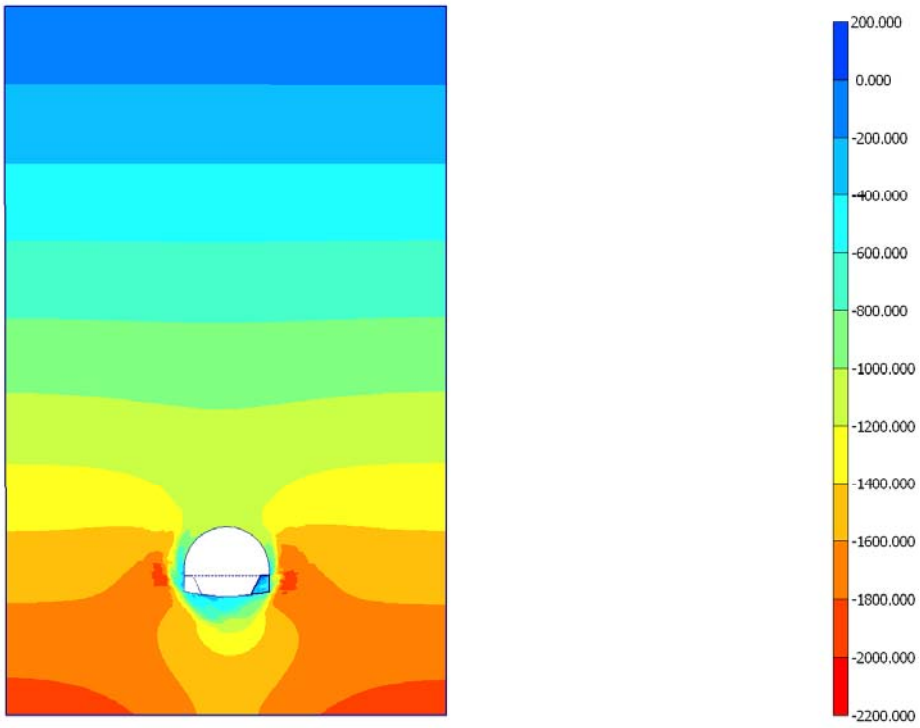


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 45 - (Phase: 4)

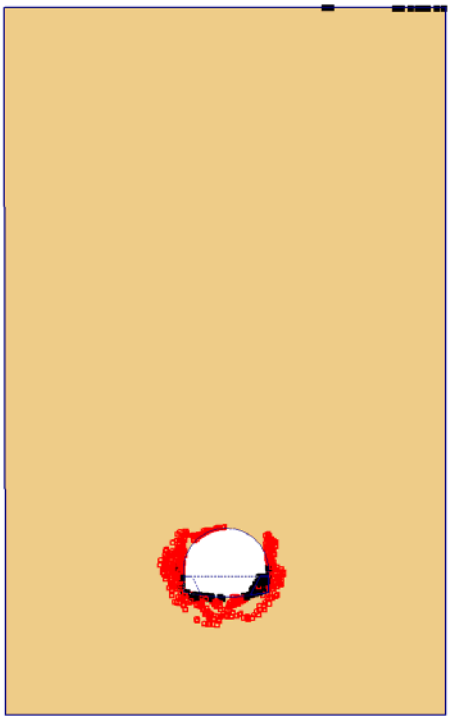


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 45 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

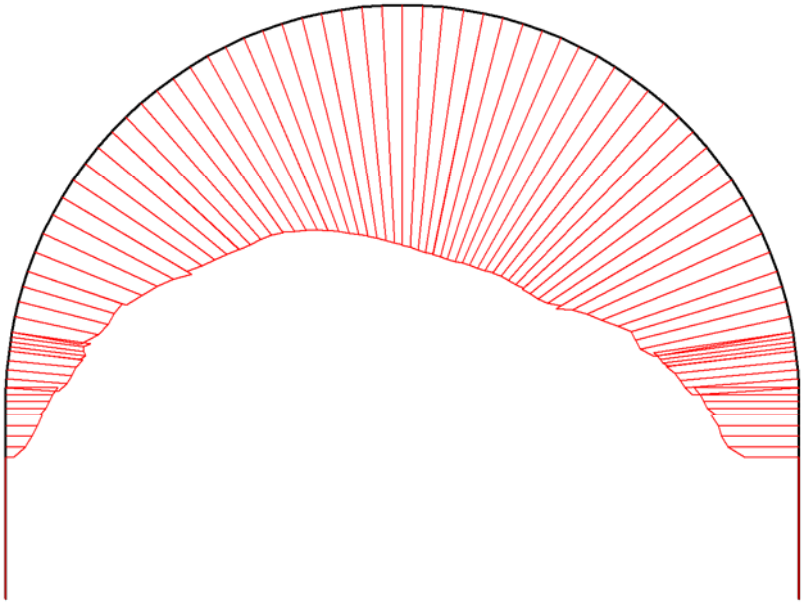


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -1,39*10^3 kN/m (Phase: 4)

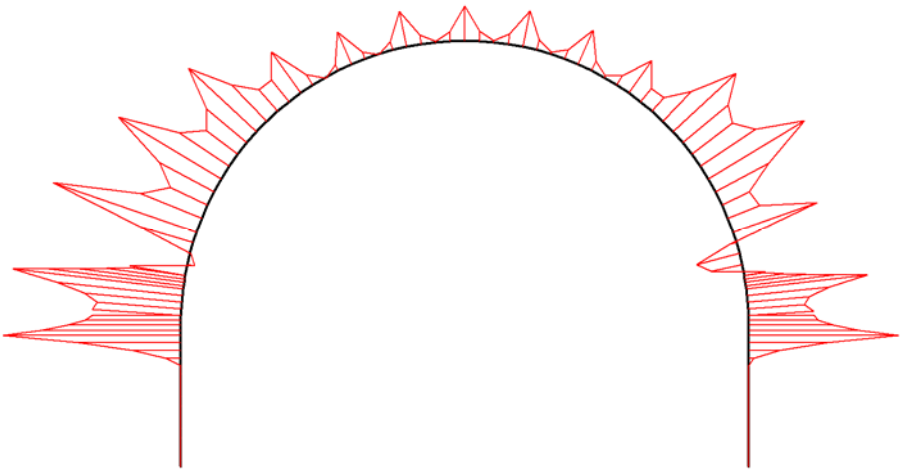


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -27,94 kNm/m (Phase: 4)

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	1671 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2253 1859	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2765 2115	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3077 3035	-8,350 -4,536	6,112 4,911	165,392	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3431 3363	-7,600 -4,116	7,782 5,811	108,464	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4085 4059	-6,510 -3,519	9,262 6,606	72,696	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4531 4195	-5,150 -2,777	10,482 7,257	57,578	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5171 4477	-1,820 -0,980	11,952 8,041	50,577	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5821 5251	1,820 0,980	11,952 8,041	48,292	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6109 5277	3,560 1,917	11,392 7,742	49,063	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5795 5267	5,150 2,777	10,482 7,257	51,575	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5785 4951	6,510 3,519	9,262 6,606	59,889	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4663 5145	4,536 8,350	4,911 6,112	135,701	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5607 4763	7,600 4,116	7,782 5,811	88,768	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4327 5031	4,758 8,740	3,939 4,322	173,192	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4547 3969	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4363 3683	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	5161	-3,560	11,392	52,955	184,00	184,00	103000,0	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
	4467	-1,917	7,742				0		
19	5399 4795	0,000 0,000	12,142 8,142	48,849	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

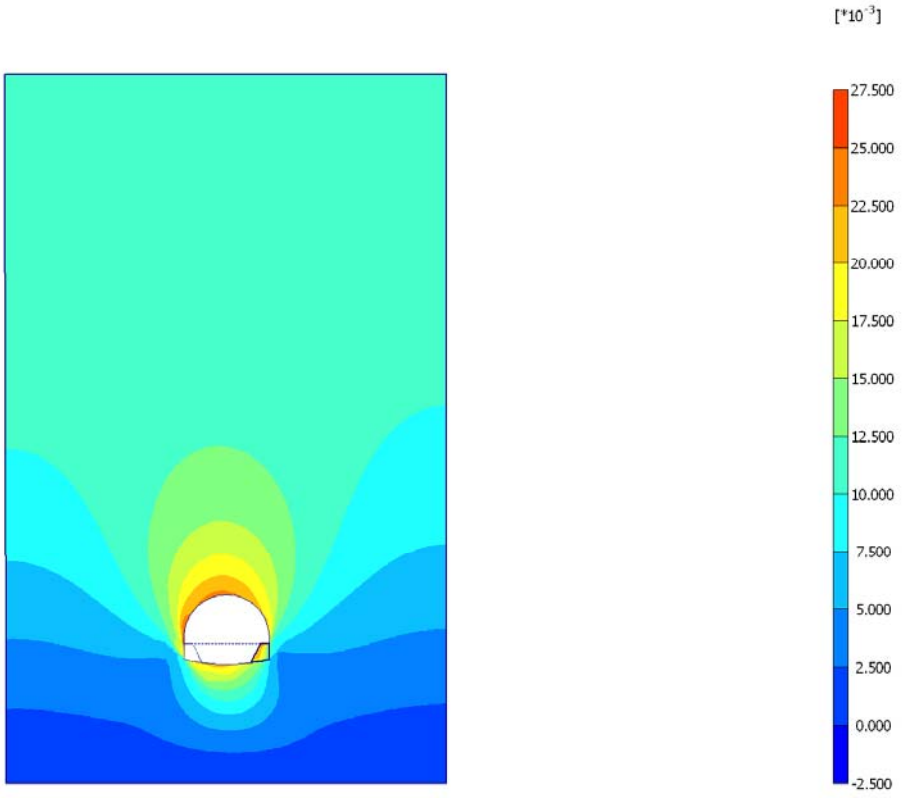


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 47 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

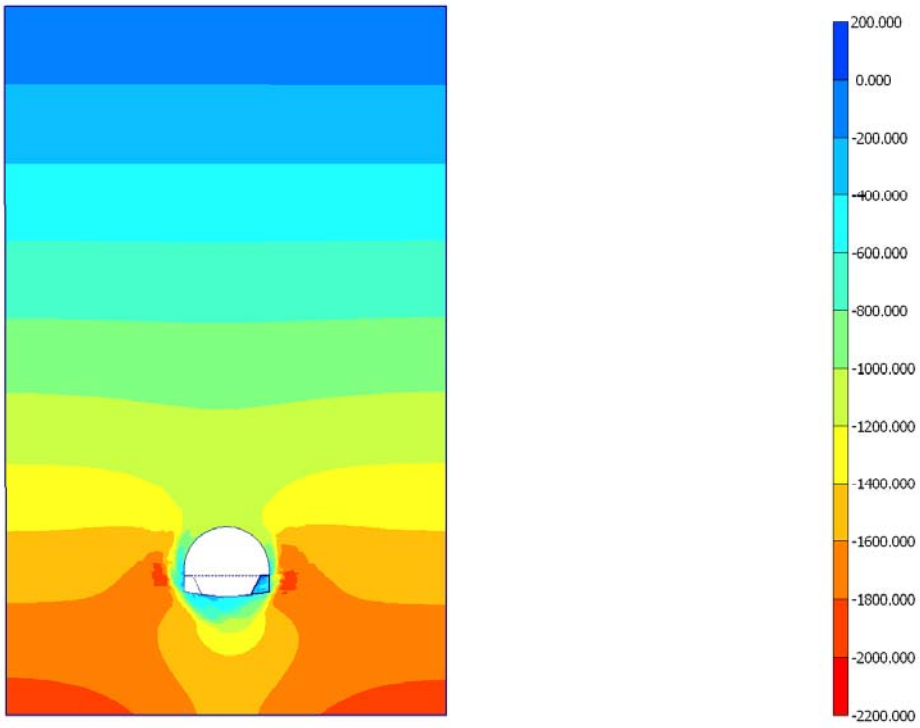


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 47 - (Phase: 5)

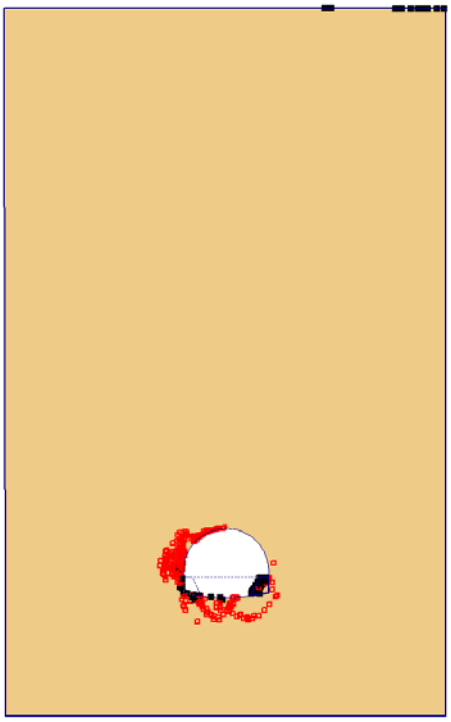


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 47 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

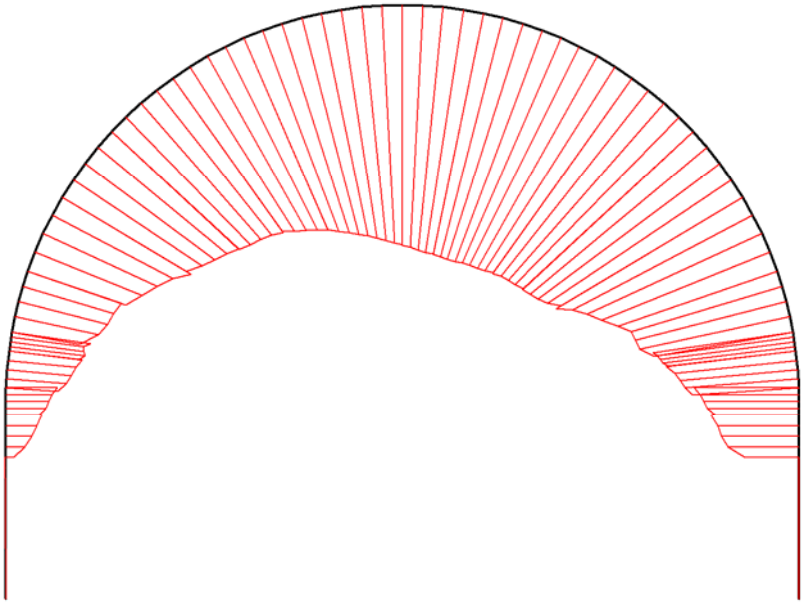


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -1,39*10^3 kN/m (Phase: 5)

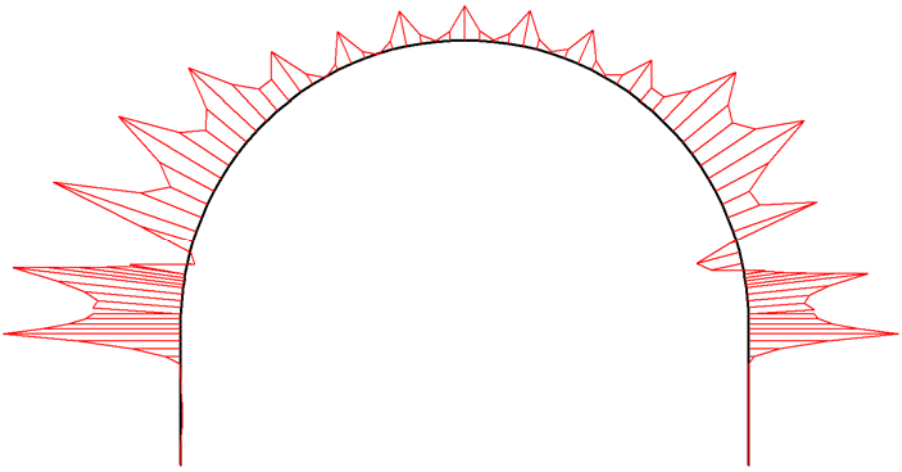


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -27,92 kNm/m (Phase: 5)

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	1671 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,076	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2253 1859	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2765 2115	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3077 3035	-8,350 -4,536	6,112 4,911	165,500	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3431 3363	-7,600 -4,116	7,782 5,811	108,536	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4085 4059	-6,510 -3,519	9,262 6,606	72,750	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4531 4195	-5,150 -2,777	10,482 7,257	57,613	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5171 4477	-1,820 -0,980	11,952 8,041	50,594	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5821 5251	1,820 0,980	11,952 8,041	48,298	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6109 5277	3,560 1,917	11,392 7,742	49,065	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5795 5267	5,150 2,777	10,482 7,257	51,574	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5785 4951	6,510 3,519	9,262 6,606	59,885	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4663 5145	4,536 8,350	4,911 6,112	135,695	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5607 4763	7,600 4,116	7,782 5,811	88,763	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4327 5031	4,758 8,740	3,939 4,322	173,187	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4547 3969	8,800 4,799	2,882 3,155	183,990	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4363 3683	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	5161 4467	-3,560 -1,917	11,392 7,742	52,979	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	5399 4795	0,000 0,000	12,142 8,142	48,860	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

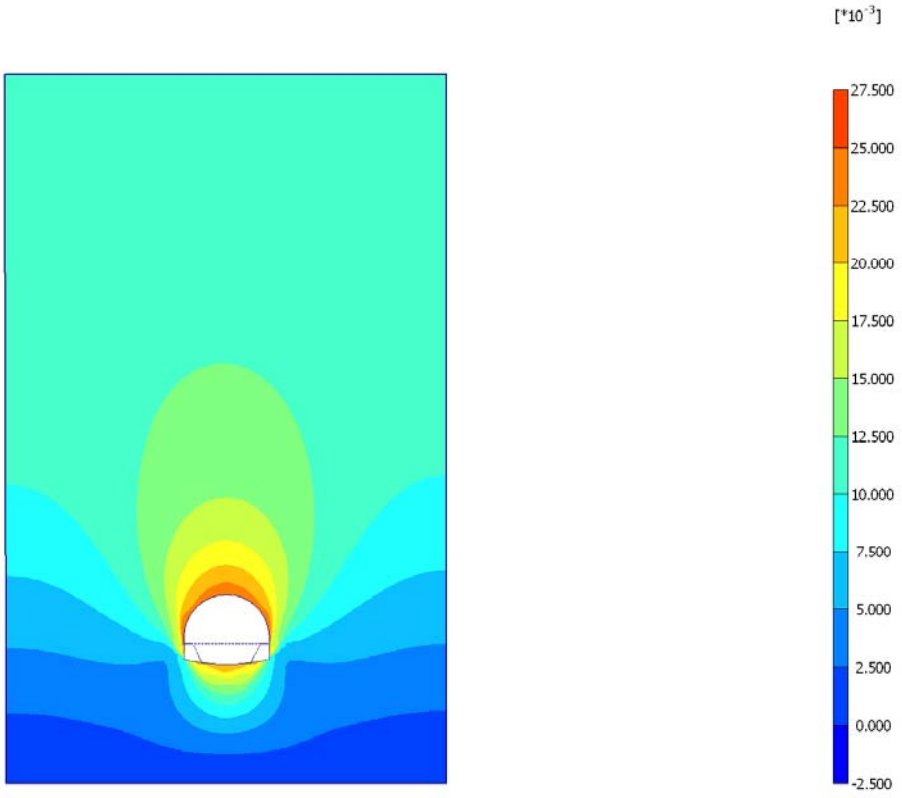


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 57 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

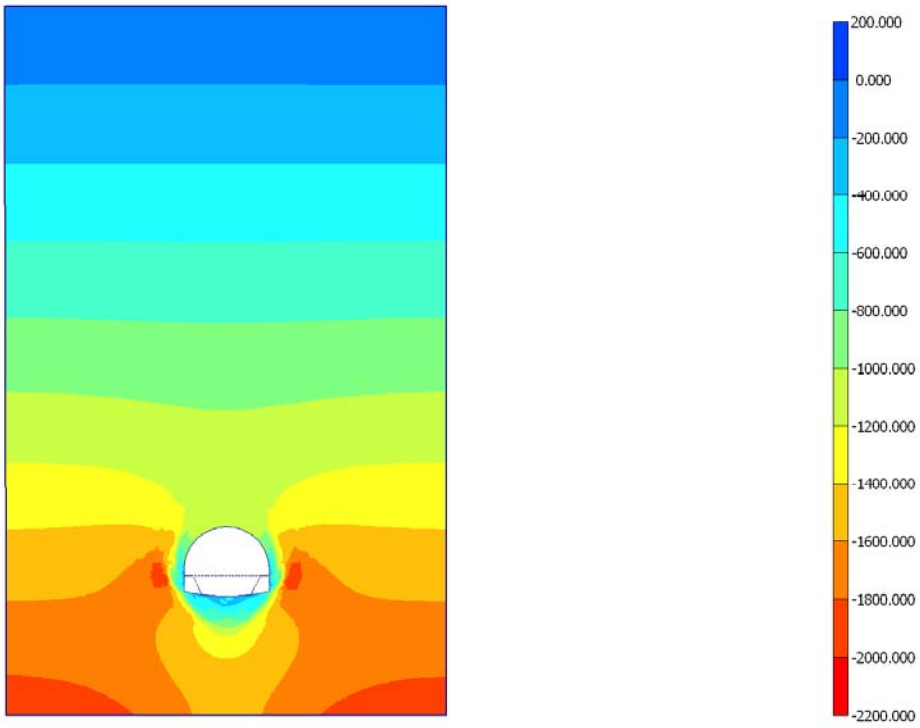


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 57 - (Phase: 6)

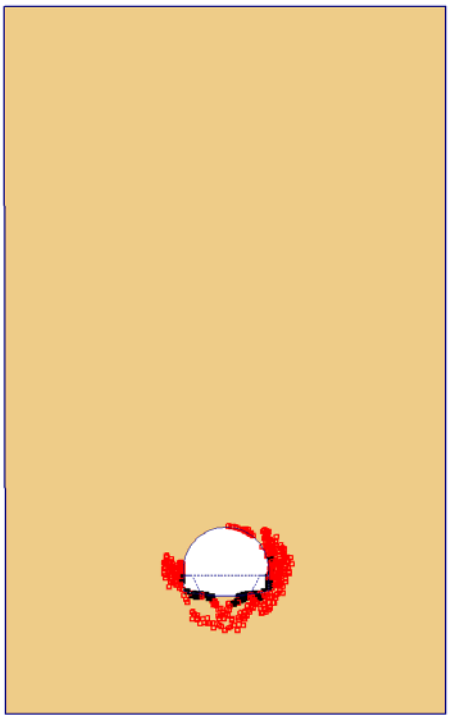


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 57 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

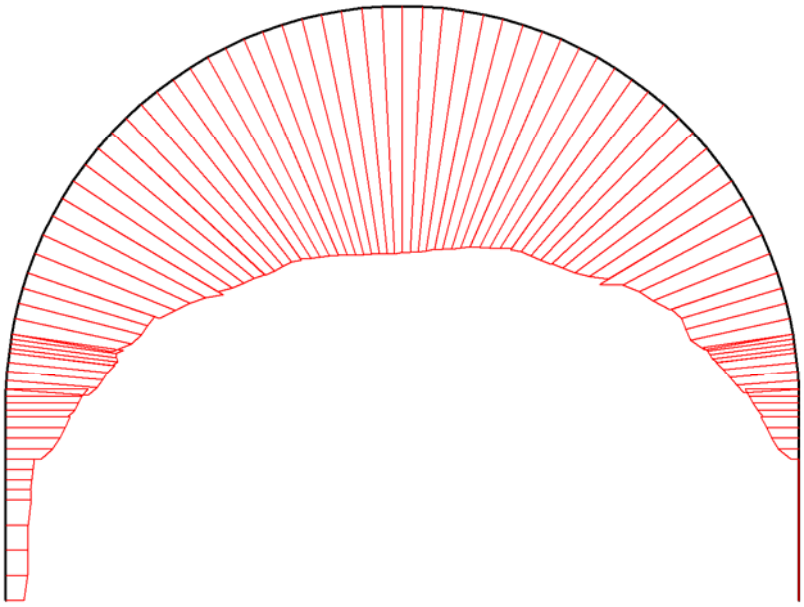


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -1,32*10^3 kN/m (Phase: 6)

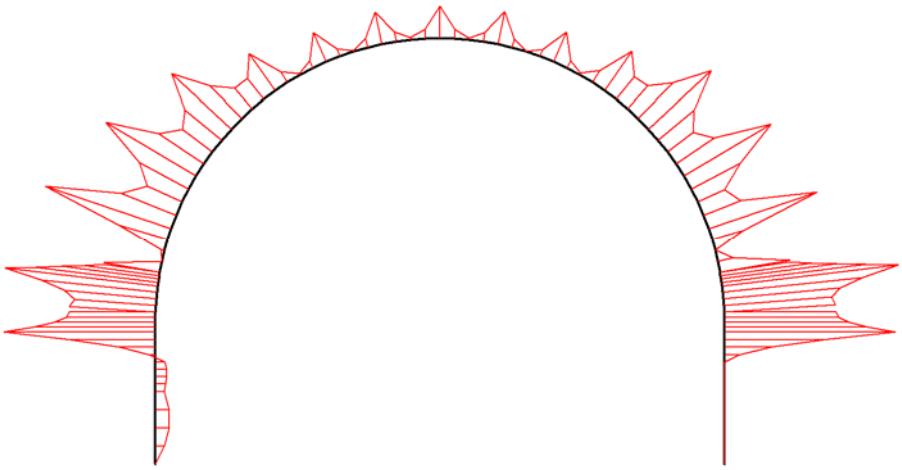


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -32,60 kNm/m (Phase: 6)

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	1671 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	3,055	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2253 1859	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2765 2115	-8,740 -4,758	4,322 3,939	183,591	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3077 3035	-8,350 -4,536	6,112 4,911	164,338	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3431 3363	-7,600 -4,116	7,782 5,811	107,437	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4085 4059	-6,510 -3,519	9,262 6,606	71,965	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4531 4195	-5,150 -2,777	10,482 7,257	57,337	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5171 4477	-1,820 -0,980	11,952 8,041	51,970	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5821 5251	1,820 0,980	11,952 8,041	52,121	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6109 5277	3,560 1,917	11,392 7,742	54,326	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5795 5267	5,150 2,777	10,482 7,257	58,850	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5785 4951	6,510 3,519	9,262 6,606	75,005	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4663 5145	4,536 8,350	4,911 6,112	167,969	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5607 4763	7,600 4,116	7,782 5,811	112,318	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4327 5031	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4547 3969	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4363 3683	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	5161 4467	-3,560 -1,917	11,392 7,742	53,420	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	5399 4795	0,000 0,000	12,142 8,142	51,363	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

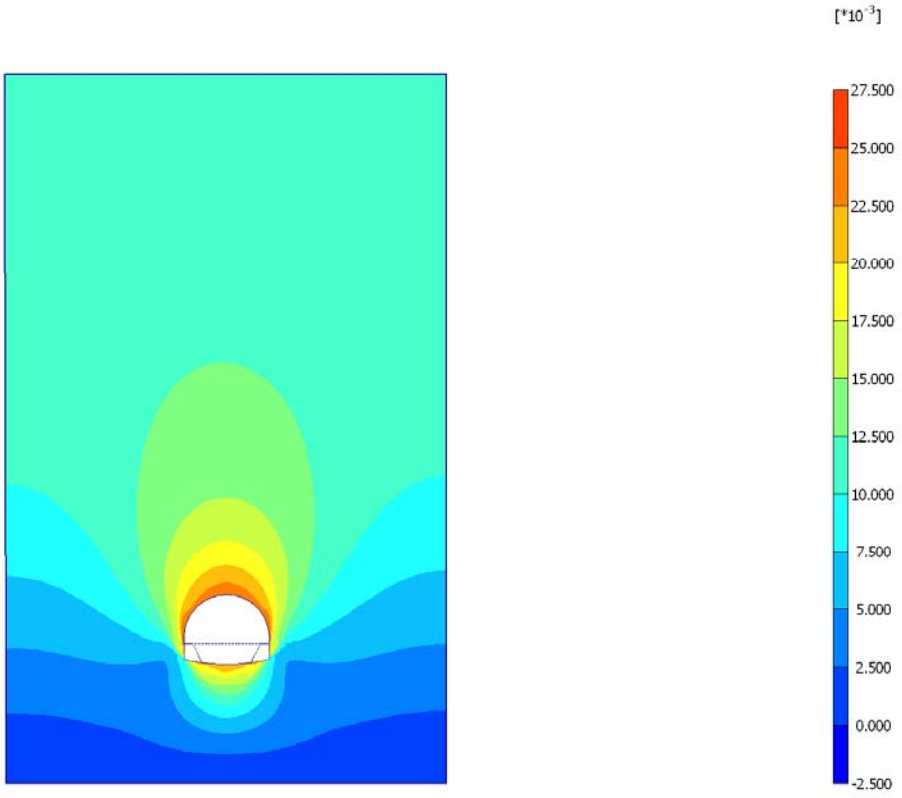


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 59 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

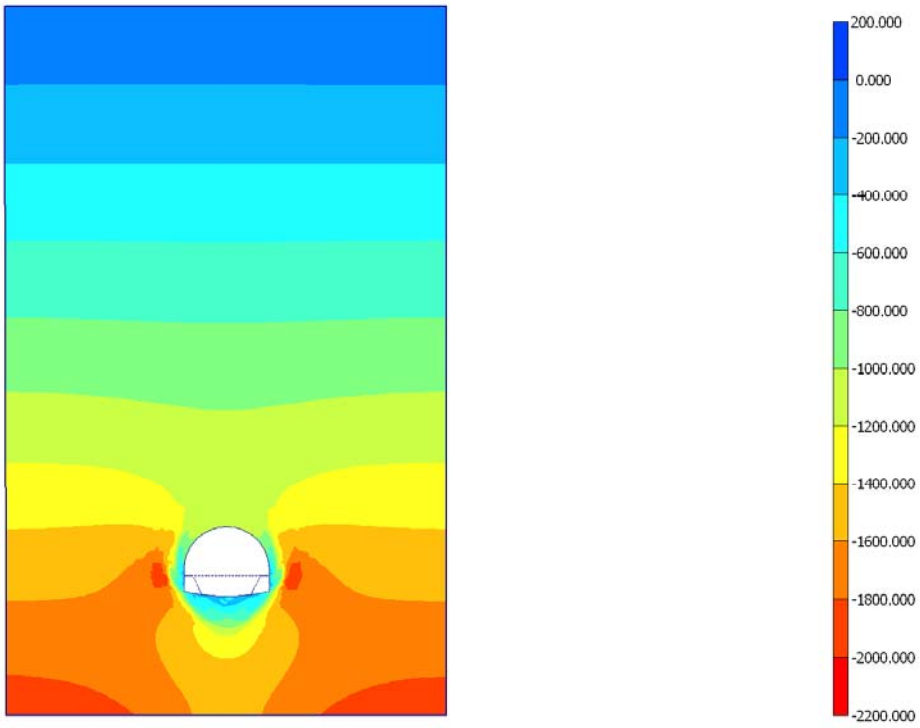


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 59 - (Phase: 7)

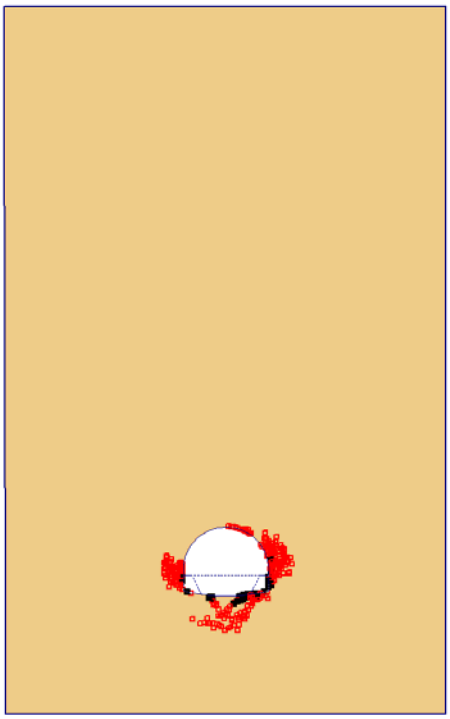


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 59 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

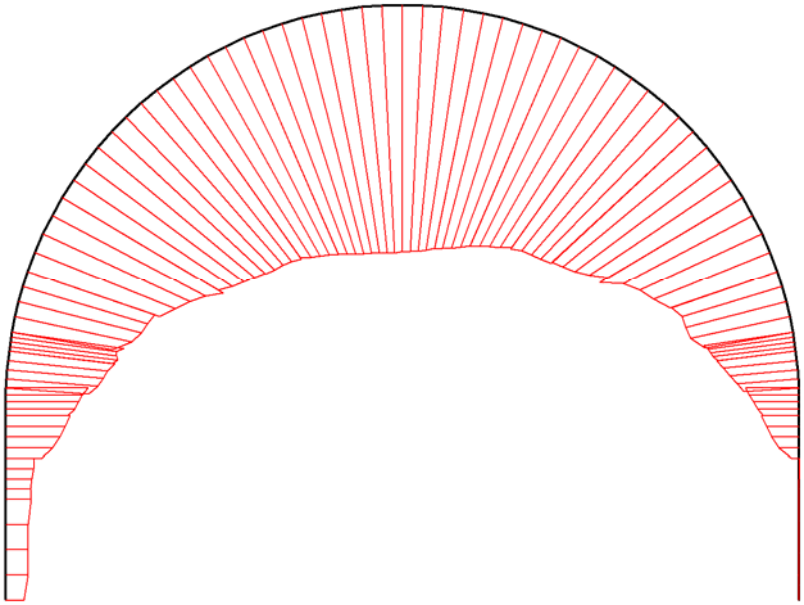


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -1,32*10^3 kN/m (Phase: 7)

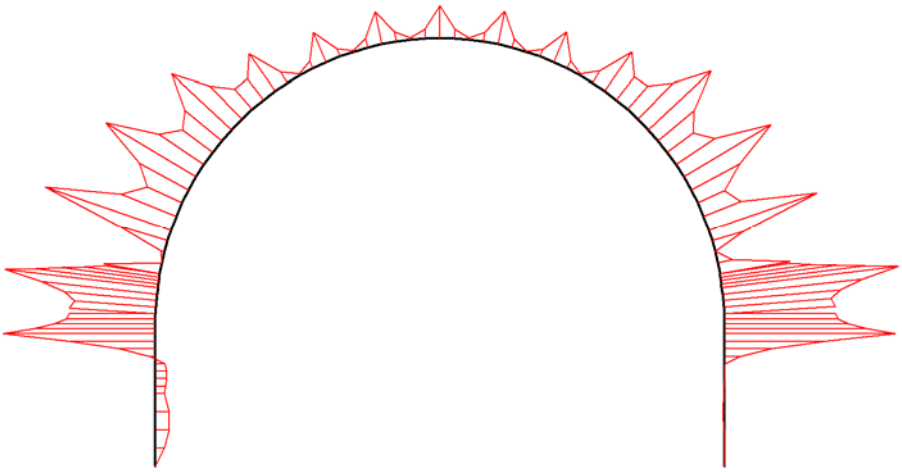


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -32,56 kNm/m (Phase: 7)

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	1671 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	3,066	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2253 1859	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2765 2115	-8,740 -4,758	4,322 3,939	183,591	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3077 3035	-8,350 -4,536	6,112 4,911	164,334	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3431 3363	-7,600 -4,116	7,782 5,811	107,434	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4085 4059	-6,510 -3,519	9,262 6,606	71,963	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4531 4195	-5,150 -2,777	10,482 7,257	57,337	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5171 4477	-1,820 -0,980	11,952 8,041	51,976	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5821 5251	1,820 0,980	11,952 8,041	52,135	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6109 5277	3,560 1,917	11,392 7,742	54,348	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5795 5267	5,150 2,777	10,482 7,257	58,871	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5785 4951	6,510 3,519	9,262 6,606	75,028	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4663 5145	4,536 8,350	4,911 6,112	168,199	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5607 4763	7,600 4,116	7,782 5,811	112,433	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4327 5031	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4547 3969	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4363 3683	8,654 4,799	1,089 2,155	0,087	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	5161 4467	-3,560 -1,917	11,392 7,742	53,422	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	5399 4795	0,000 0,000	12,142 8,142	51,373	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-IV, CS-5 Lutitas y Areniscas (cobertera 40 m)

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	48,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

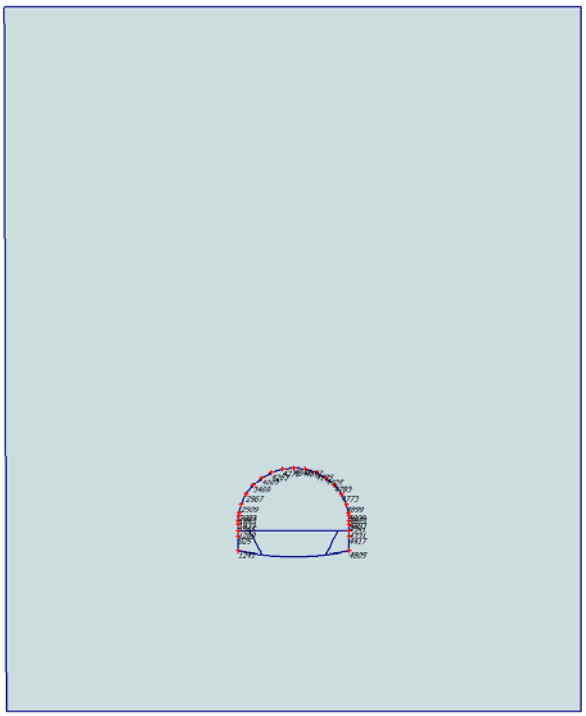


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

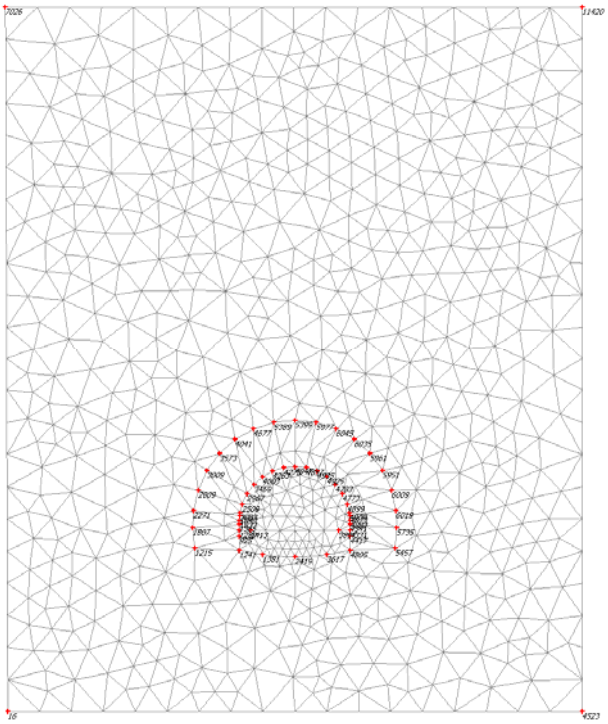


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

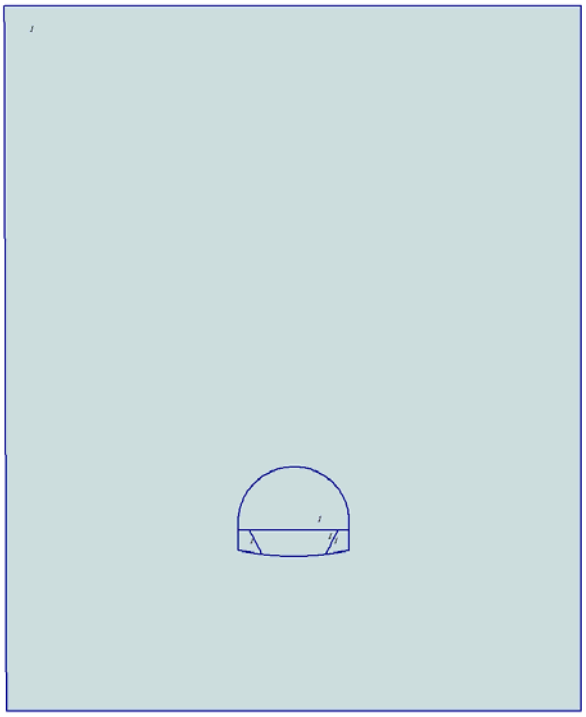


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1** **Lutitas y areniscas RMR_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]	685000,000
ν	[-]	0,250
G_{ref}	[kN/m²]	274000,000
E_{oed}	[kN/m²]	822000,000
c_{ref}	[kN/m²]	160,00
φ	[°]	33,00
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	11
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	12	38
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	39	47
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	48	49
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	50	55
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	56	58

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

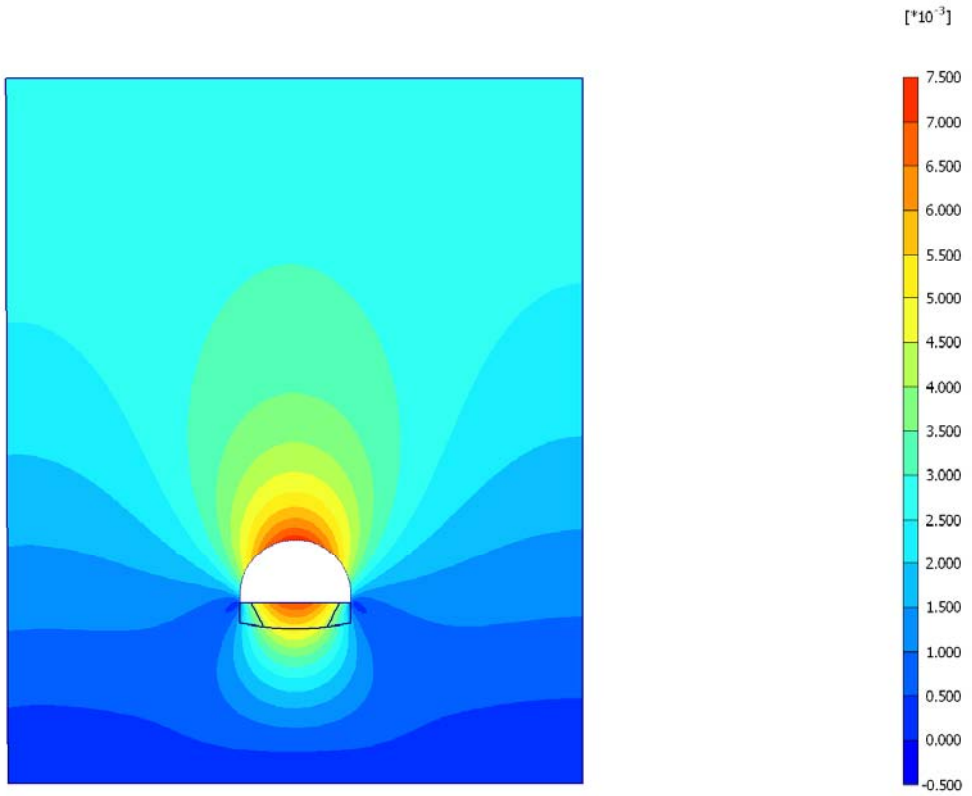


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

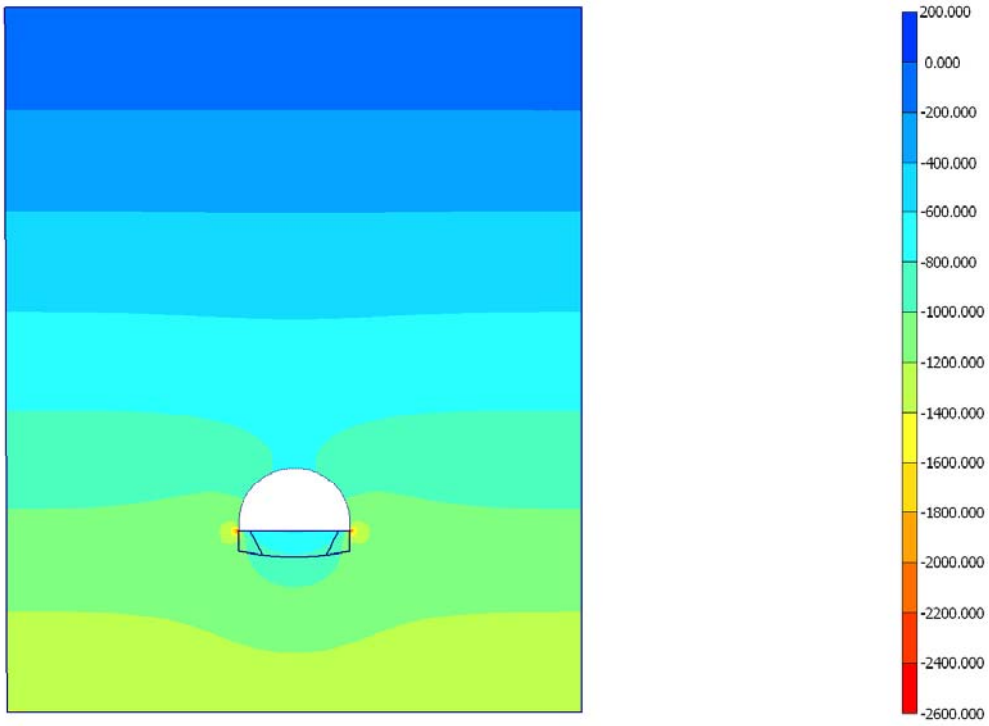


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

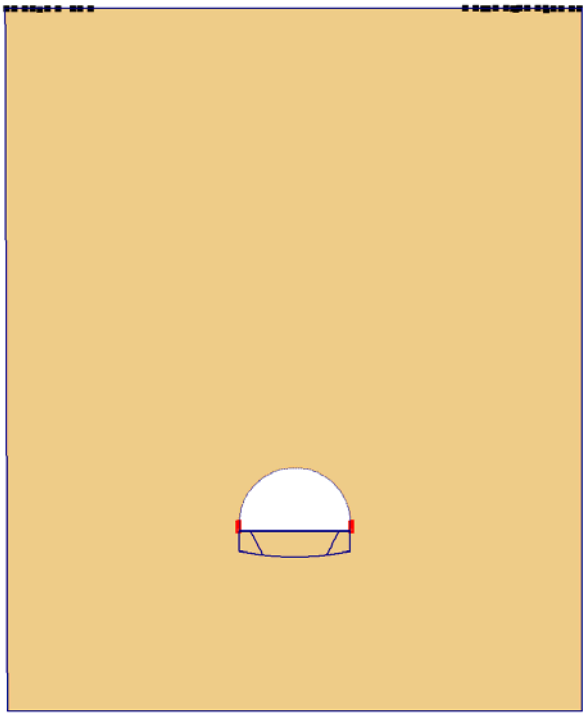


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

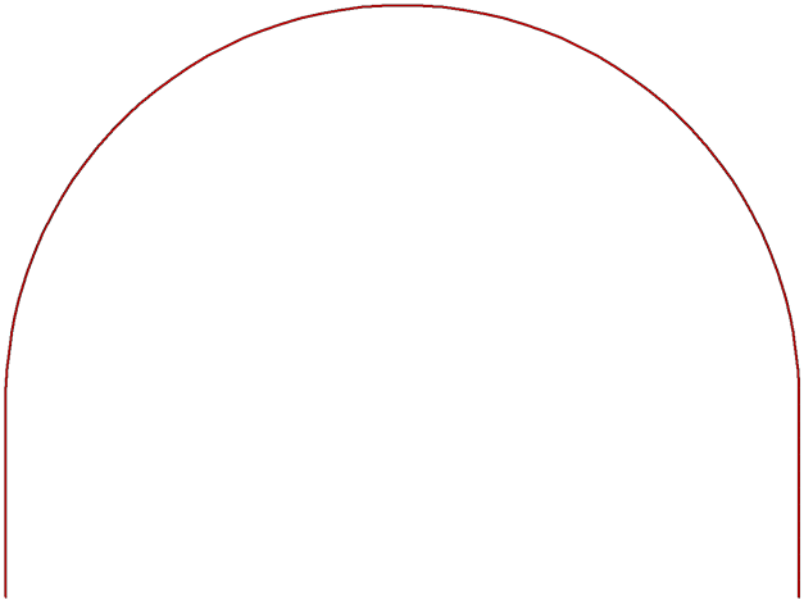


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

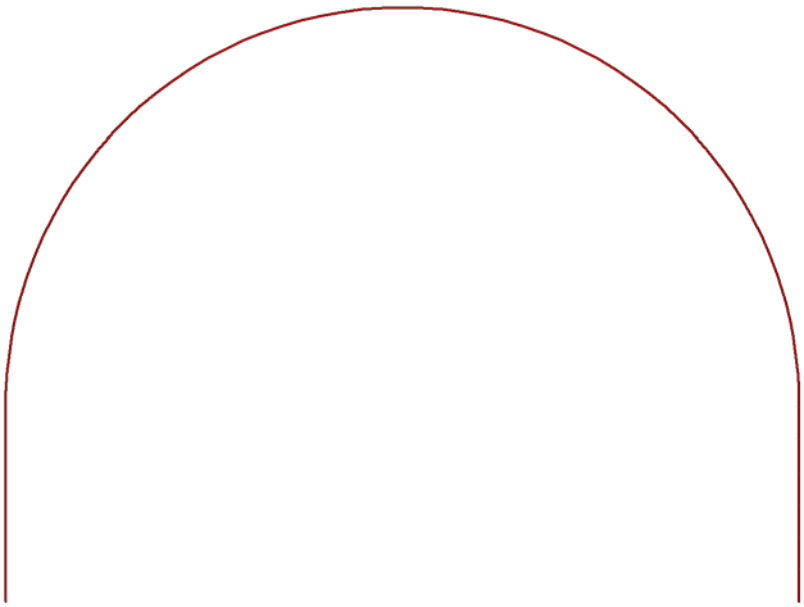


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	1215 925	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1807 1365	-8,800 -4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2271 1843	-8,740 -4,758	4,322 3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2809 2509	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3009 2967	-7,600 -4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3573 3469	-6,510 -3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4041 4003	-5,150 -2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5389 4273	-1,820 -0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5977 4857	1,820 0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6045 4935	3,560 1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	6035 4925	5,150 2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5961 4783	6,510 3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4899 6009	4,536 8,350	4,911 6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5951 4773	7,600 4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4873 6019	4,758 8,740	3,939 4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5735 4341	8,800 4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5457 4417	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4677 4263	-3,560 -1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	5399 4847	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

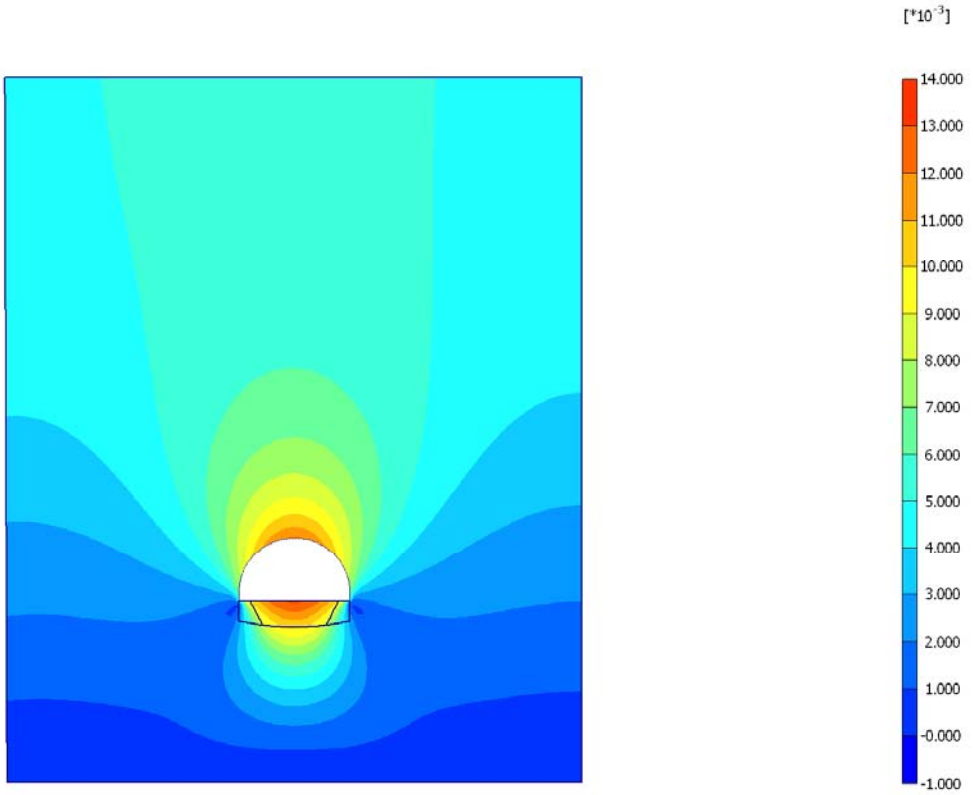


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 11 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

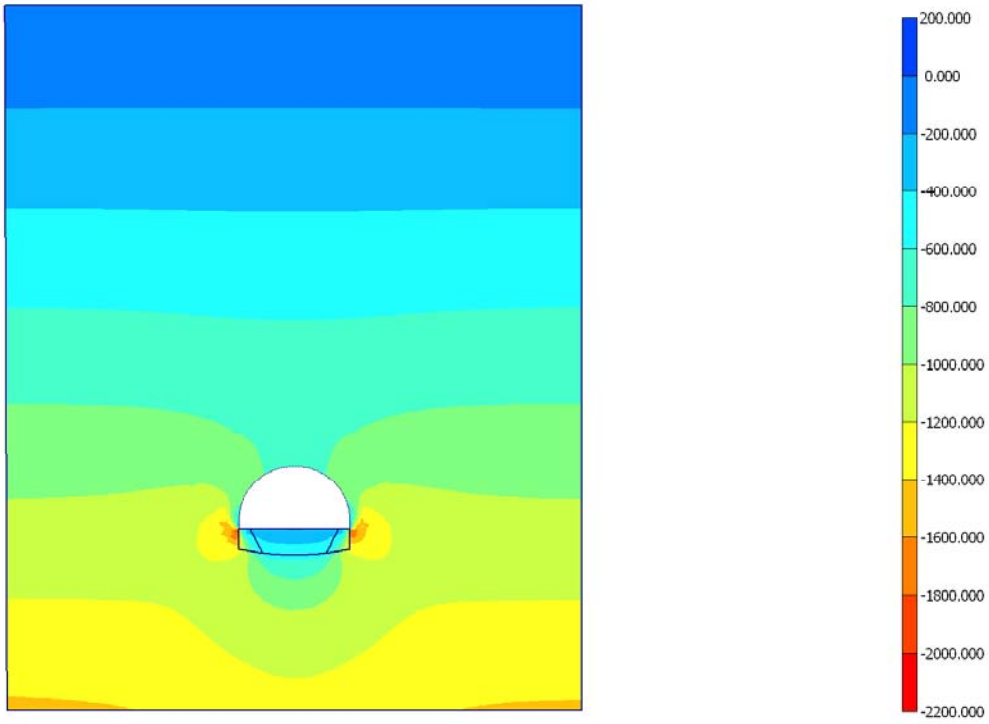


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 11 - (Phase: 2)

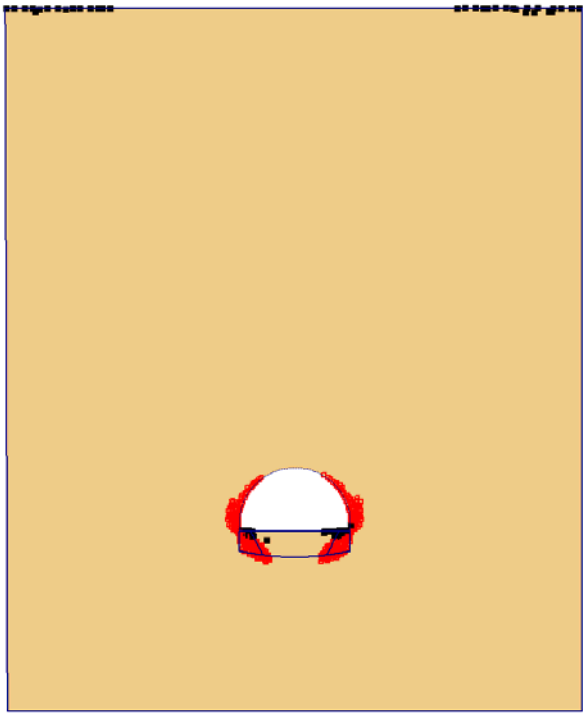


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 11 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

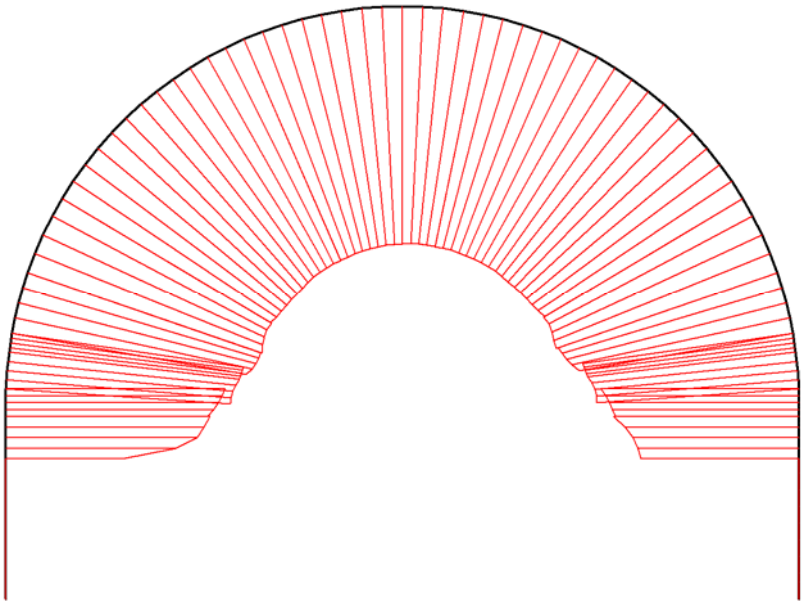


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -986,60 kN/m (Phase: 2)

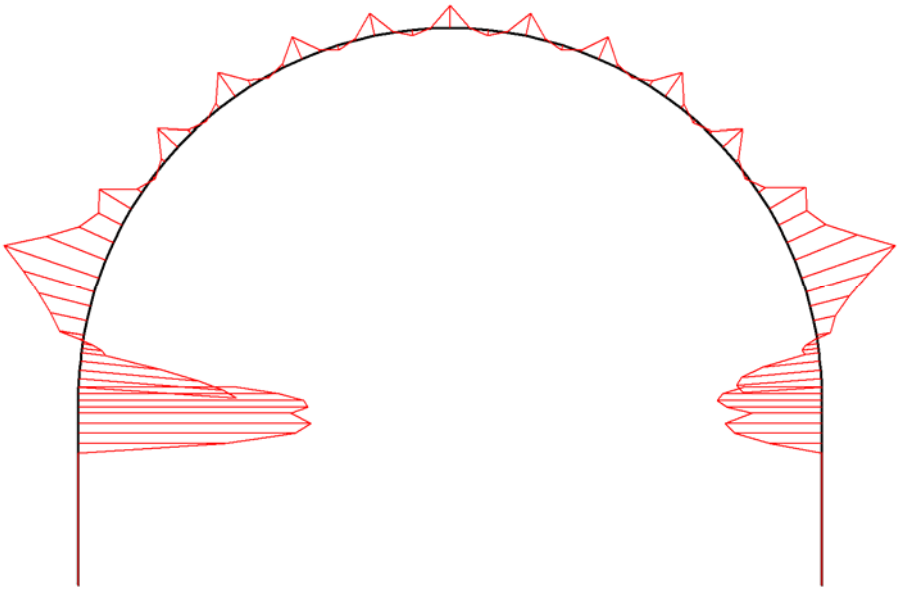


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value 22,37 kNm/m (Phase: 2)

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	1215 925	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1807 1365	-8,800 -4,799	2,882 3,155	58,941	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2271 1843	-8,740 -4,758	4,322 3,939	54,961	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2809 2509	-8,350 -4,536	6,112 4,911	33,611	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3009 2967	-7,600 -4,116	7,782 5,811	27,229	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3573 3469	-6,510 -3,519	9,262 6,606	26,133	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4041 4003	-5,150 -2,777	10,482 7,257	25,628	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5389 4273	-1,820 -0,980	11,952 8,041	26,374	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5977 4857	1,820 0,980	11,952 8,041	26,605	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6045 4935	3,560 1,917	11,392 7,742	26,415	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	6035 4925	5,150 2,777	10,482 7,257	26,385	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5961 4783	6,510 3,519	9,262 6,606	27,172	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4899 6009	4,536 8,350	4,911 6,112	36,549	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5951 4773	7,600 4,116	7,782 5,811	28,637	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4873 6019	4,758 8,740	3,939 4,322	57,696	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5735 4341	8,800 4,799	2,882 3,155	64,084	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5457 4417	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4677 4263	-3,560 -1,917	11,392 7,742	25,939	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	5399 4847	0,000 0,000	12,142 8,142	26,632	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

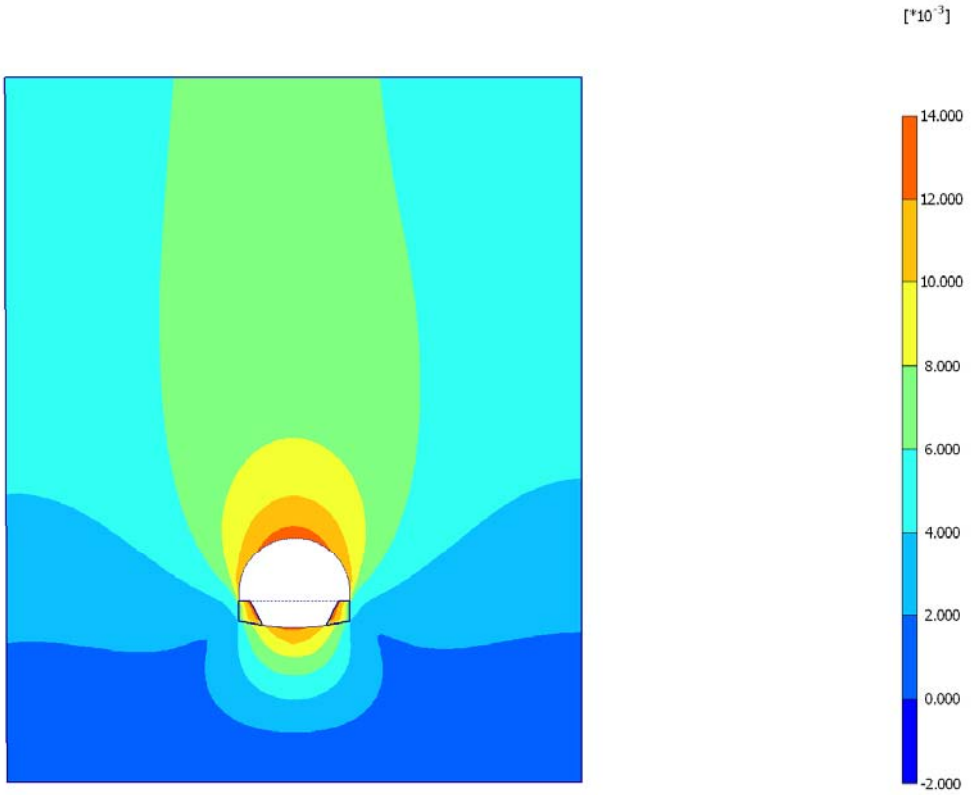


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 38 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

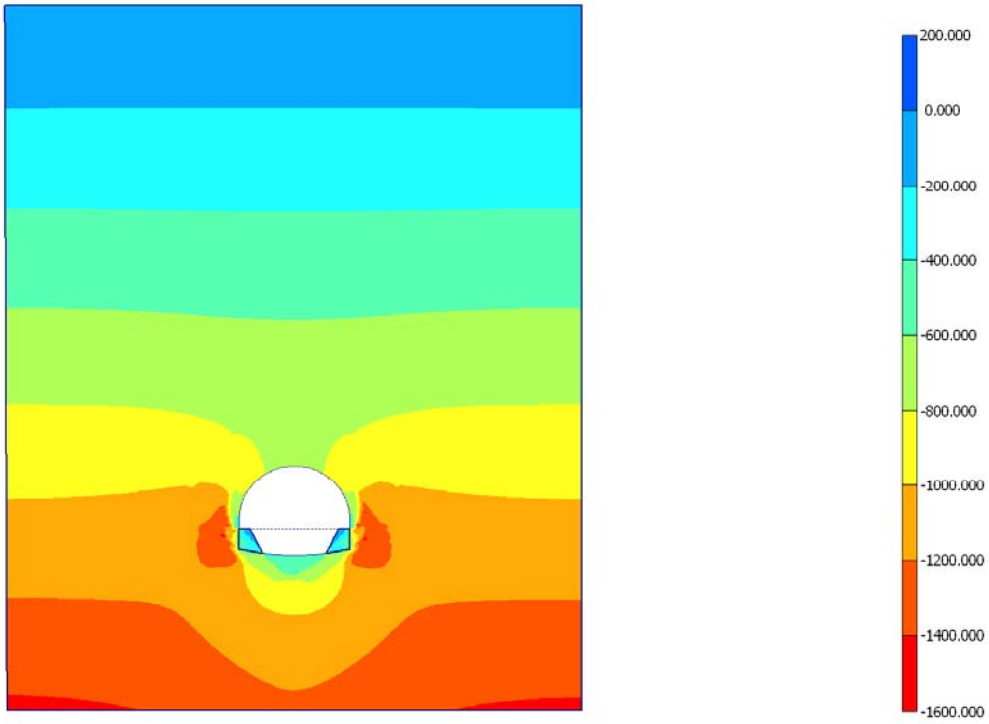


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 38 - (Phase: 3)

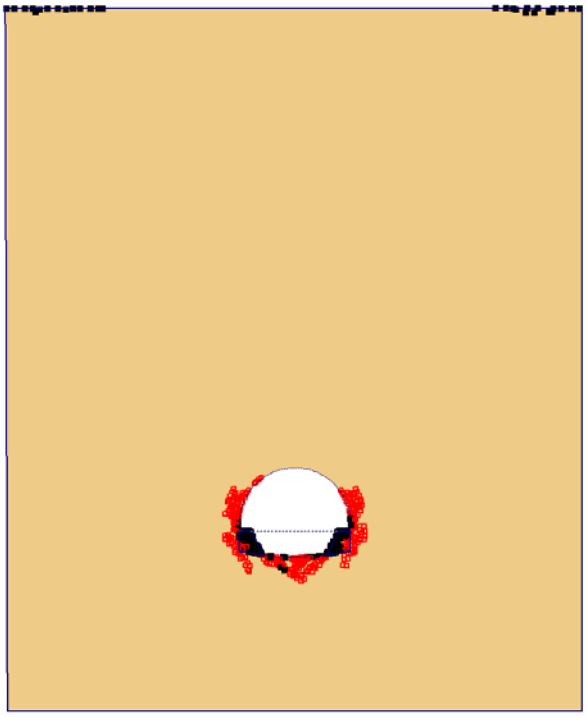


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 38 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

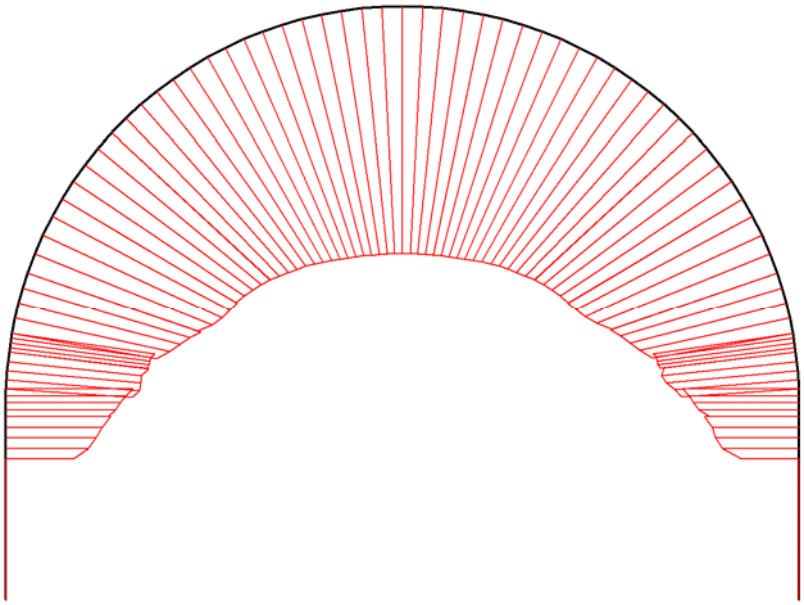


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -1,06*10^3 kN/m (Phase: 3)

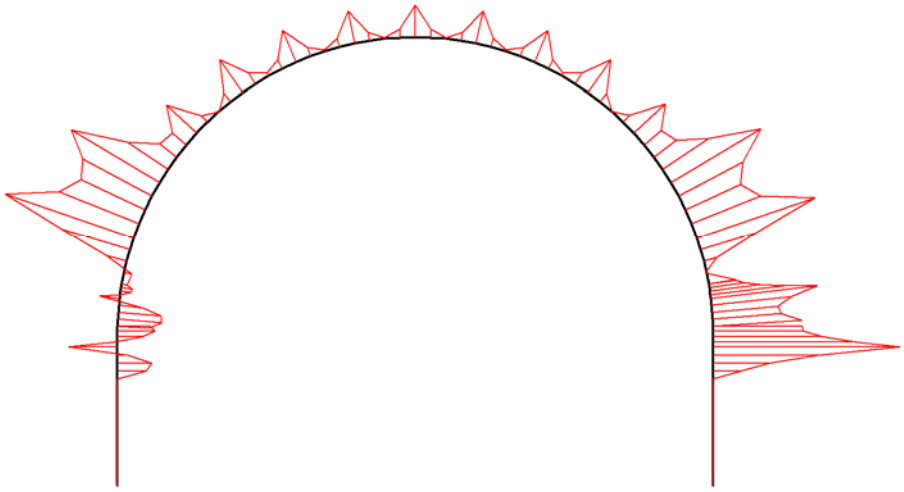


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value -16,43 kNm/m (Phase: 3)

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	1215 925	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1807 1365	-8,800 -4,799	2,882 3,155	105,829	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2271 1843	-8,740 -4,758	4,322 3,939	89,244	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2809 2509	-8,350 -4,536	6,112 4,911	57,484	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3009 2967	-7,600 -4,116	7,782 5,811	37,025	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3573 3469	-6,510 -3,519	9,262 6,606	31,210	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4041 4003	-5,150 -2,777	10,482 7,257	28,824	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5389 4273	-1,820 -0,980	11,952 8,041	27,302	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5977 4857	1,820 0,980	11,952 8,041	27,340	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6045 4935	3,560 1,917	11,392 7,742	27,827	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	6035 4925	5,150 2,777	10,482 7,257	28,988	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5961 4783	6,510 3,519	9,262 6,606	31,475	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4899 6009	4,536 8,350	4,911 6,112	58,497	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5951 4773	7,600 4,116	7,782 5,811	37,992	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4873 6019	4,758 8,740	3,939 4,322	87,633	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5735 4341	8,800 4,799	2,882 3,155	114,928	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5457 4417	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4677 4263	-3,560 -1,917	11,392 7,742	27,737	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	5399 4847	0,000 0,000	12,142 8,142	27,207	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

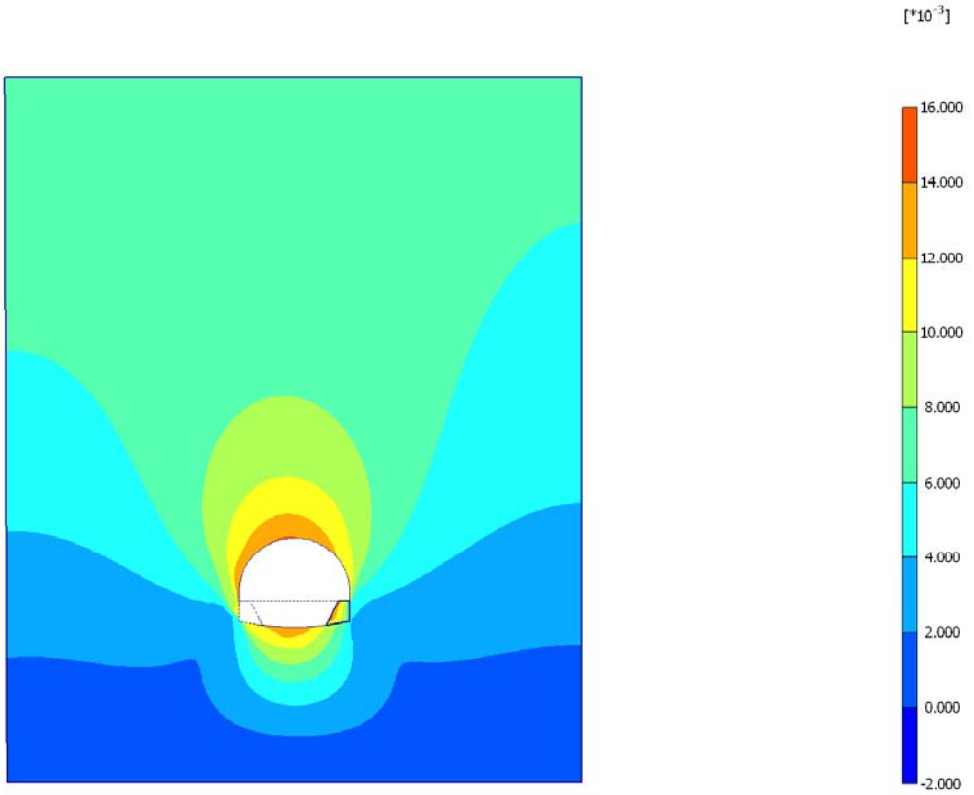


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 47 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

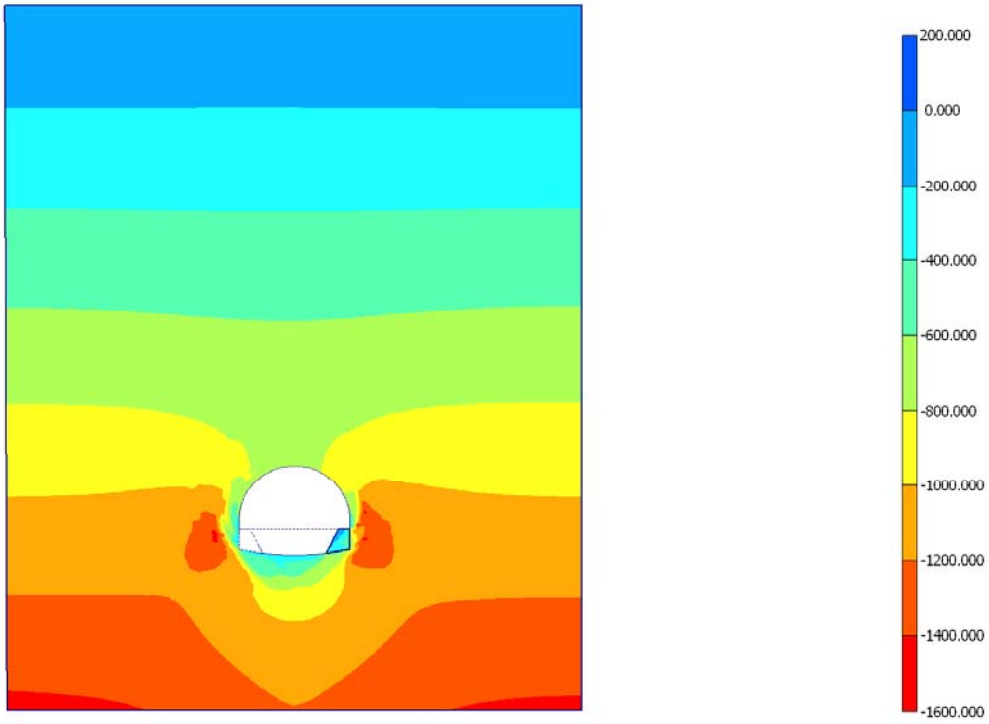


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 47 - (Phase: 4)

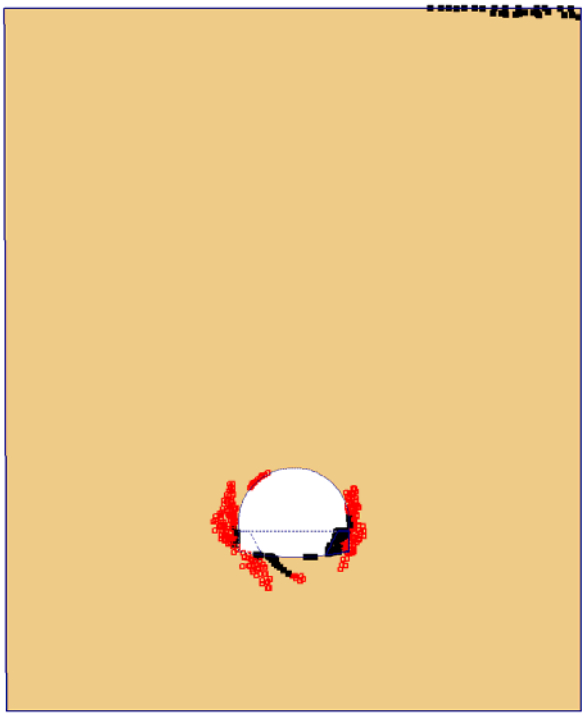


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 47 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

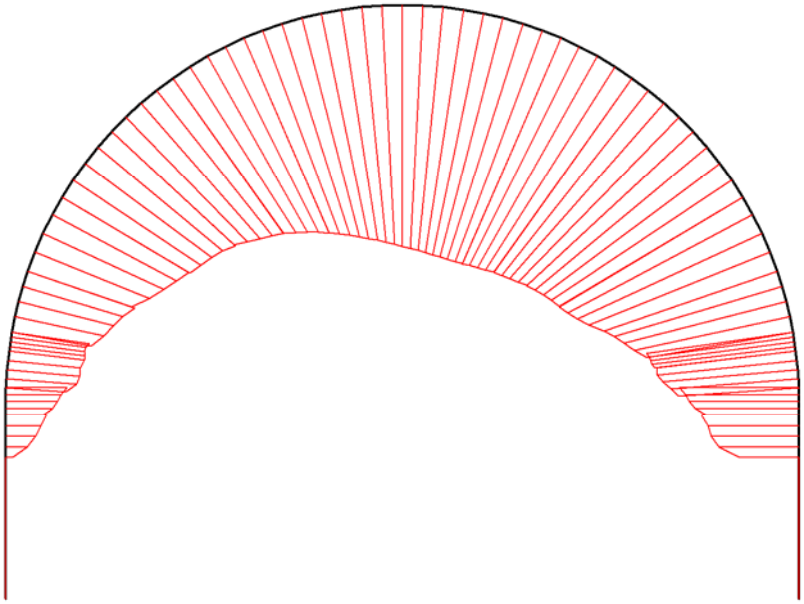


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -1,07*10^3 kN/m (Phase: 4)

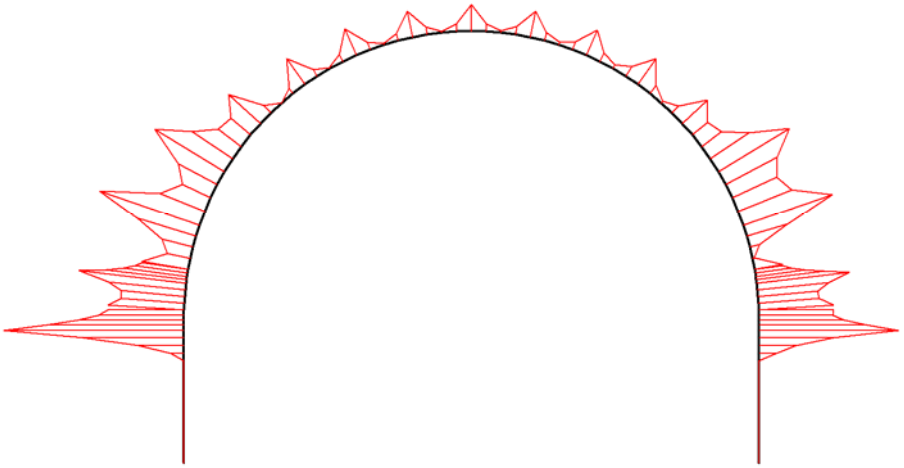


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -21,73 kNm/m (Phase: 4)

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	1215 925	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1807 1365	-8,800 -4,799	2,882 3,155	154,093	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2271 1843	-8,740 -4,758	4,322 3,939	113,713	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2809 2509	-8,350 -4,536	6,112 4,911	74,087	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3009 2967	-7,600 -4,116	7,782 5,811	48,576	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3573 3469	-6,510 -3,519	9,262 6,606	37,525	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4041 4003	-5,150 -2,777	10,482 7,257	33,531	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5389 4273	-1,820 -0,980	11,952 8,041	29,709	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5977 4857	1,820 0,980	11,952 8,041	28,313	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6045 4935	3,560 1,917	11,392 7,742	28,384	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	6035 4925	5,150 2,777	10,482 7,257	29,313	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5961 4783	6,510 3,519	9,262 6,606	31,733	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4899 6009	4,536 8,350	4,911 6,112	60,215	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5951 4773	7,600 4,116	7,782 5,811	38,579	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4873 6019	4,758 8,740	3,939 4,322	90,089	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5735 4341	8,800 4,799	2,882 3,155	119,343	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5457 4417	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4677 4263	-3,560 -1,917	11,392 7,742	31,137	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	5399 4847	0,000 0,000	12,142 8,142	28,799	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

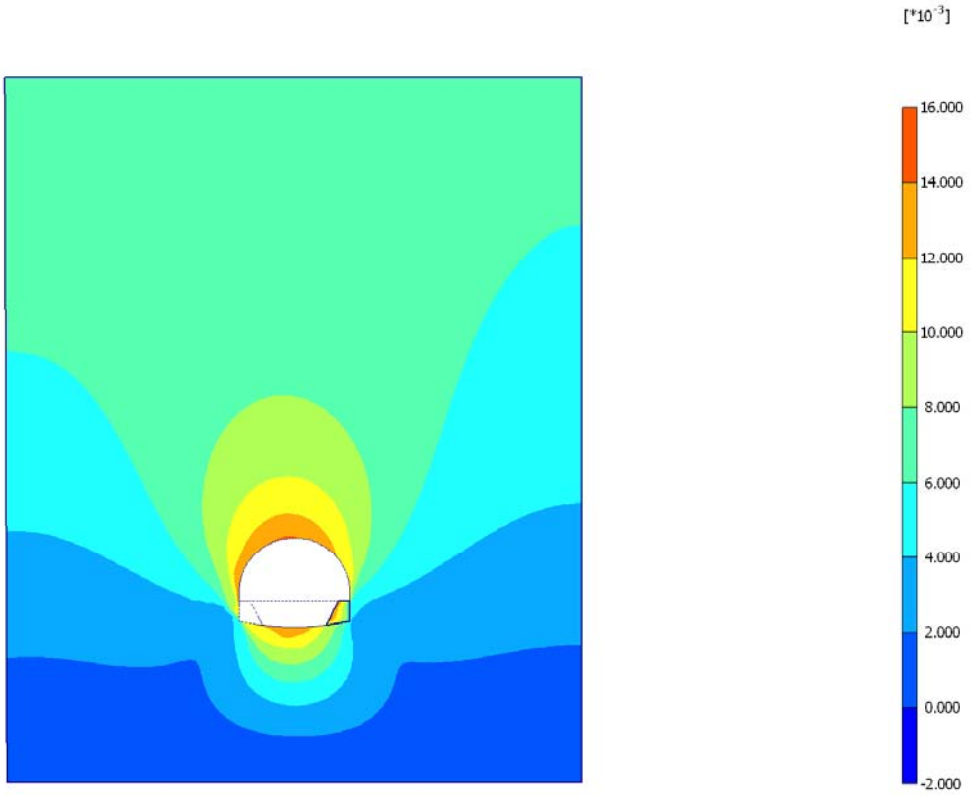


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 49 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

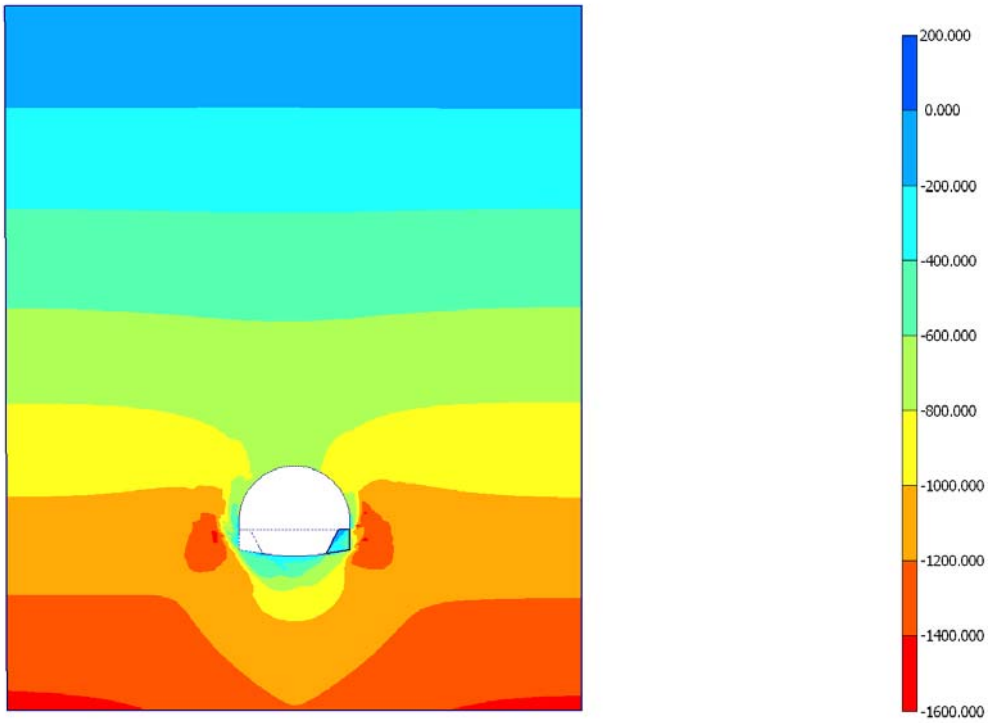


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 49 - (Phase: 5)

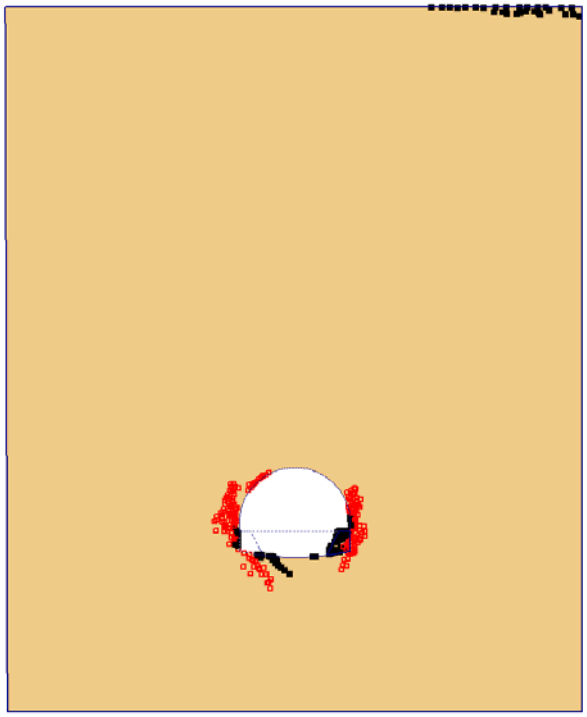


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 49 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

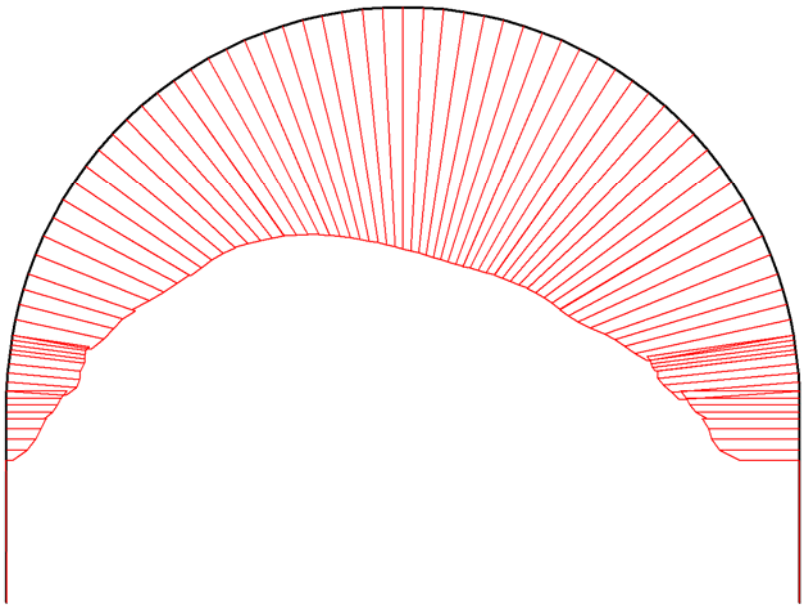


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -1,07*10^3 kN/m (Phase: 5)

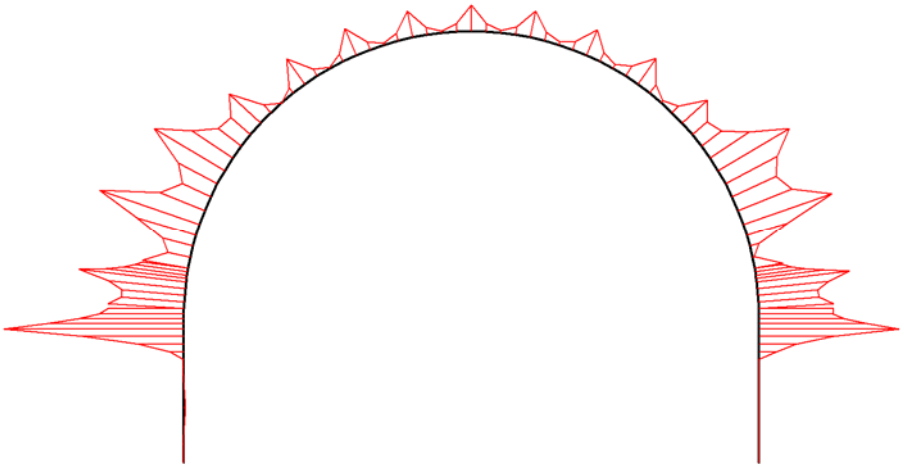


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -21,72 kNm/m (Phase: 5)

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	1215 925	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,111	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1807 1365	-8,800 -4,799	2,882 3,155	154,207	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2271 1843	-8,740 -4,758	4,322 3,939	113,867	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2809 2509	-8,350 -4,536	6,112 4,911	74,204	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3009 2967	-7,600 -4,116	7,782 5,811	48,637	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3573 3469	-6,510 -3,519	9,262 6,606	37,565	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4041 4003	-5,150 -2,777	10,482 7,257	33,560	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5389 4273	-1,820 -0,980	11,952 8,041	29,724	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5977 4857	1,820 0,980	11,952 8,041	28,323	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6045 4935	3,560 1,917	11,392 7,742	28,392	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	6035 4925	5,150 2,777	10,482 7,257	29,321	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5961 4783	6,510 3,519	9,262 6,606	31,742	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4899 6009	4,536 8,350	4,911 6,112	60,248	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5951 4773	7,600 4,116	7,782 5,811	38,594	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4873 6019	4,758 8,740	3,939 4,322	90,123	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5735 4341	8,800 4,799	2,882 3,155	119,412	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5457 4417	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	4677	-3,560	11,392	31,157	184,00	184,00	103000,0	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
	4263	-1,917	7,742				0		
19	5399	0,000	12,142	28,810	184,00	184,00	103000,0	N/A	4,000
	4847	0,000	8,142				0		

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

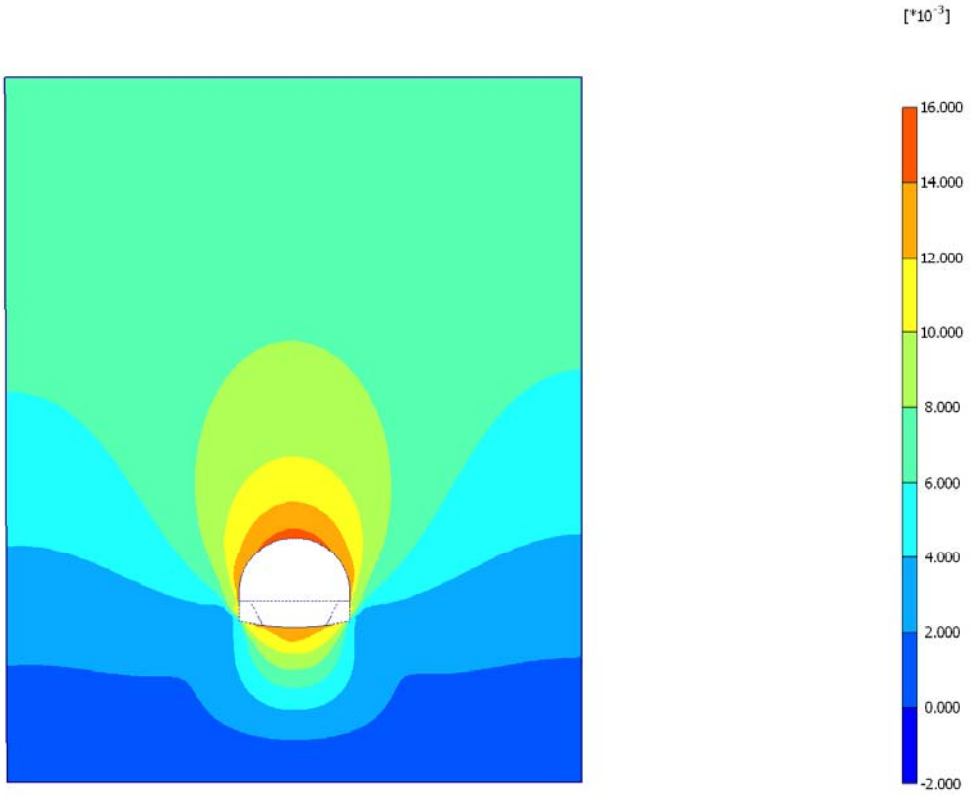


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 55 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

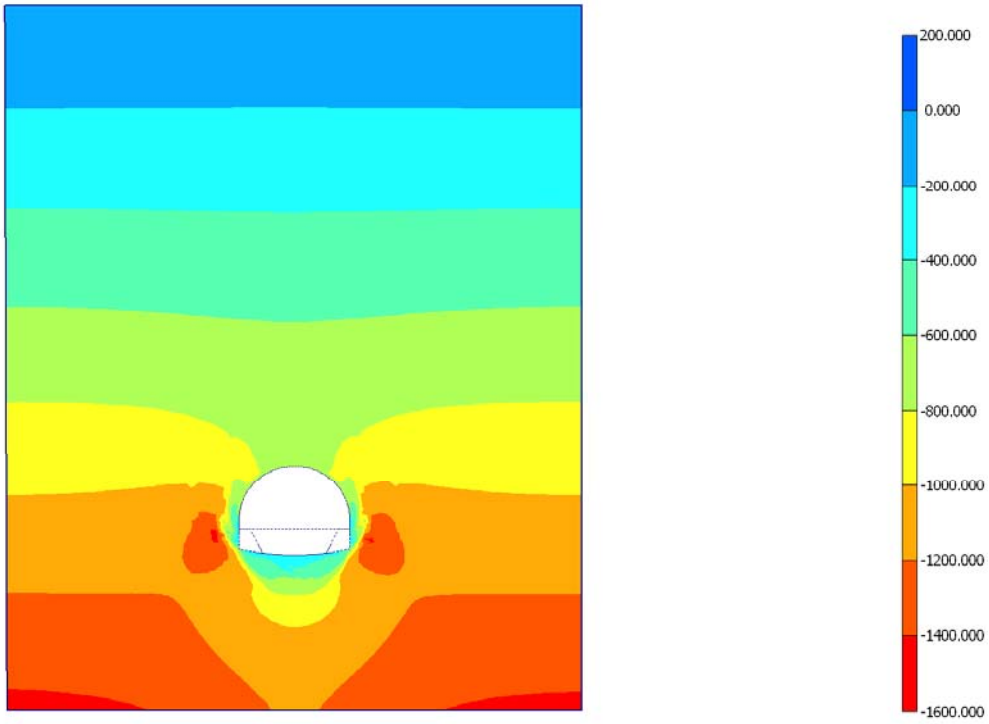


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 55 - (Phase: 6)

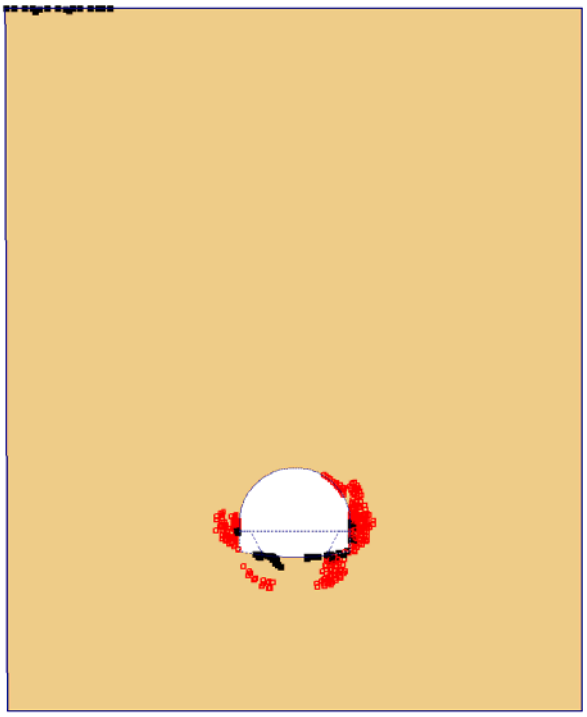


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 55 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

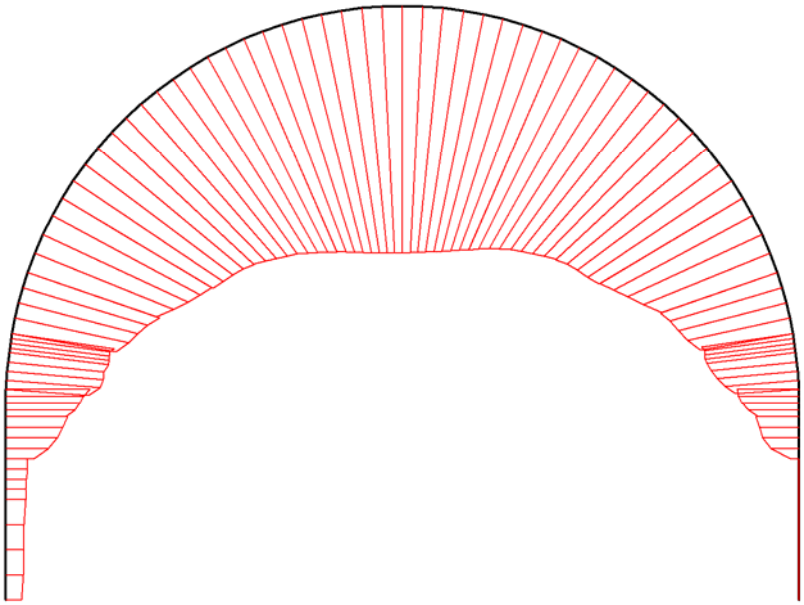


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -1,05*10^3 kN/m (Phase: 6)

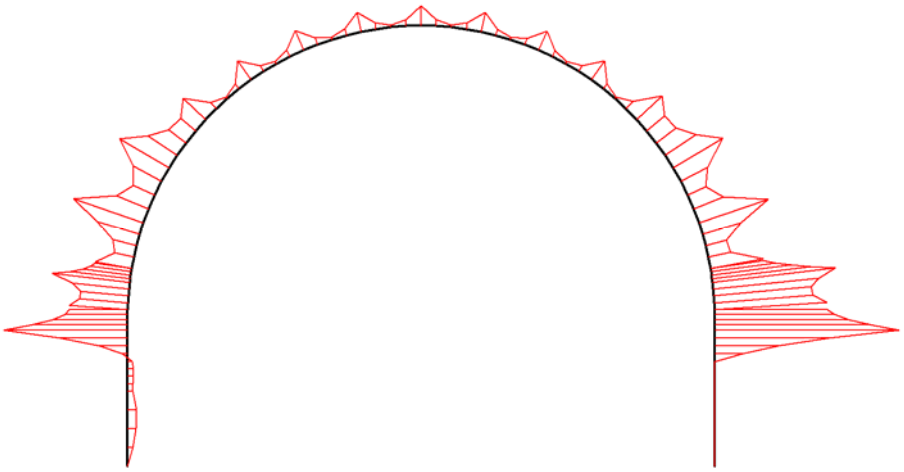


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -32,34 kNm/m (Phase: 6)

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	1215 925	-8,654 -4,799	1,089 2,155	1,780	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1807 1365	-8,800 -4,799	2,882 3,155	155,077	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2271 1843	-8,740 -4,758	4,322 3,939	113,359	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2809 2509	-8,350 -4,536	6,112 4,911	73,244	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3009 2967	-7,600 -4,116	7,782 5,811	47,720	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3573 3469	-6,510 -3,519	9,262 6,606	36,819	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4041 4003	-5,150 -2,777	10,482 7,257	33,100	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5389 4273	-1,820 -0,980	11,952 8,041	30,224	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5977 4857	1,820 0,980	11,952 8,041	30,400	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6045 4935	3,560 1,917	11,392 7,742	31,475	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	6035 4925	5,150 2,777	10,482 7,257	33,557	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5961 4783	6,510 3,519	9,262 6,606	37,565	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4899 6009	4,536 8,350	4,911 6,112	76,287	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5951 4773	7,600 4,116	7,782 5,811	49,974	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4873 6019	4,758 8,740	3,939 4,322	115,069	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5735 4341	8,800 4,799	2,882 3,155	167,976	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5457 4417	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4677 4263	-3,560 -1,917	11,392 7,742	31,107	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	5399 4847	0,000 0,000	12,142 8,142	30,018	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

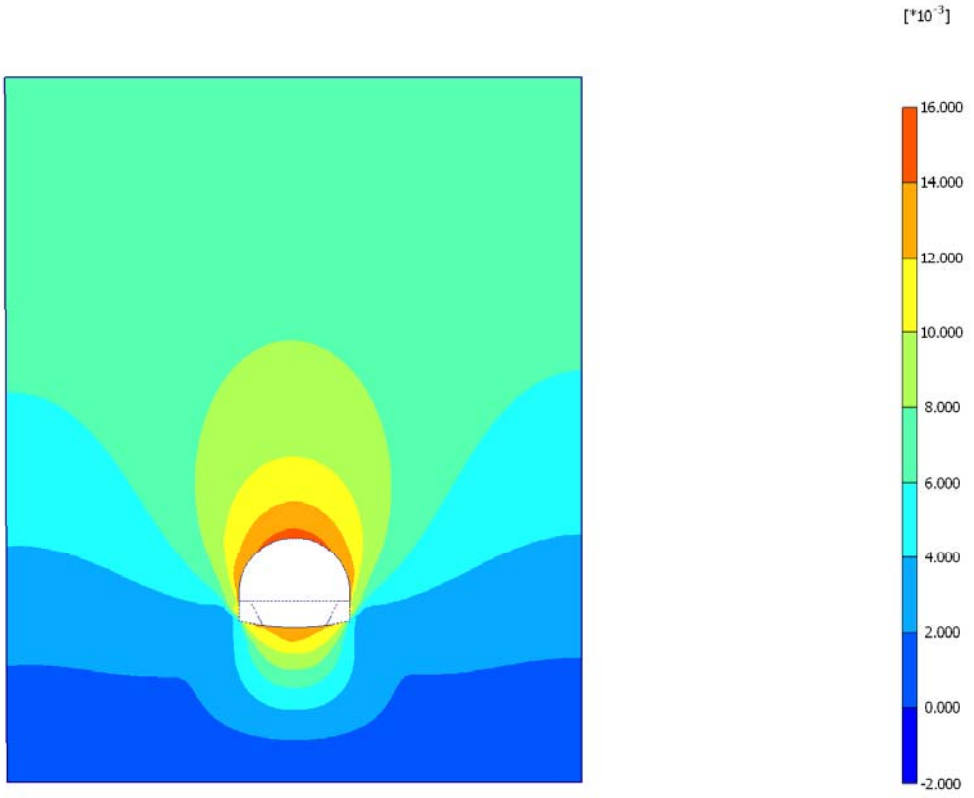


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 58 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

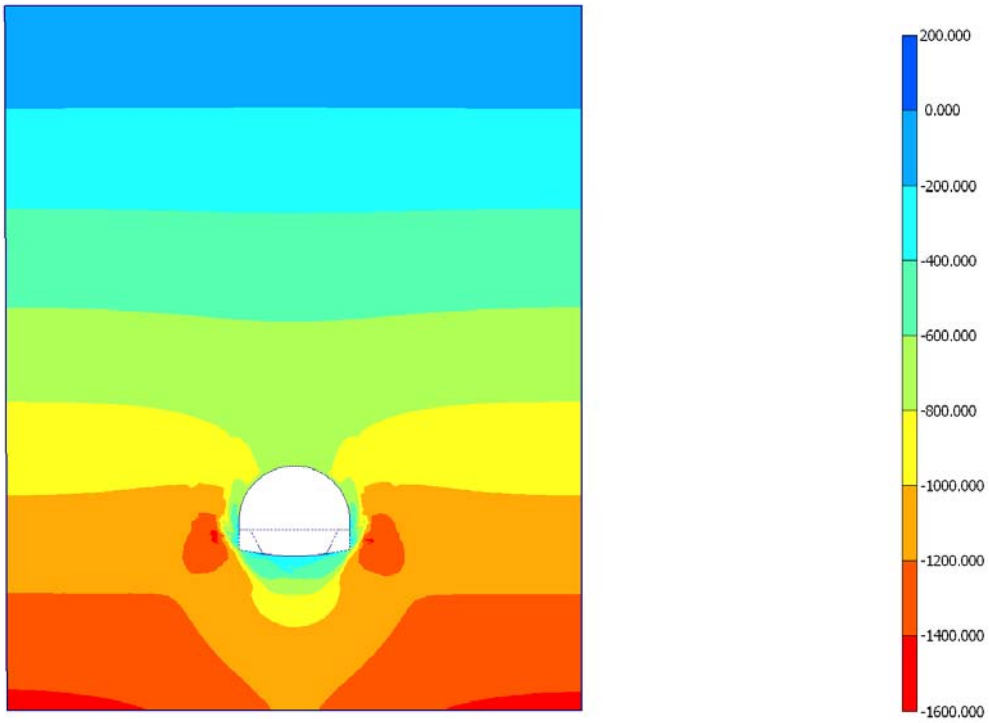


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 58 - (Phase: 7)

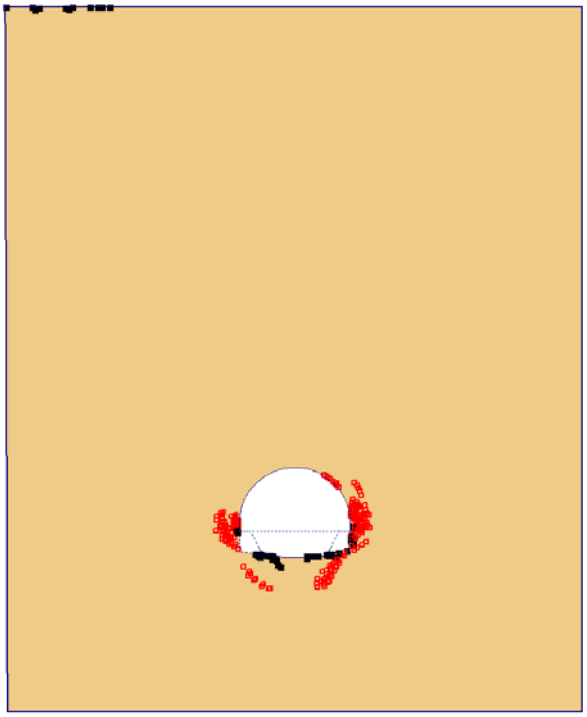


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 58 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

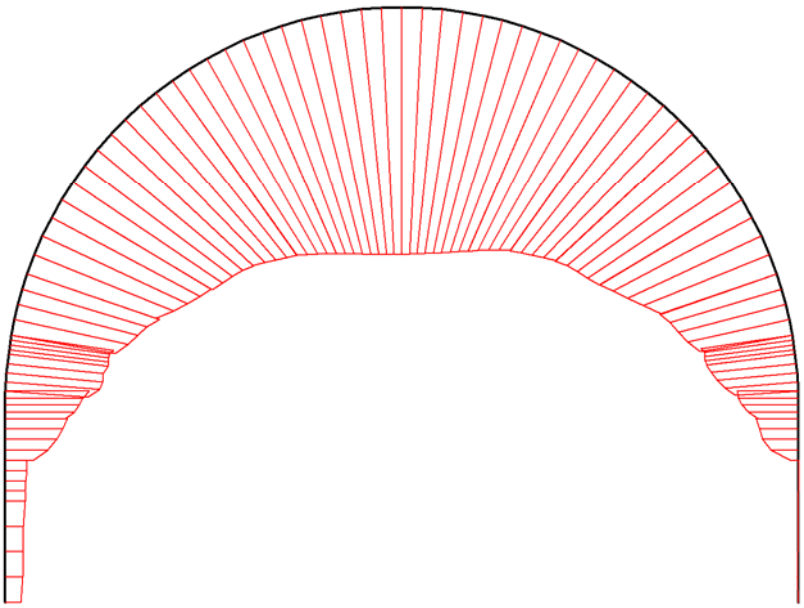


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -1,05*10^3 kN/m (Phase: 7)

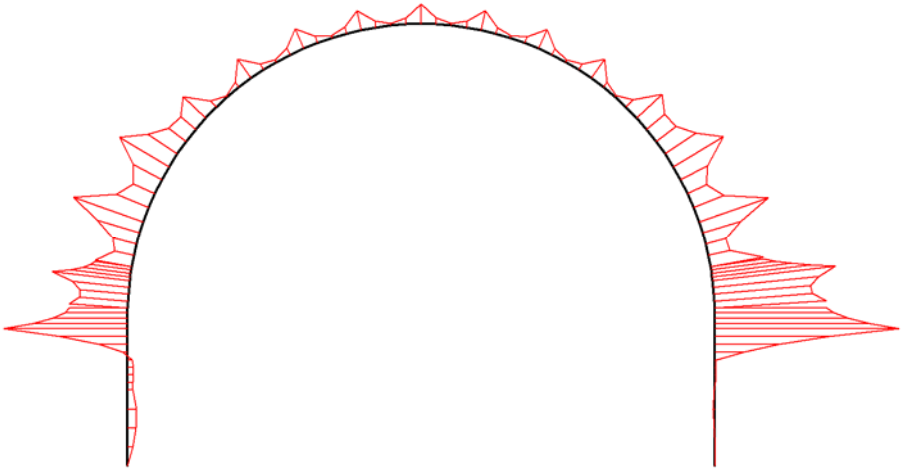


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -32,33 kNm/m (Phase: 7)

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	1215 925	-8,654 -4,799	1,089 2,155	1,795	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1807 1365	-8,800 -4,799	2,882 3,155	155,085	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2271 1843	-8,740 -4,758	4,322 3,939	113,355	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2809 2509	-8,350 -4,536	6,112 4,911	73,237	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3009 2967	-7,600 -4,116	7,782 5,811	47,713	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3573 3469	-6,510 -3,519	9,262 6,606	36,812	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4041 4003	-5,150 -2,777	10,482 7,257	33,095	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	5389 4273	-1,820 -0,980	11,952 8,041	30,224	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5977 4857	1,820 0,980	11,952 8,041	30,410	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6045 4935	3,560 1,917	11,392 7,742	31,493	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	6035 4925	5,150 2,777	10,482 7,257	33,585	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5961 4783	6,510 3,519	9,262 6,606	37,602	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4899 6009	4,536 8,350	4,911 6,112	76,367	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5951 4773	7,600 4,116	7,782 5,811	50,003	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4873 6019	4,758 8,740	3,939 4,322	115,257	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5735 4341	8,800 4,799	2,882 3,155	168,134	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5457 4417	8,654 4,799	1,089 2,155	0,181	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4677 4263	-3,560 -1,917	11,392 7,742	31,104	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	5399 4847	0,000 0,000	12,142 8,142	30,023	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-V, CS-5 Lutitas y Areniscas

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	77,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

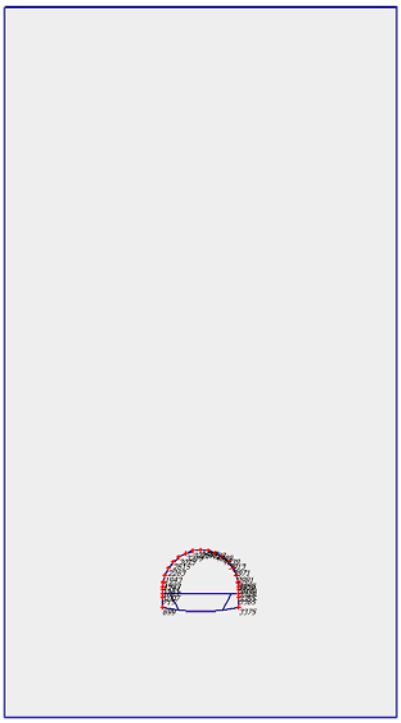


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

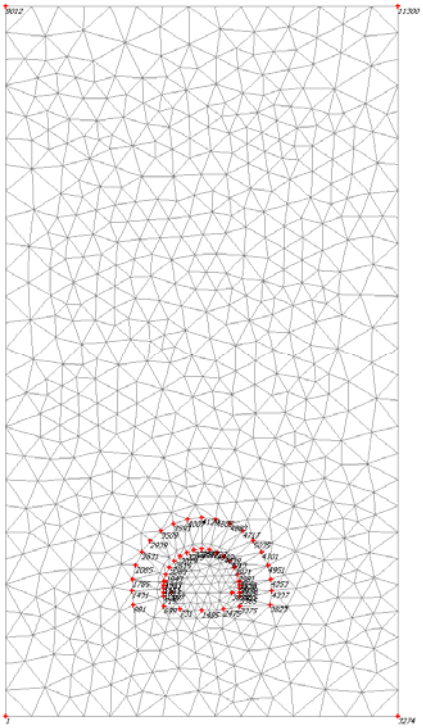


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

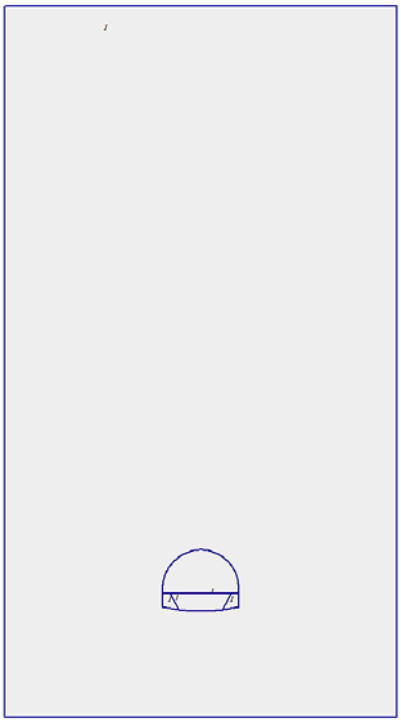


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas y areniscas RMR_10**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00
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]	457000,000
ν	[-]	0,250
G_{ref}	[kN/m²]	182800,000
E_{oed}	[kN/m²]	548400,000
c_{ref}	[kN/m²]	102,00
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 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	5
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	6	88
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	89	145
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	146	167
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	168	170
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	171	191
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	192	195

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

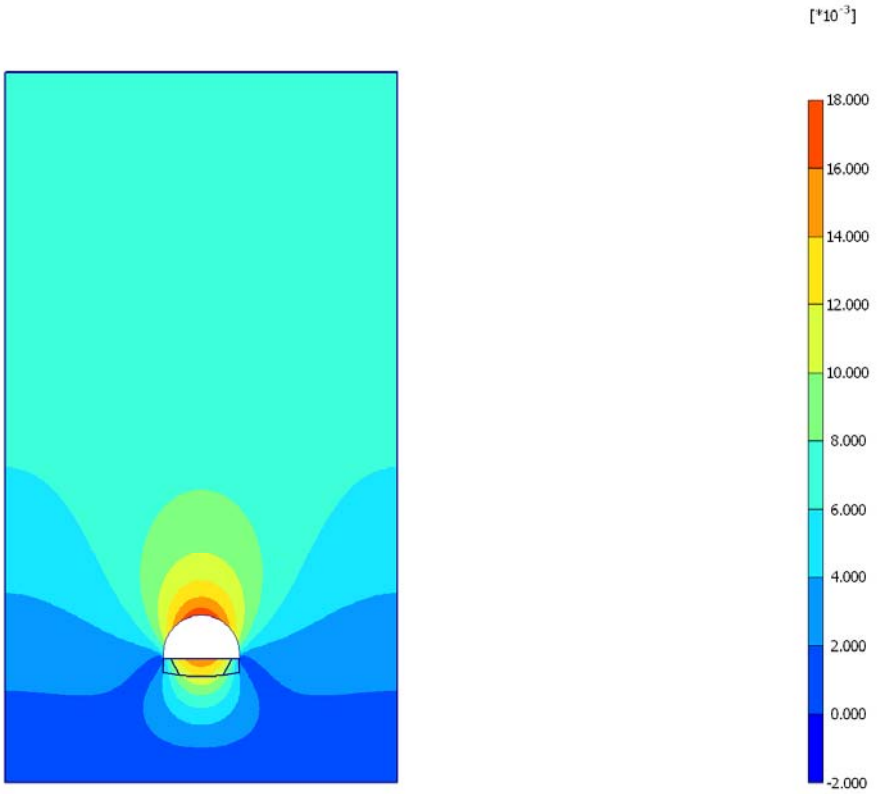


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 5 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

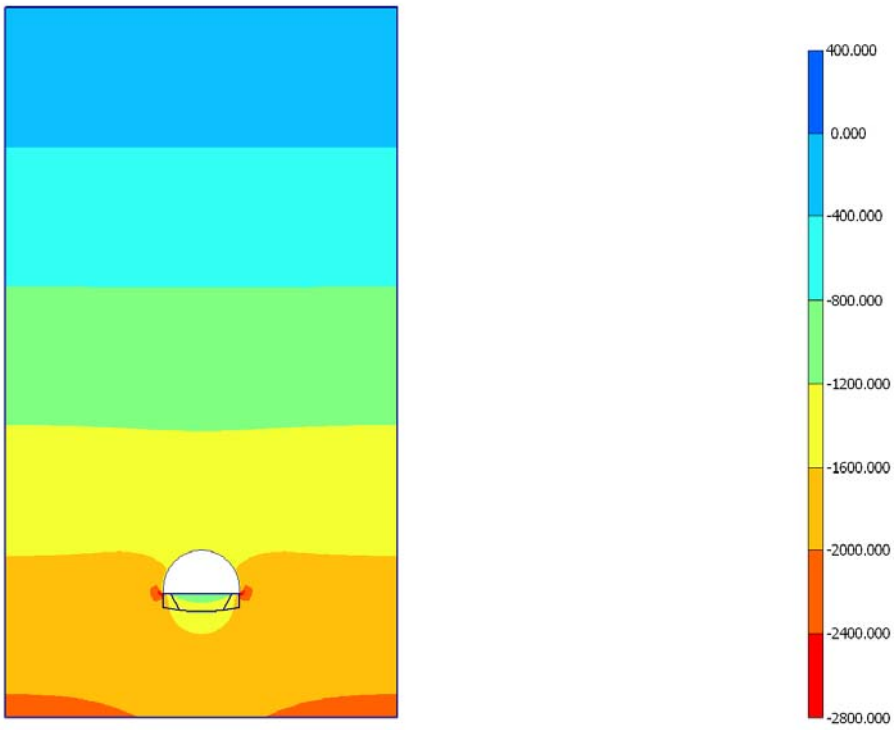


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 5 - (Phase: 1)

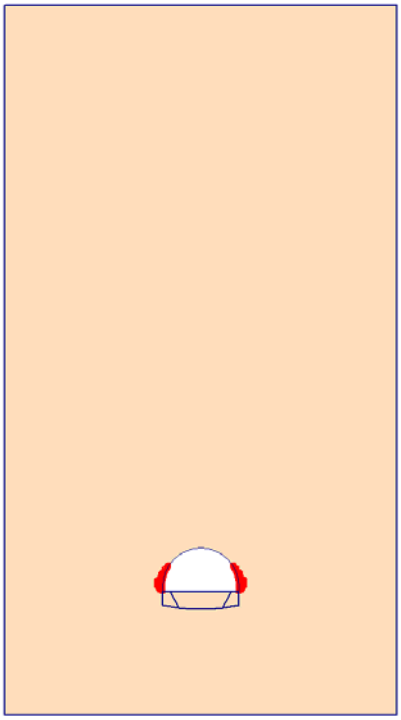


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 5 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

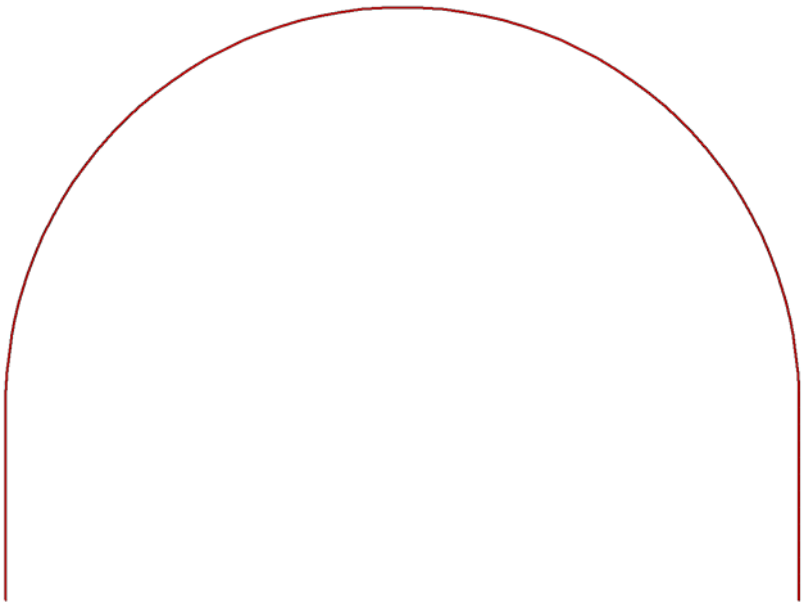


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

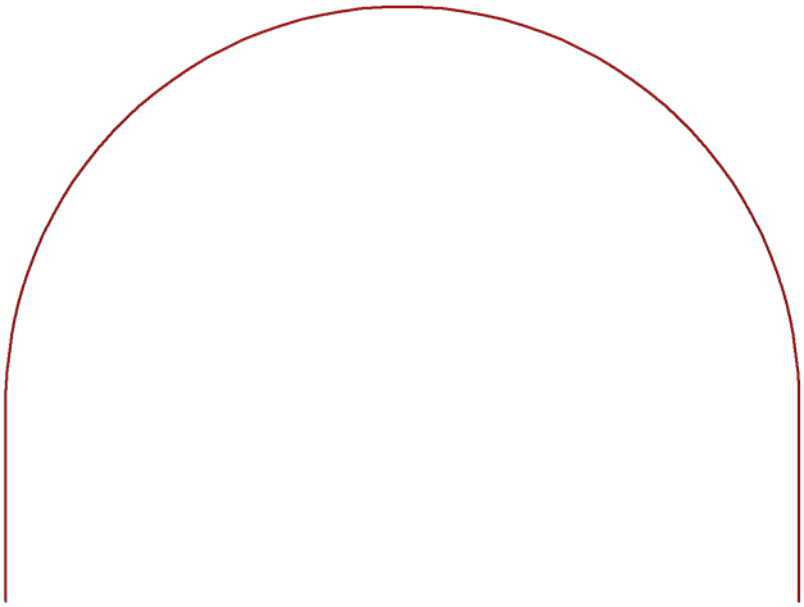


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

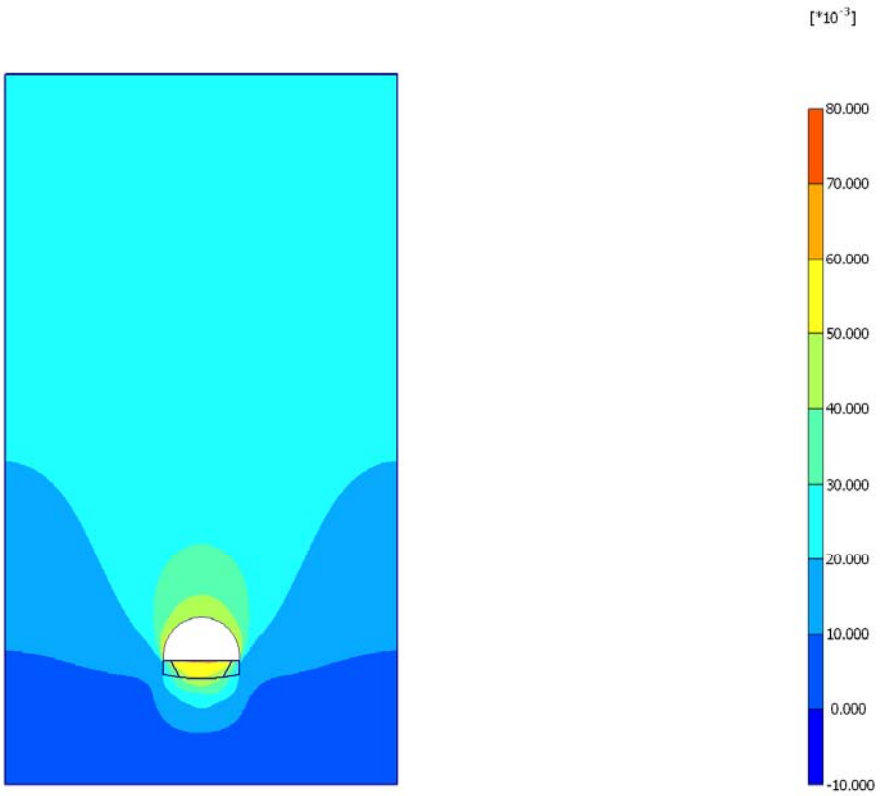


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 88 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

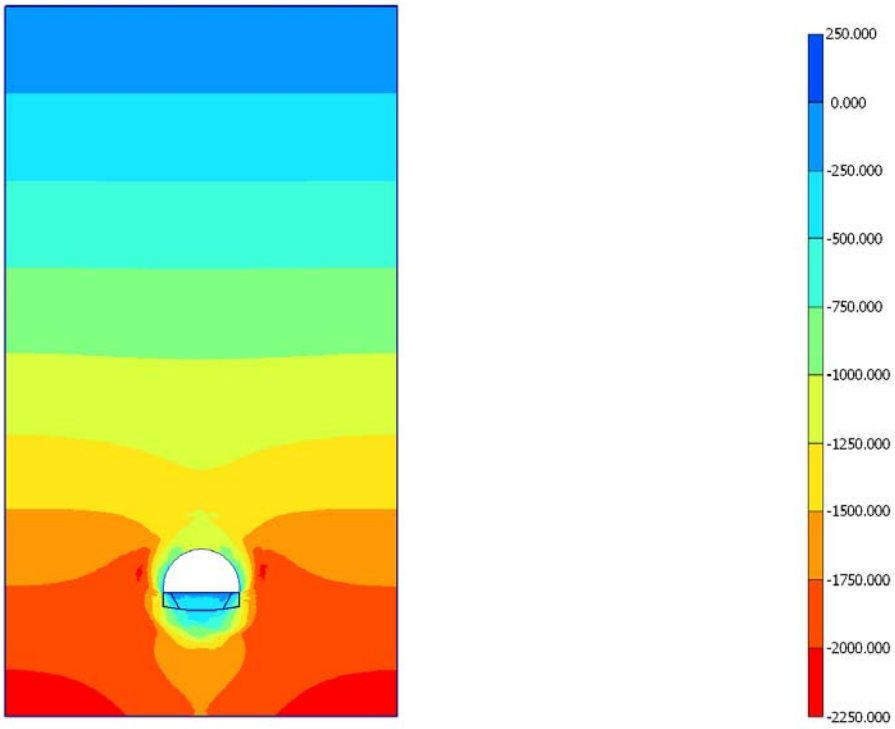


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 88 - (Phase: 2)

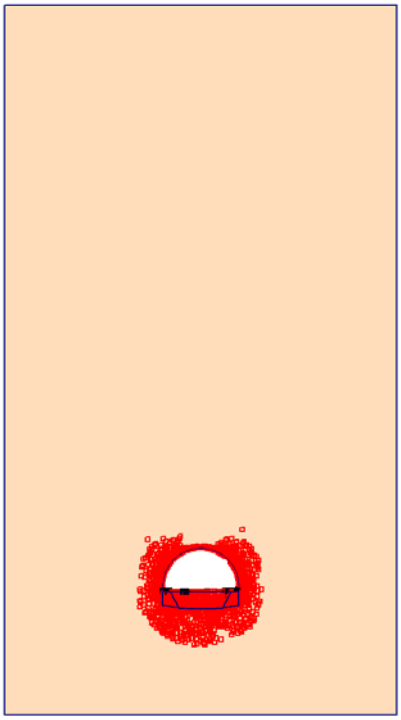


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 88 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

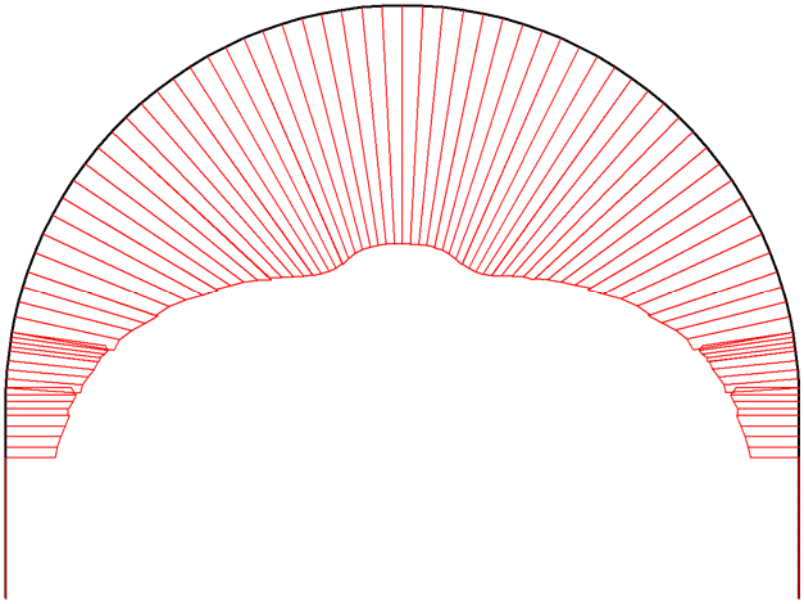


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -1,48*10^3 kN/m (Phase: 2)

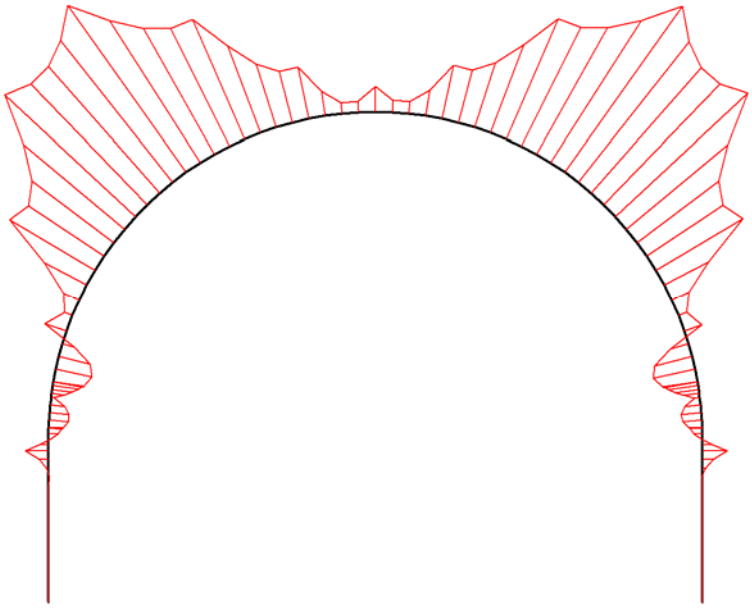


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value -123,14 kNm/m (Phase: 2)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	173,637	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	103,497	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	103,399	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	118,356	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	175,042	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	118,149	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	102,747	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

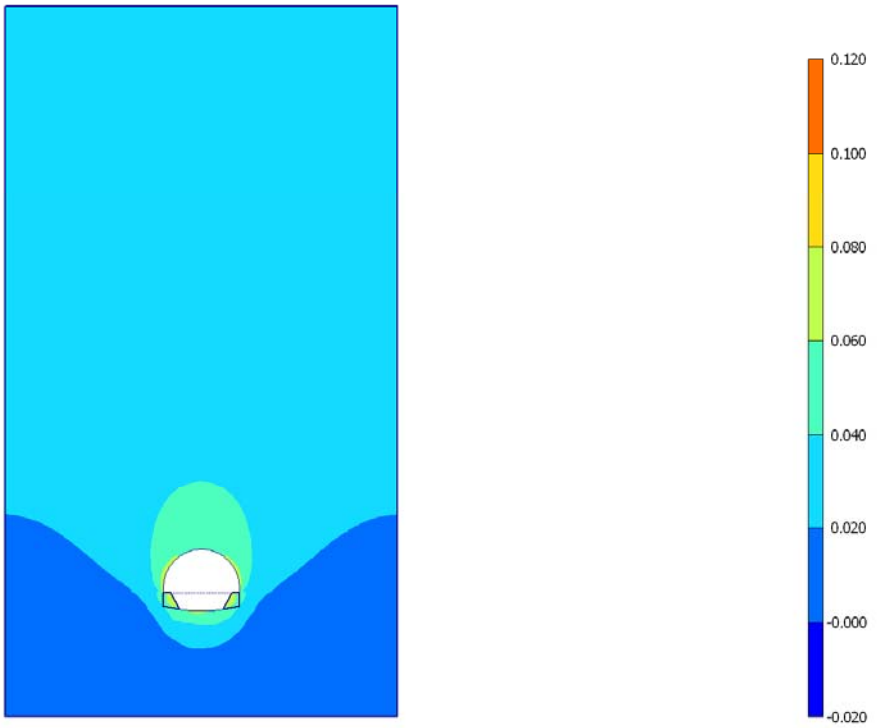


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 145 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

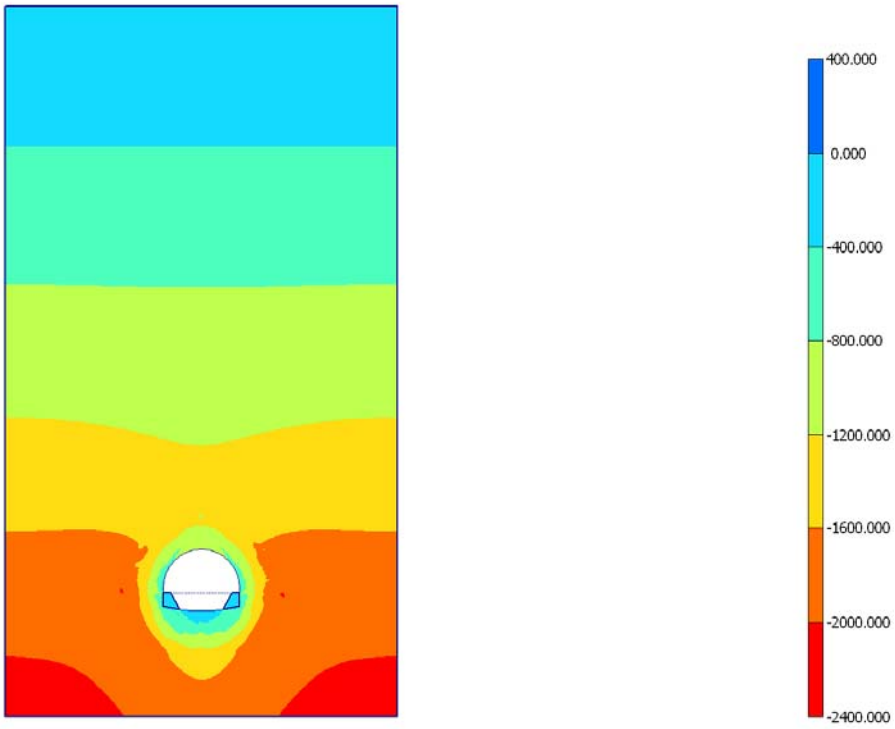


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 145 - (Phase: 3)

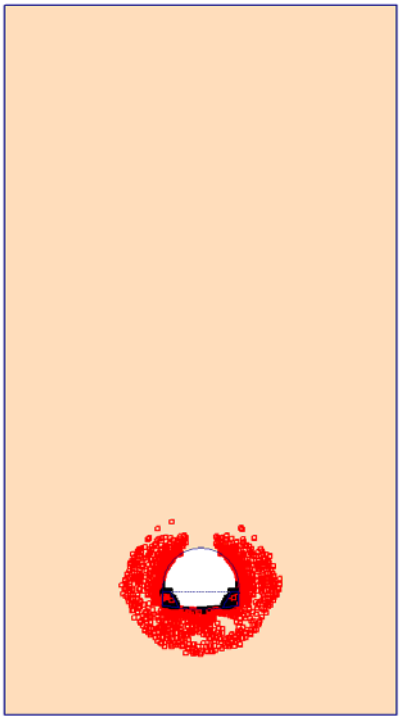


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 145 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

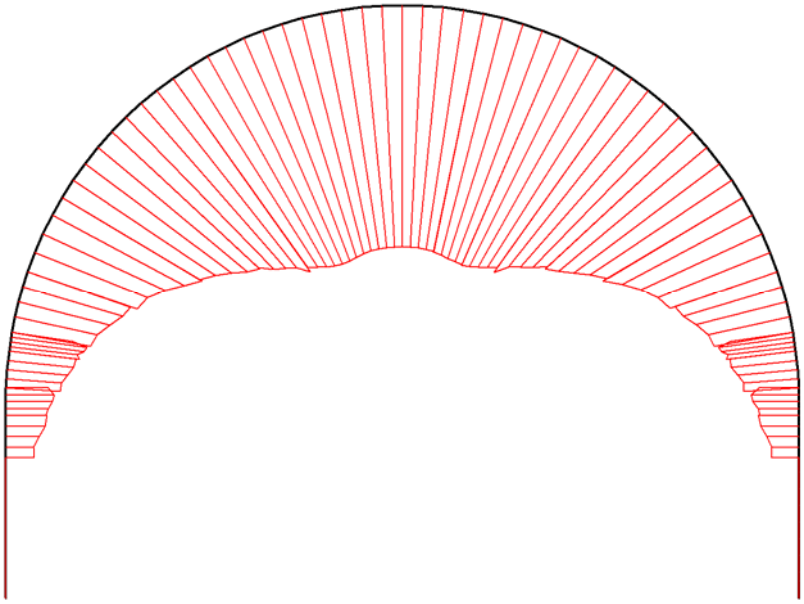


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -1,38*10^3 kN/m (Phase: 3)

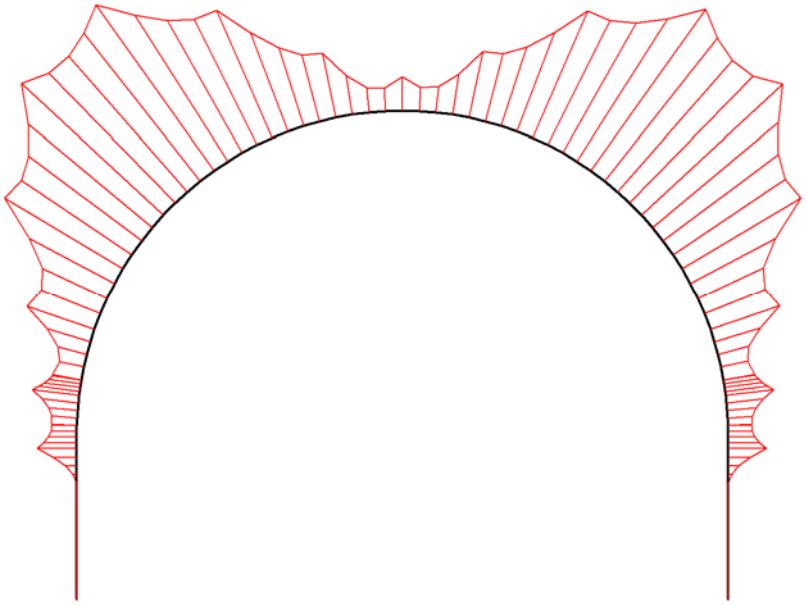


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value -164,62 kNm/m (Phase: 3)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	114,311	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	114,214	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	139,880	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	139,557	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	111,100	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

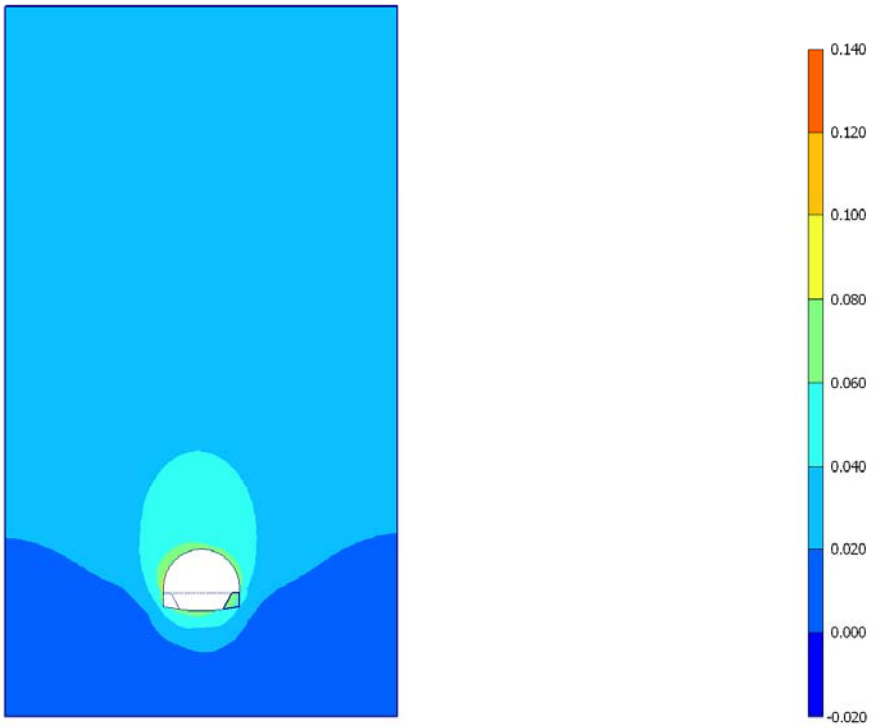


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 167 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

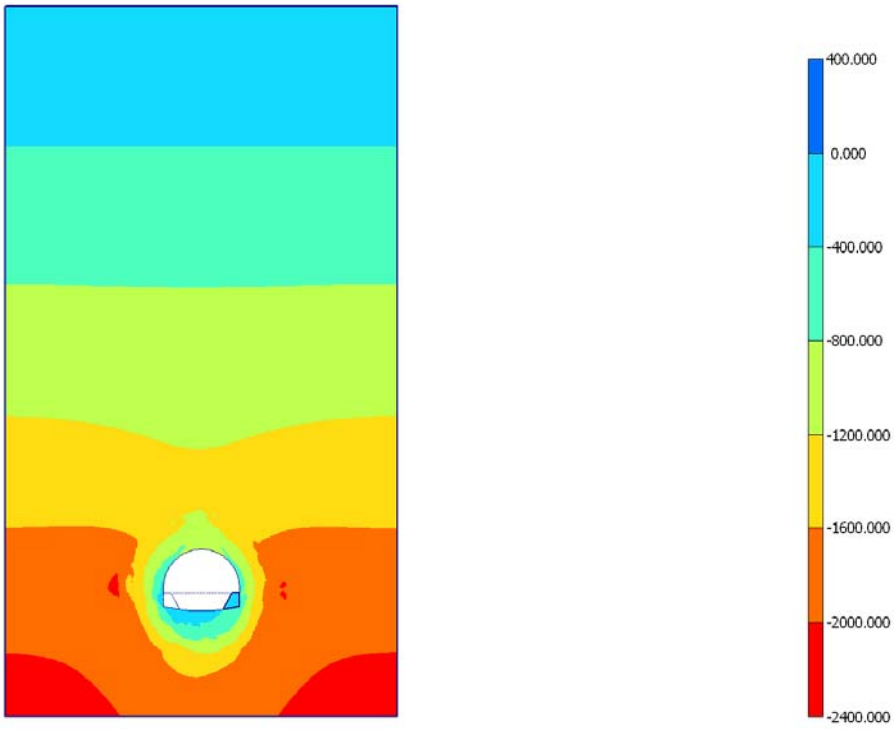


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 167 - (Phase: 4)

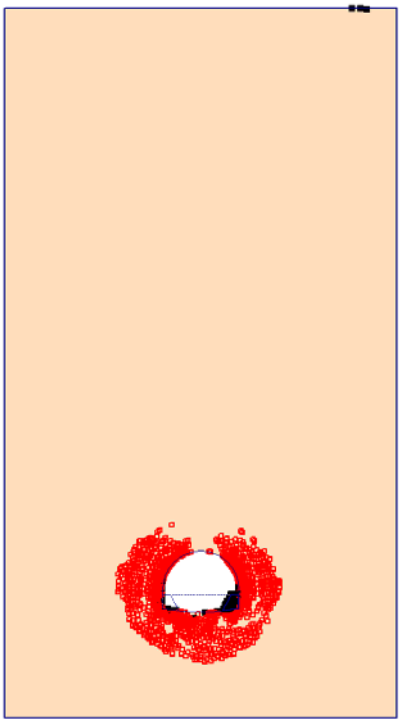


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 167 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

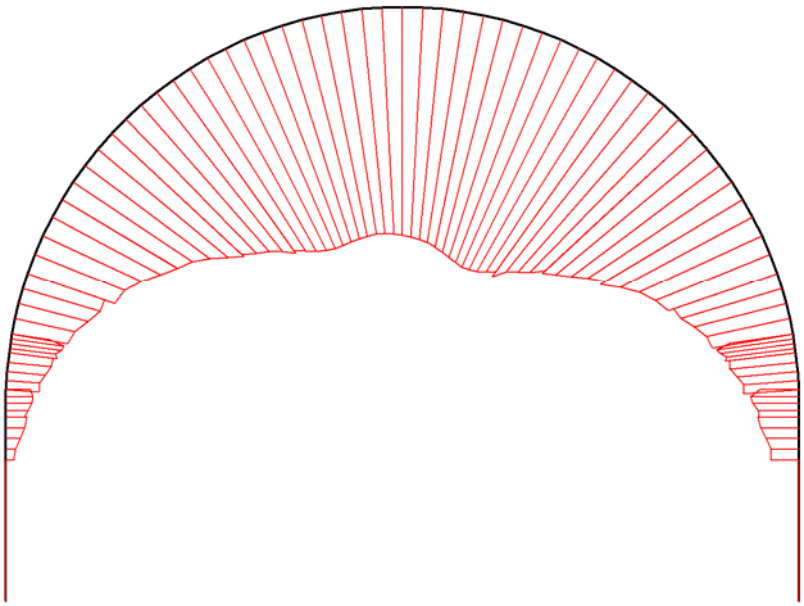


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -1,38*10^3 kN/m (Phase: 4)

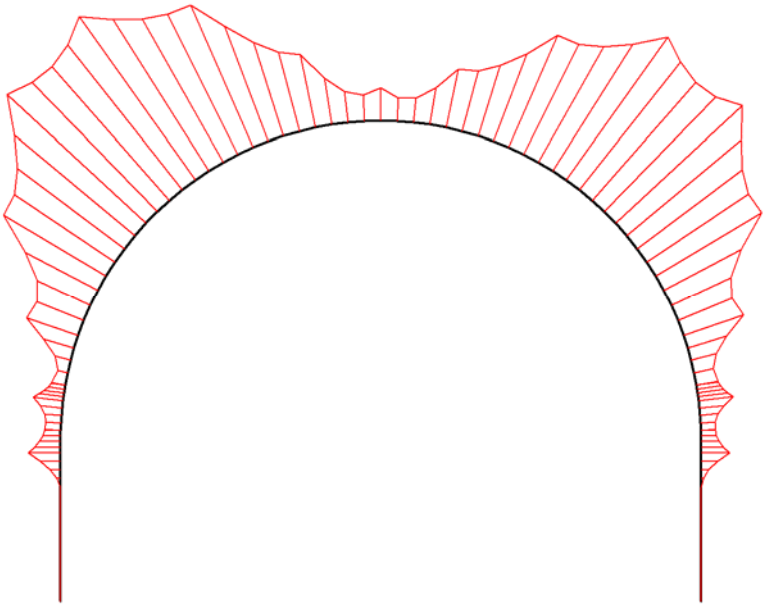


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -194,32 kNm/m (Phase: 4)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	116,695	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	116,704	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	144,892	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	151,996	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	112,330	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

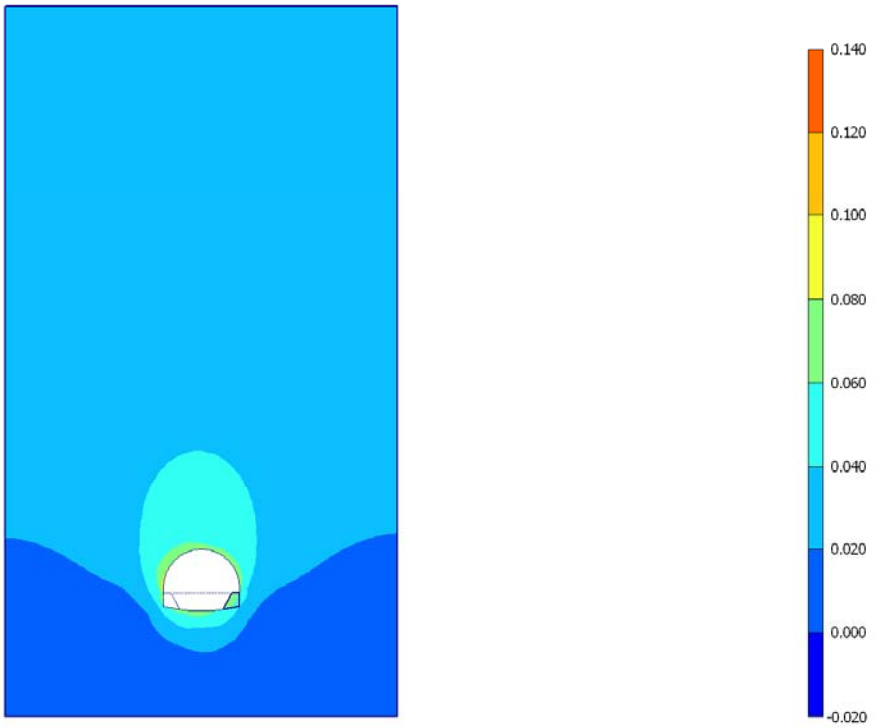


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 170 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

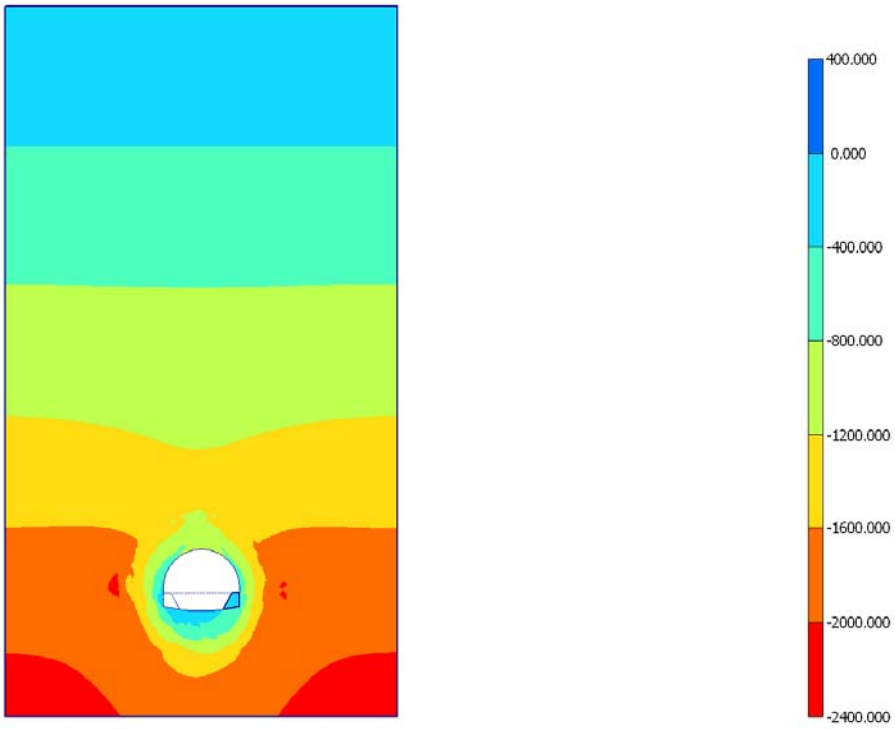


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 170 - (Phase: 5)

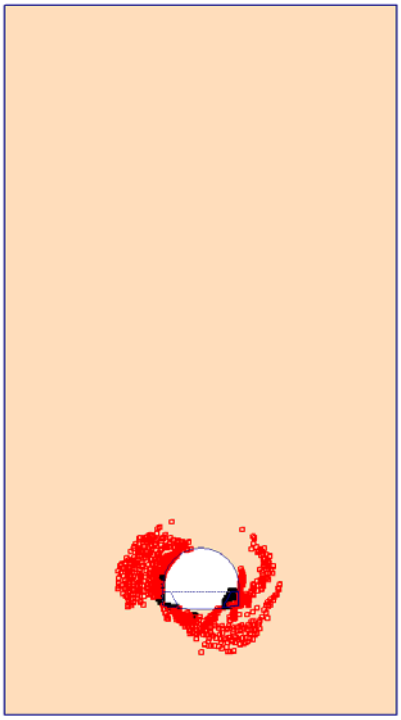


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 170 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

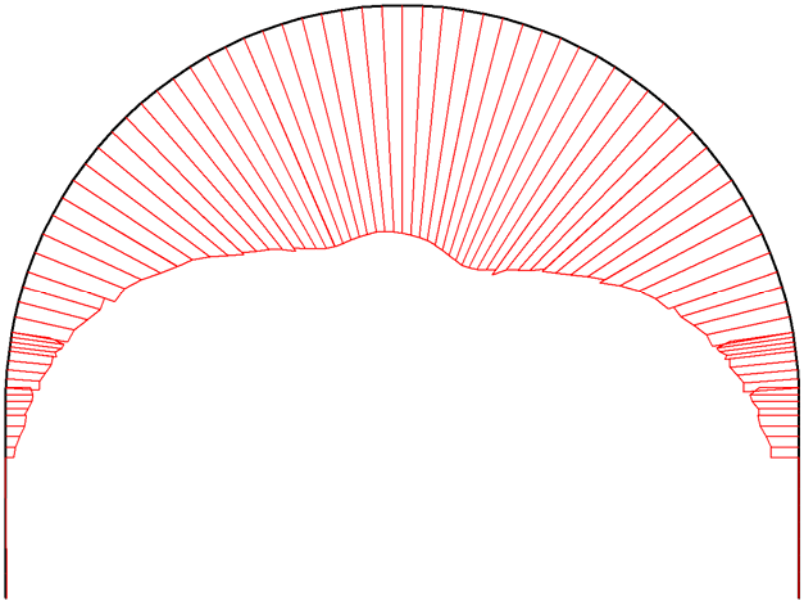


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -1,38*10^3 kN/m (Phase: 5)

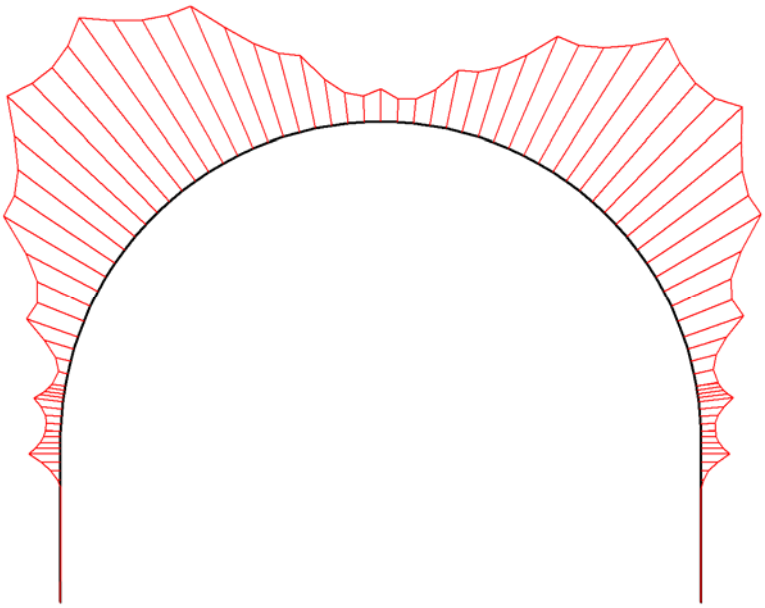


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -194,38 kNm/m (Phase: 5)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,303	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	116,709	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	116,690	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	144,883	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	183,991	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	183,990	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	183,983	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	183,987	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	152,145	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	112,312	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

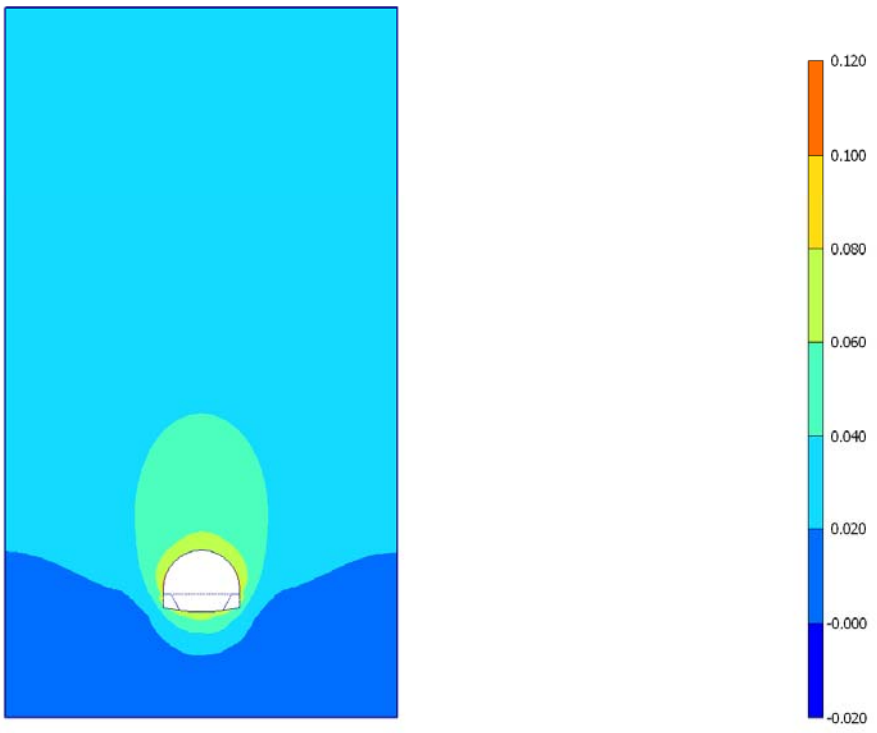


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 191 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

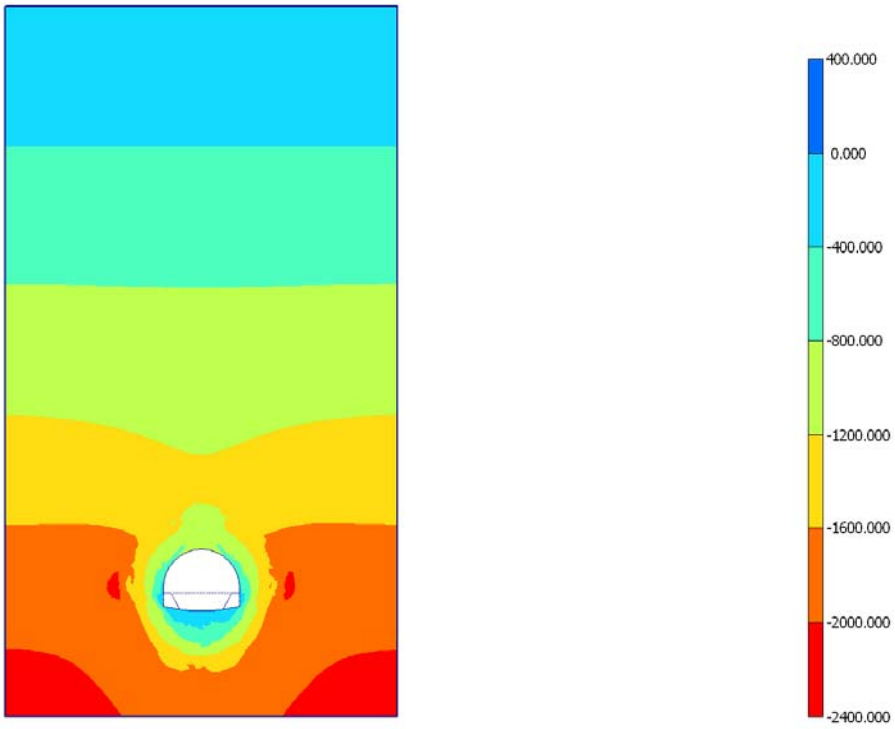


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 191 - (Phase: 6)

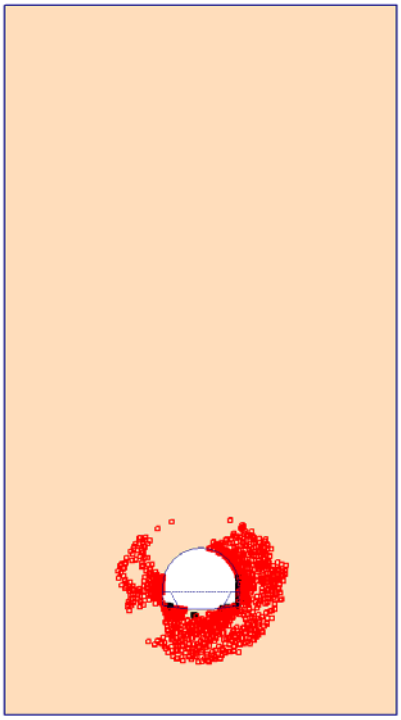


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 191 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

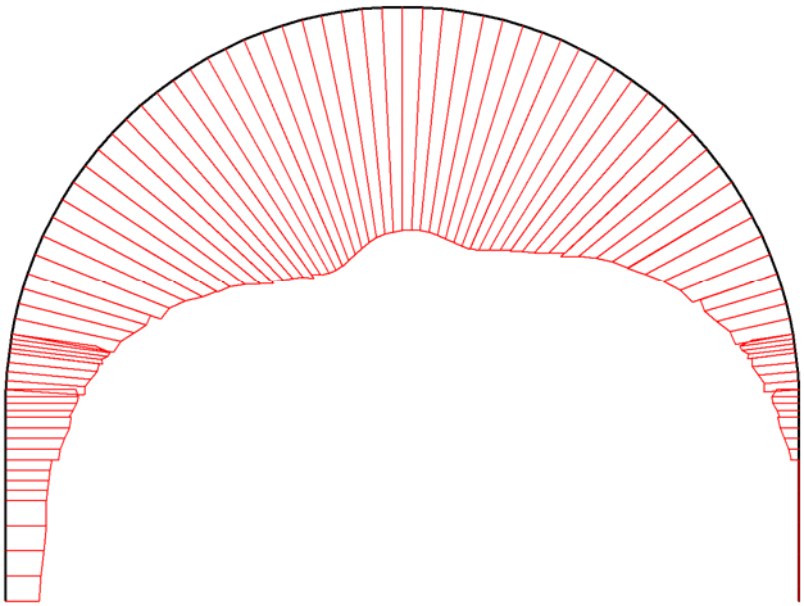


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -1,40*10^3 kN/m (Phase: 6)

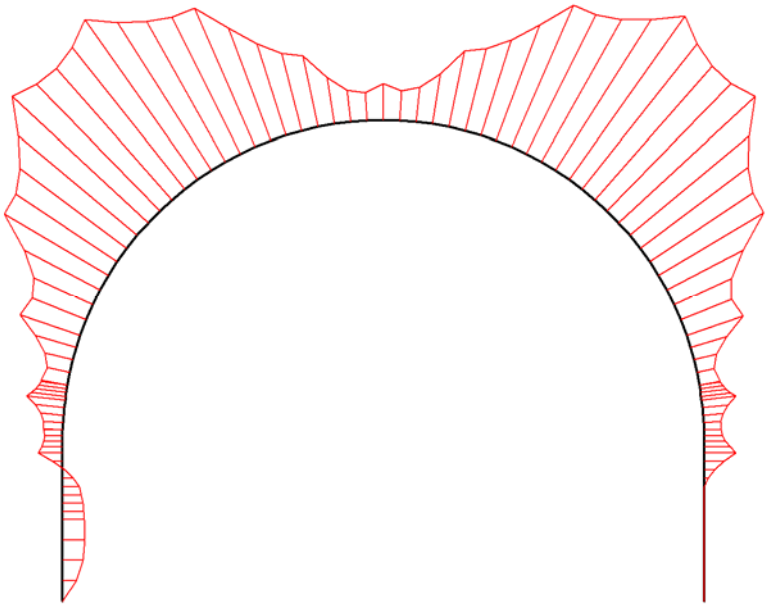


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -203,53 kNm/m (Phase: 6)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	7,337	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	183,157	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	181,681	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	182,112	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	182,599	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	115,877	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	117,658	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	158,667	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	151,218	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	111,100	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

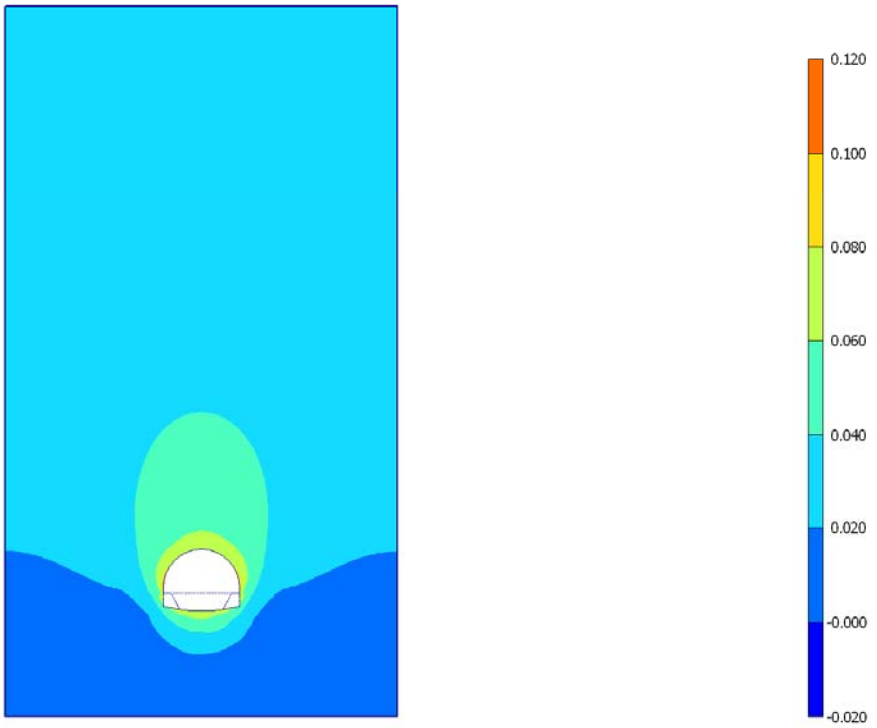


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 195 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

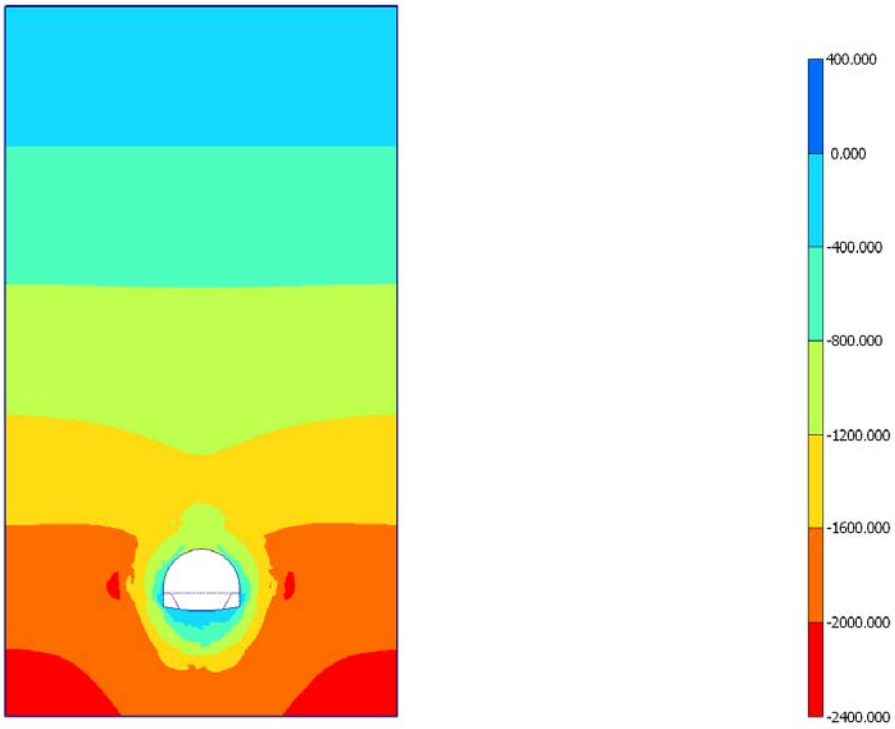


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 195 - (Phase: 7)

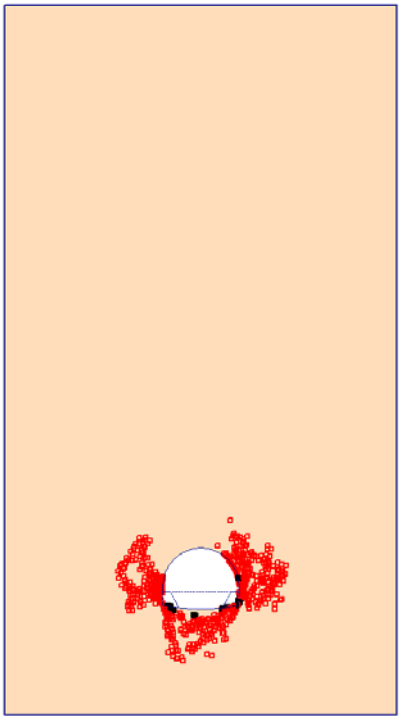


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 195 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

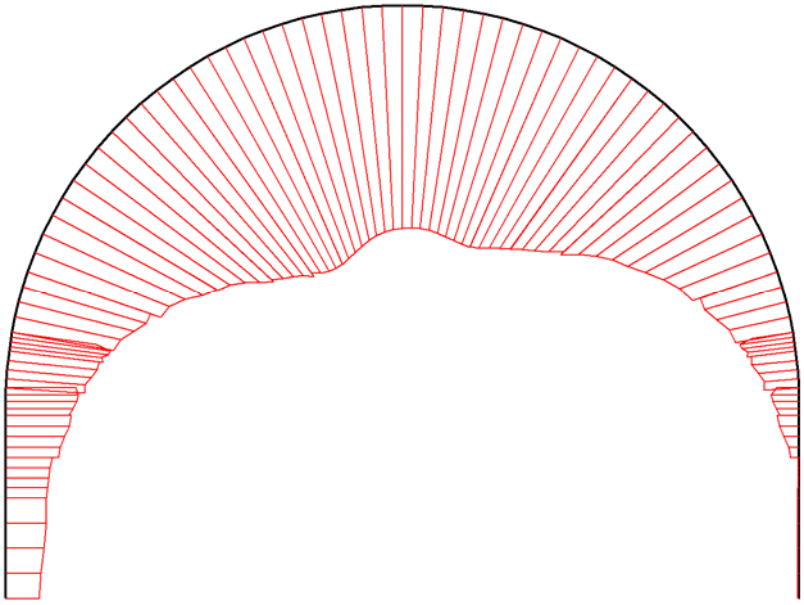


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -1,40*10^3 kN/m (Phase: 7)

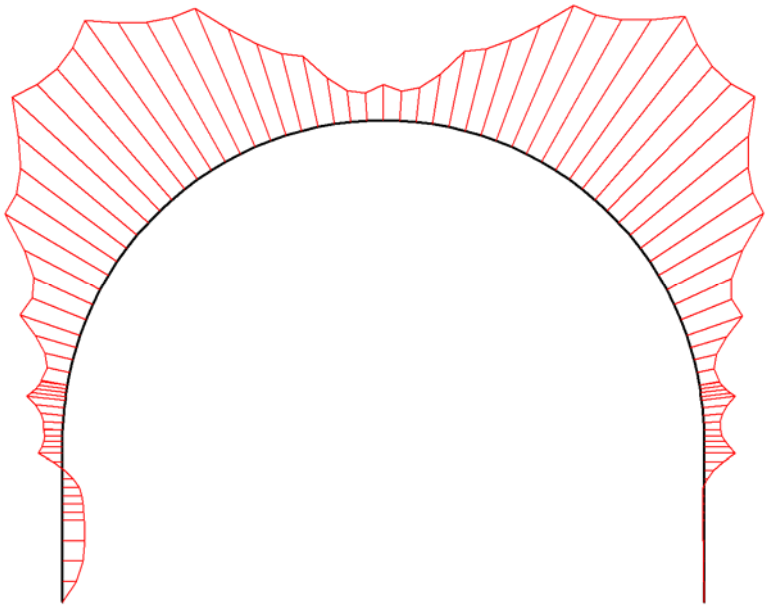


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -203,91 kNm/m (Phase: 7)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	7,412	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	183,173	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	181,680	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	182,109	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	182,594	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	115,861	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	117,628	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	158,739	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	183,996	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,809	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	151,209	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	111,069	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-V, CS-5 Lutitas y Areniscas

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	77,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

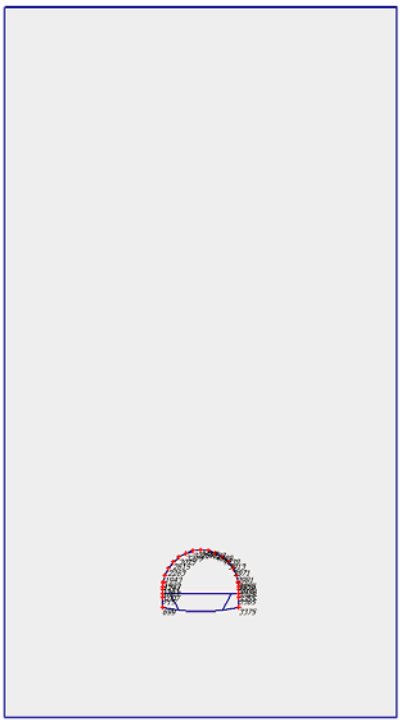


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

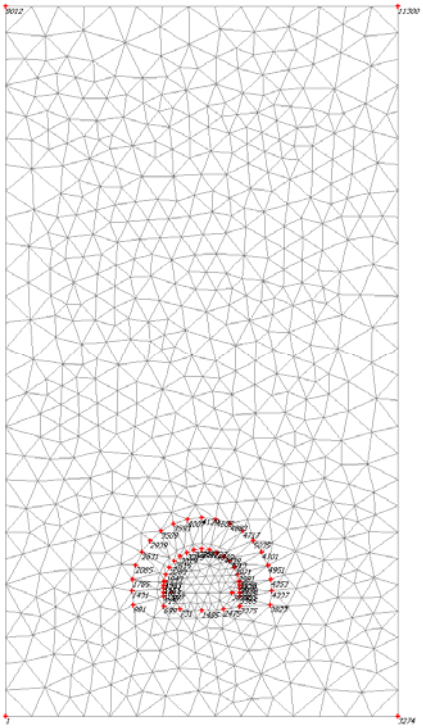


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

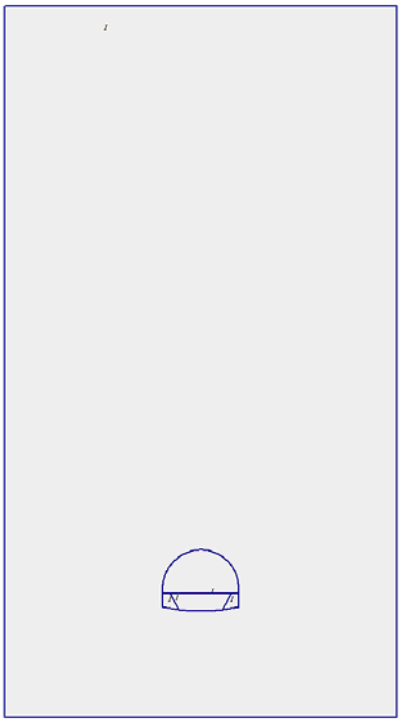


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas y areniscas RMR_10**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00
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]	457000,000
ν	[-]	0,250
G_{ref}	[kN/m²]	182800,000
E_{oed}	[kN/m²]	548400,000
c_{ref}	[kN/m²]	102,00
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 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	5
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	6	88
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	89	145
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	146	167
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	168	170
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	171	191
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	192	195

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

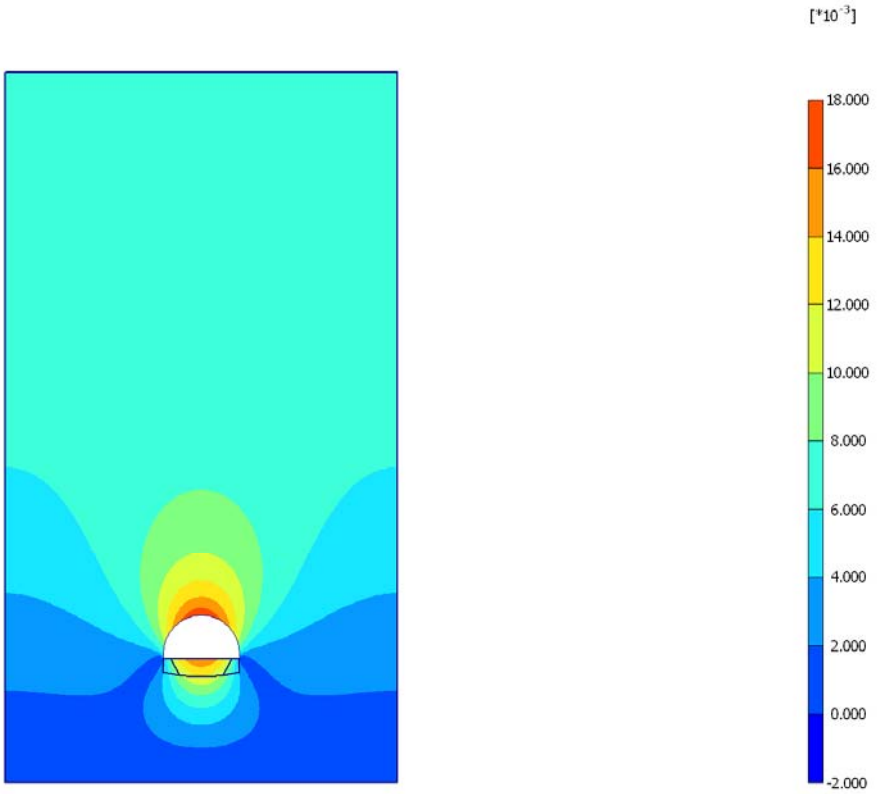


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 5 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

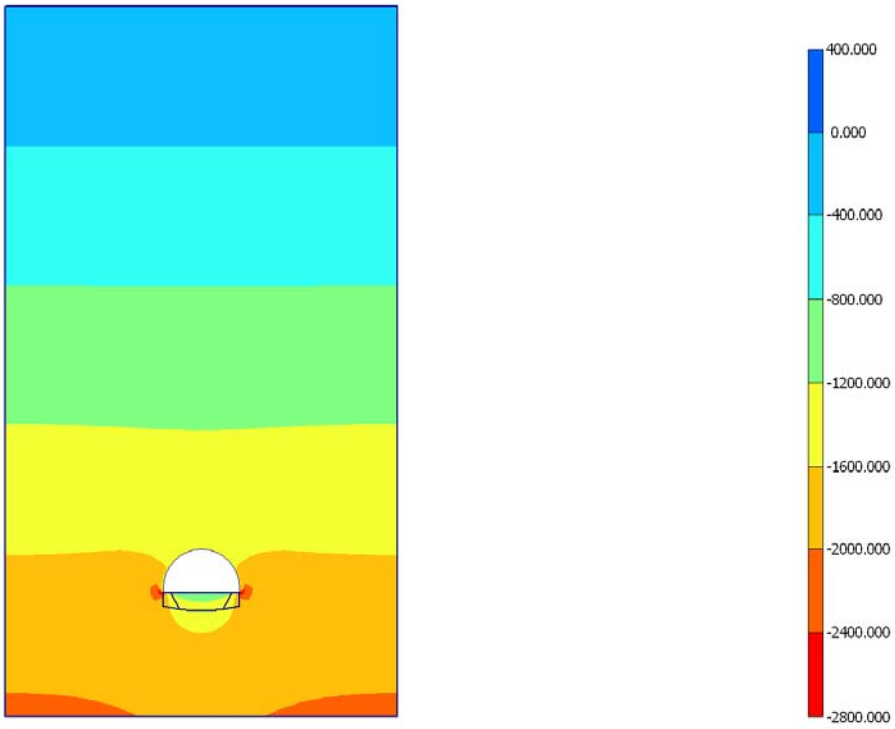


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 5 - (Phase: 1)

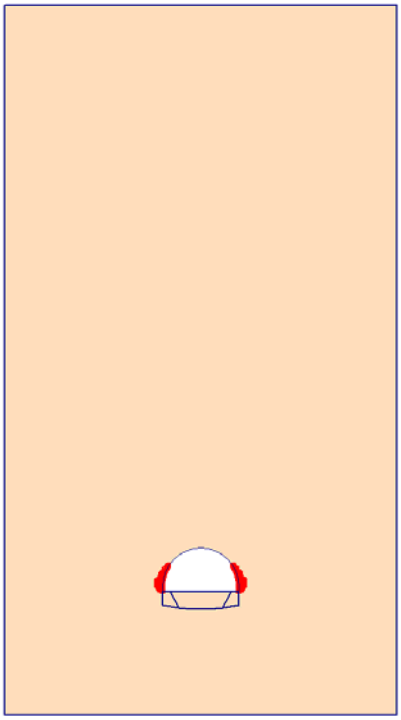


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 5 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

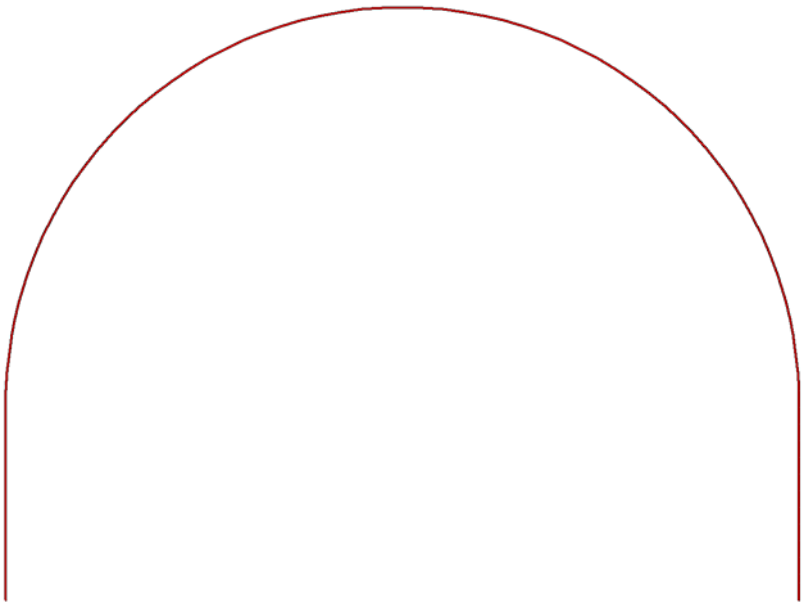


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

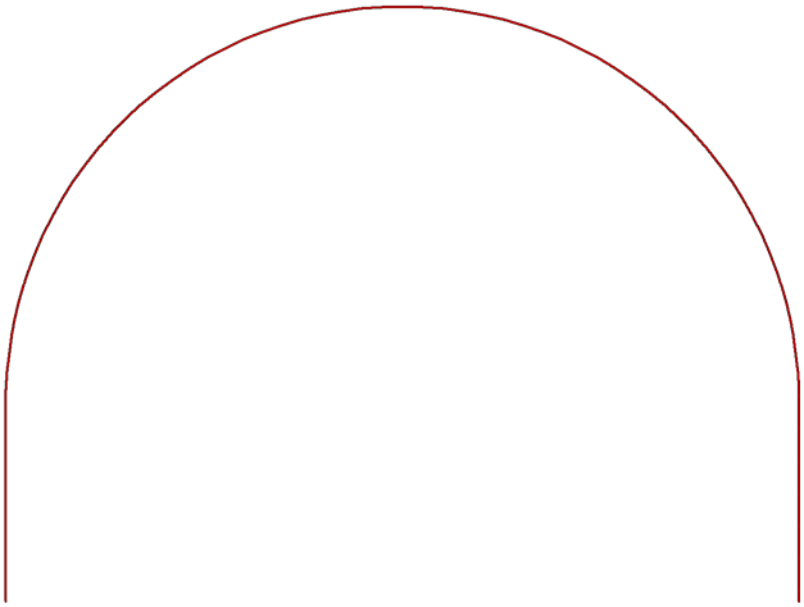


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

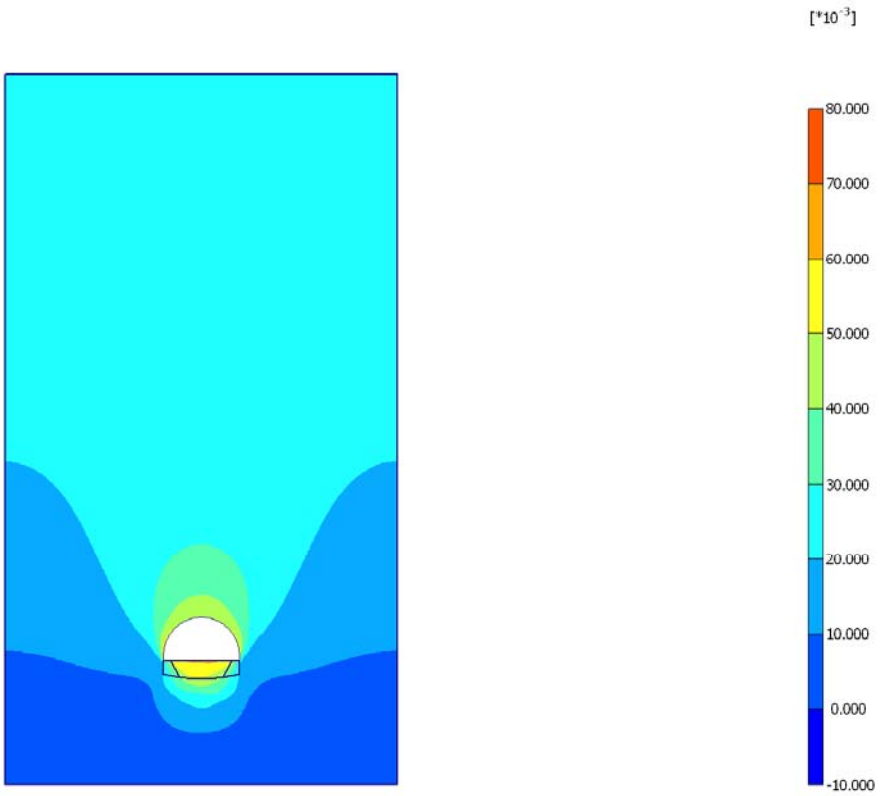


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 88 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

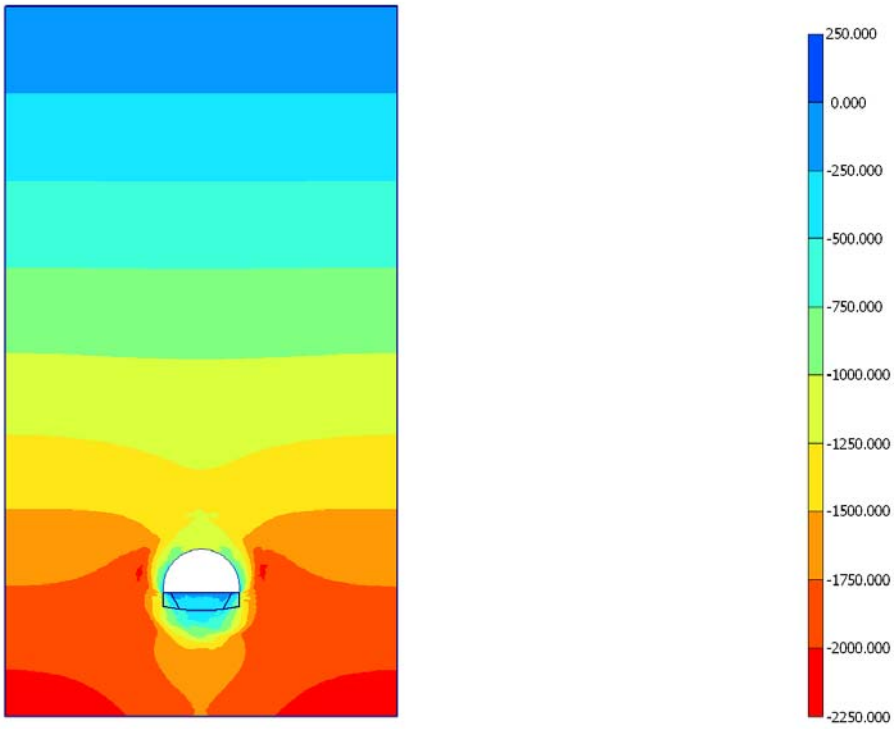


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 88 - (Phase: 2)

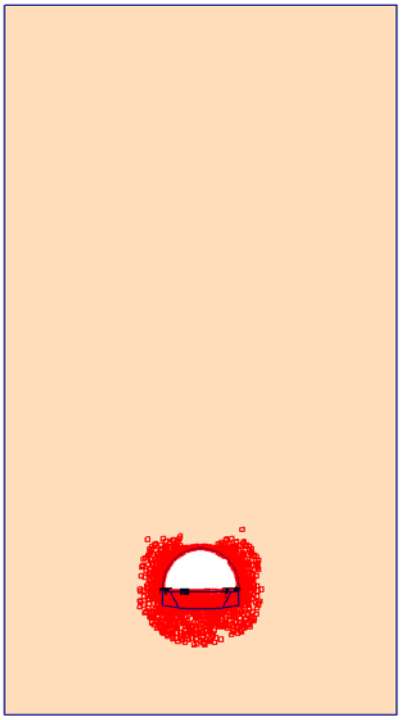


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 88 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

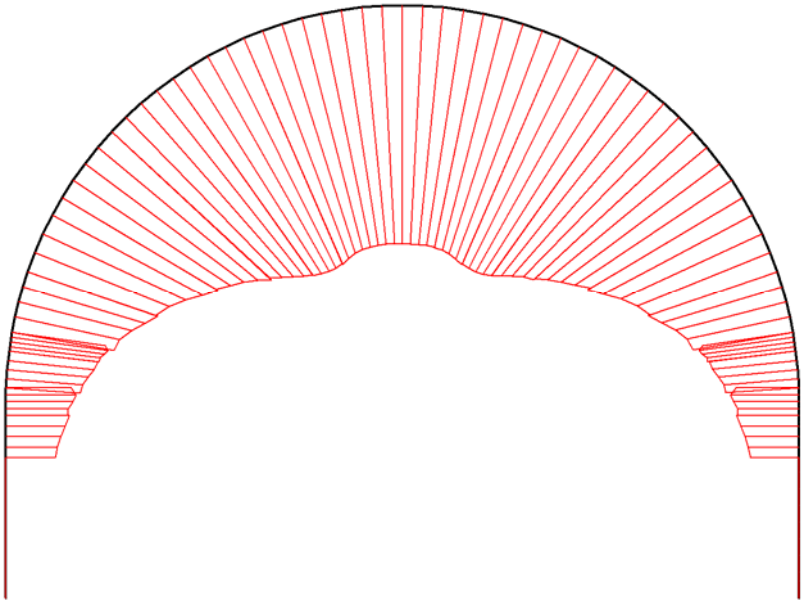


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -1,48*10^3 kN/m (Phase: 2)

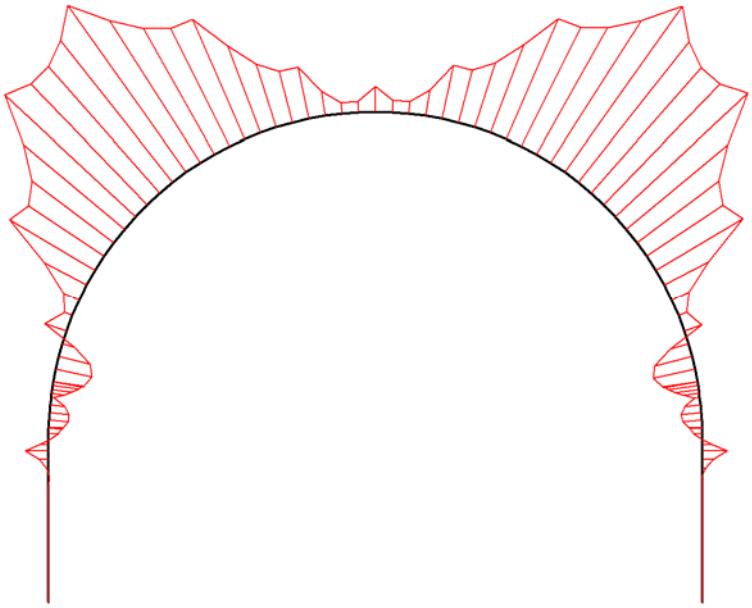


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value -123,14 kNm/m (Phase: 2)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	173,637	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	103,497	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	103,399	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	118,356	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	175,042	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	118,149	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	102,747	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

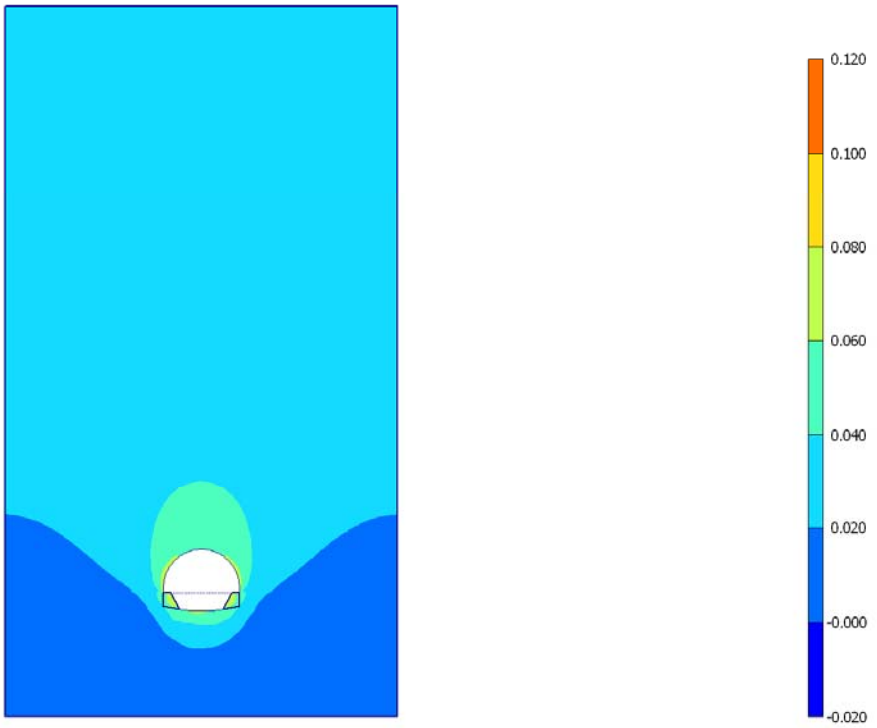


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 145 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

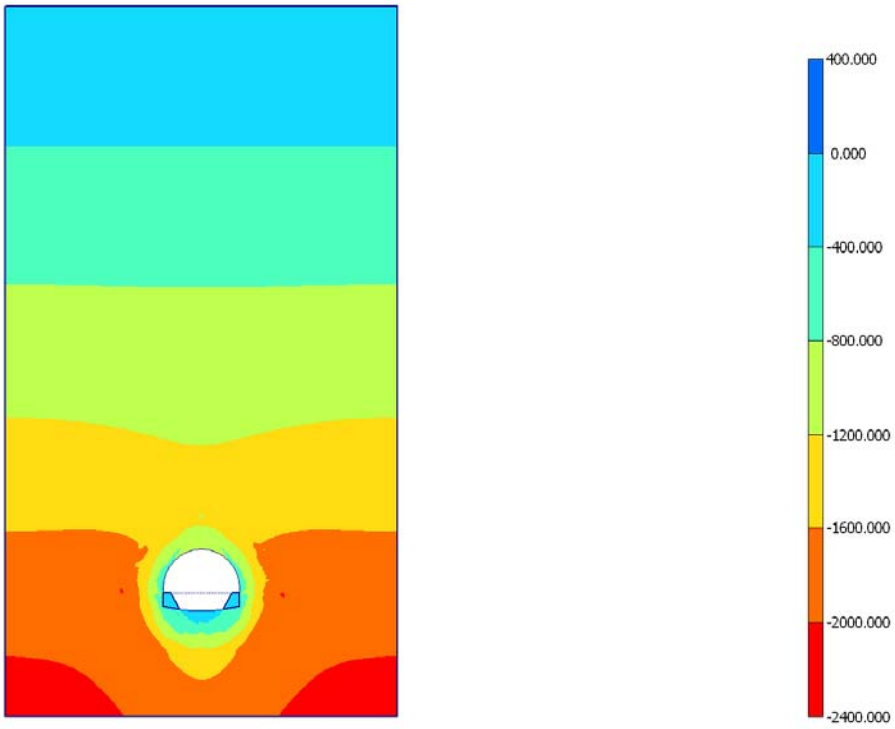


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 145 - (Phase: 3)

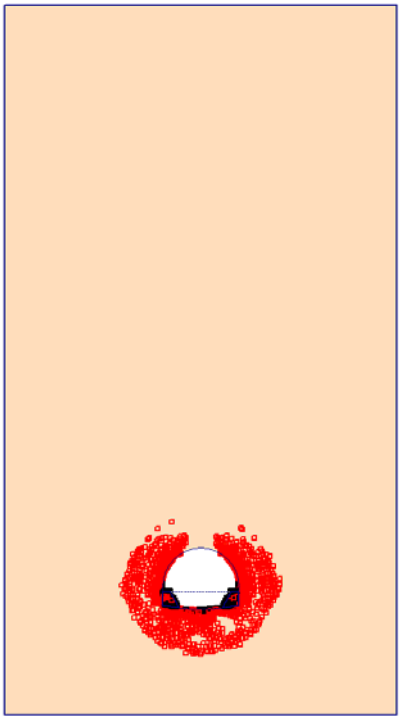


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 145 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

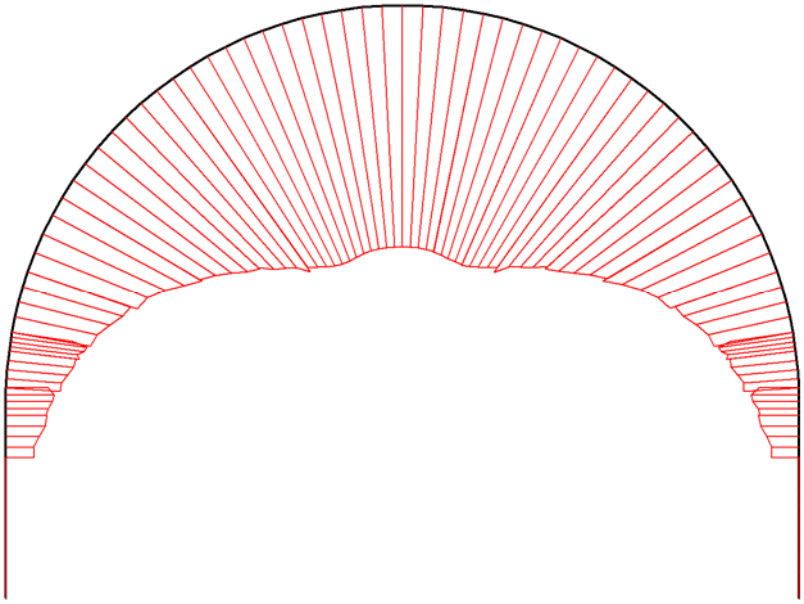


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -1,38*10^3 kN/m (Phase: 3)

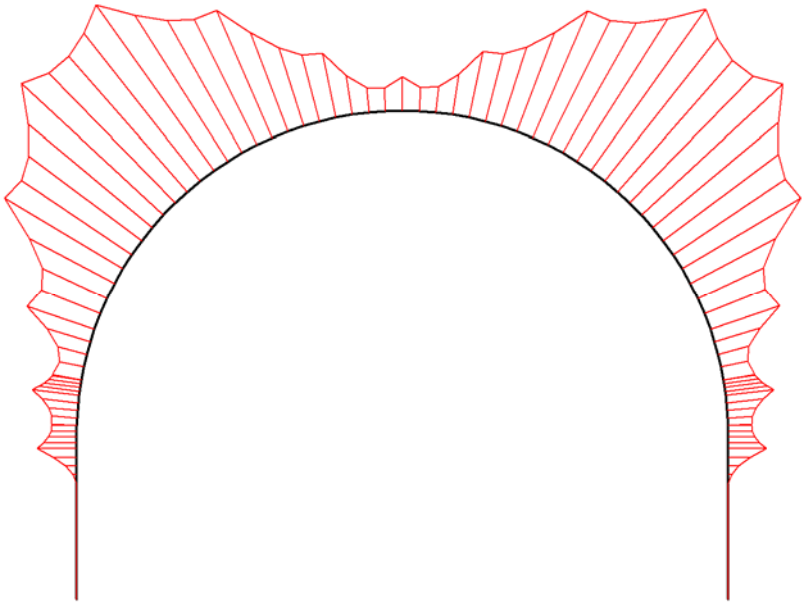


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value -164,62 kNm/m (Phase: 3)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	114,311	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	114,214	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	139,880	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	139,557	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	111,100	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

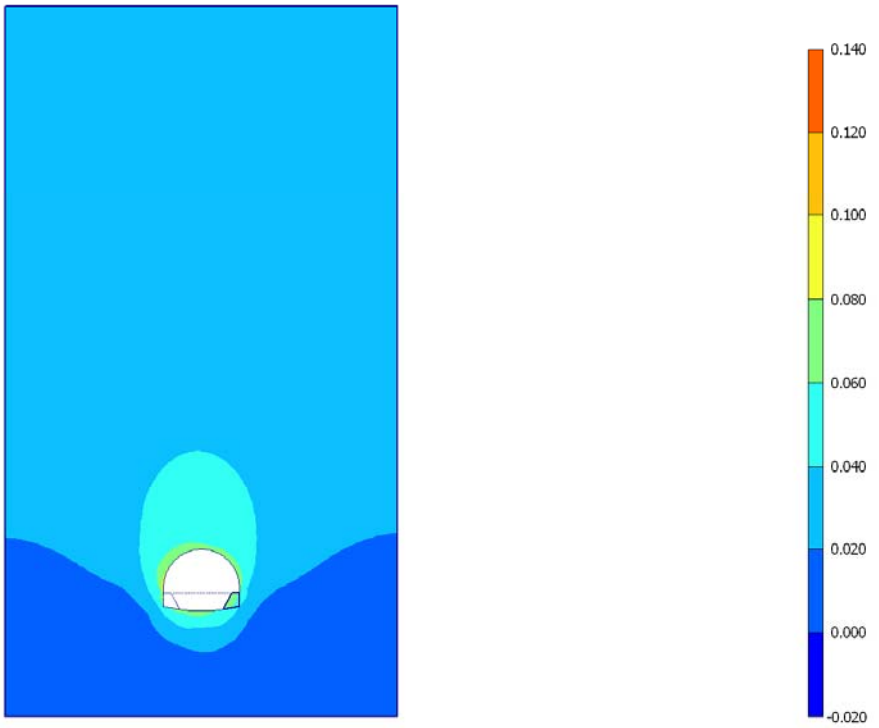


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 167 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

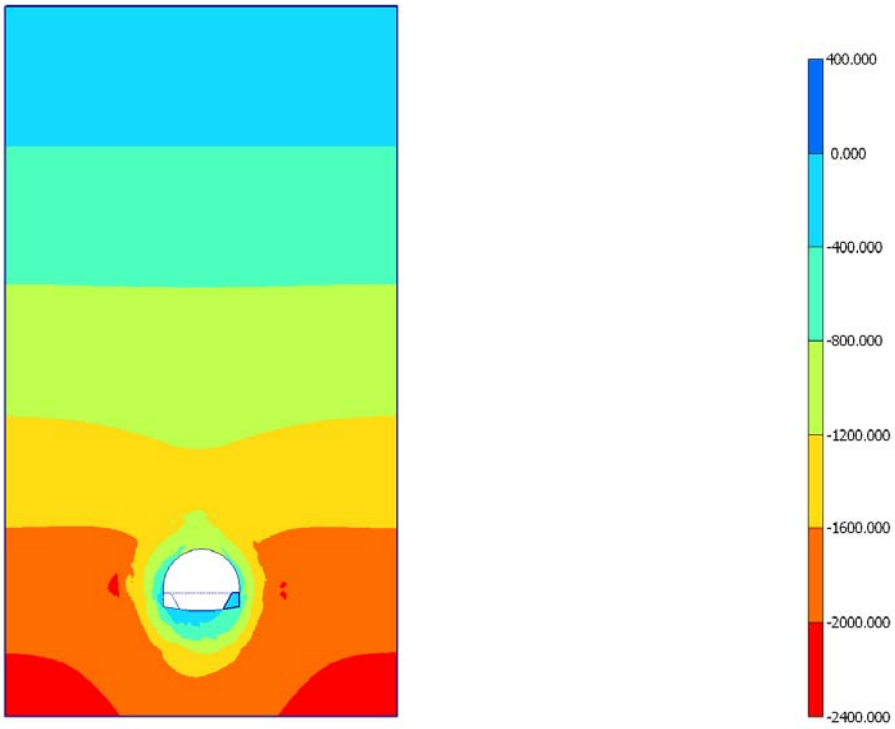


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 167 - (Phase: 4)

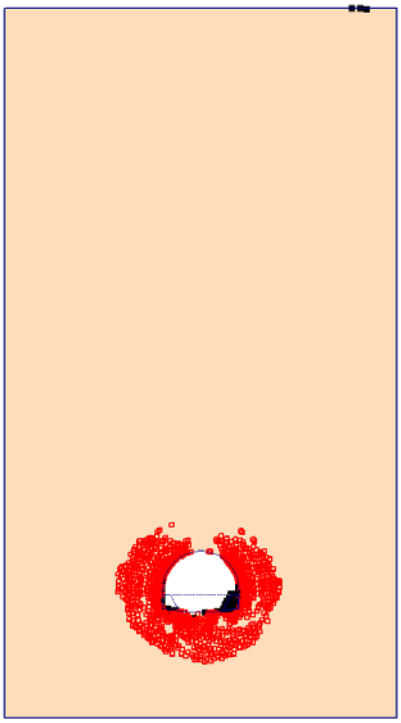


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 167 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

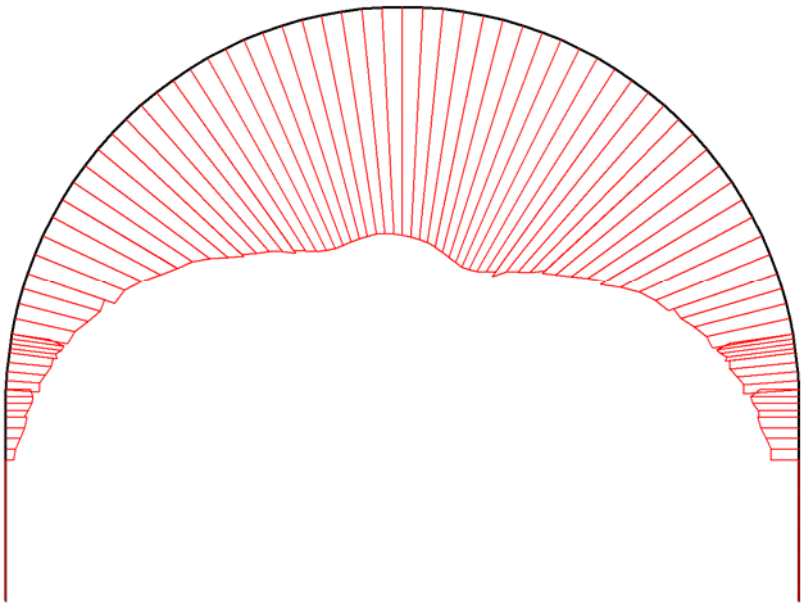


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -1,38*10^3 kN/m (Phase: 4)

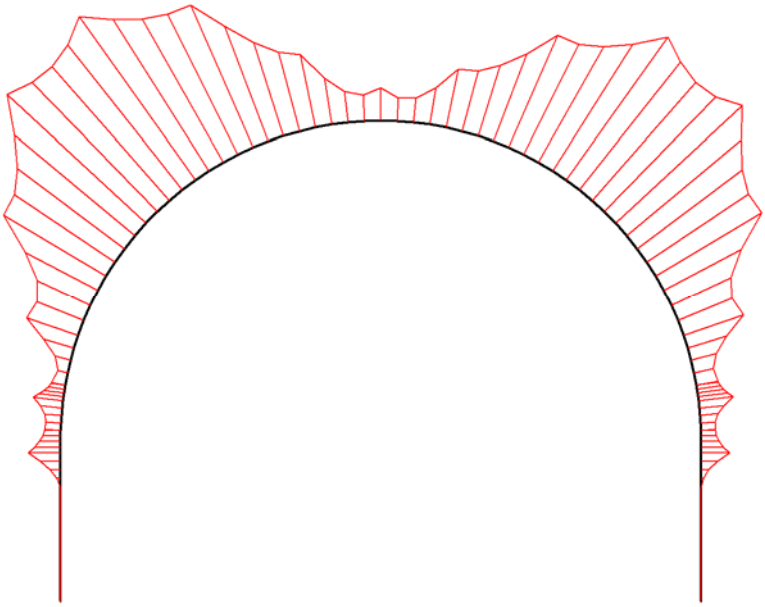


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -194,32 kNm/m (Phase: 4)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	116,695	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	116,704	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	144,892	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	151,996	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	112,330	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

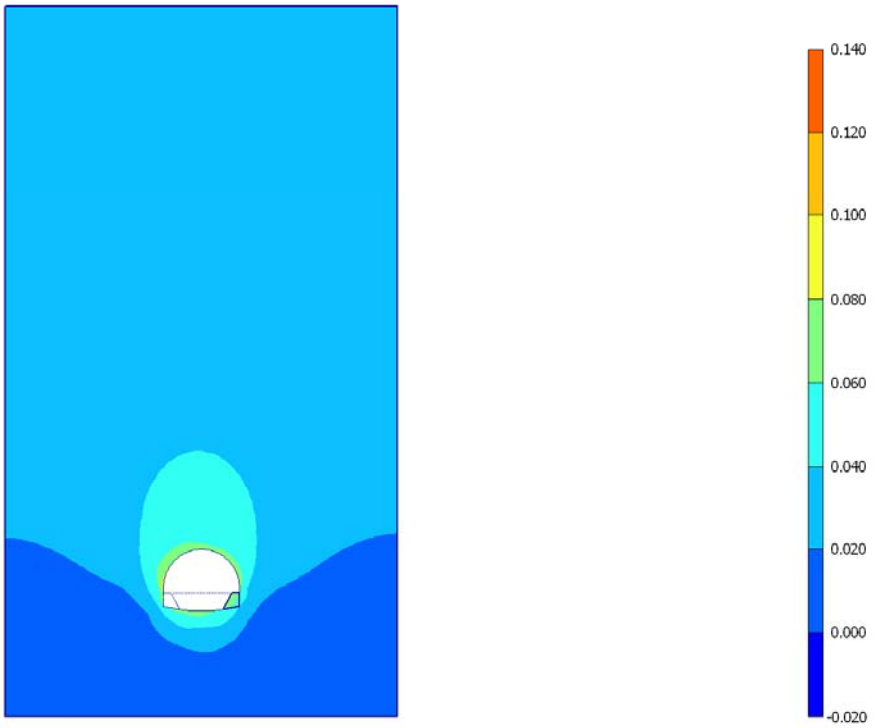


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 170 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

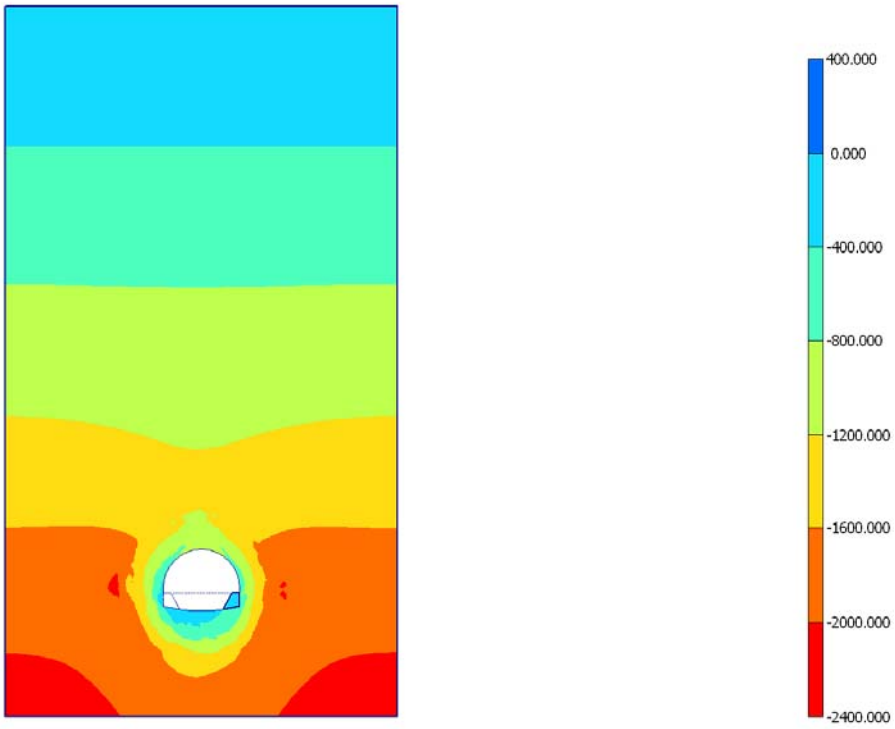


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 170 - (Phase: 5)

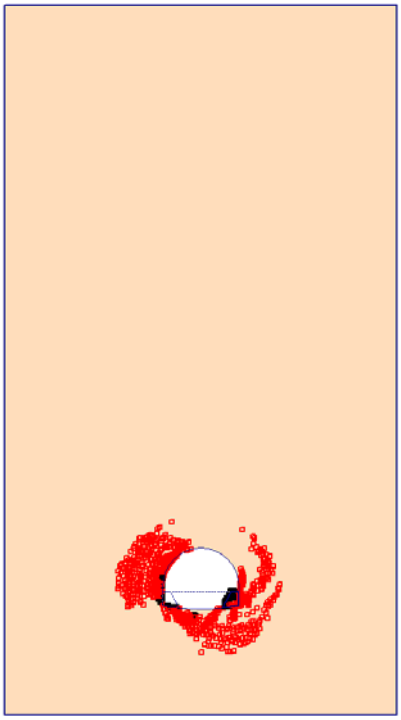


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 170 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

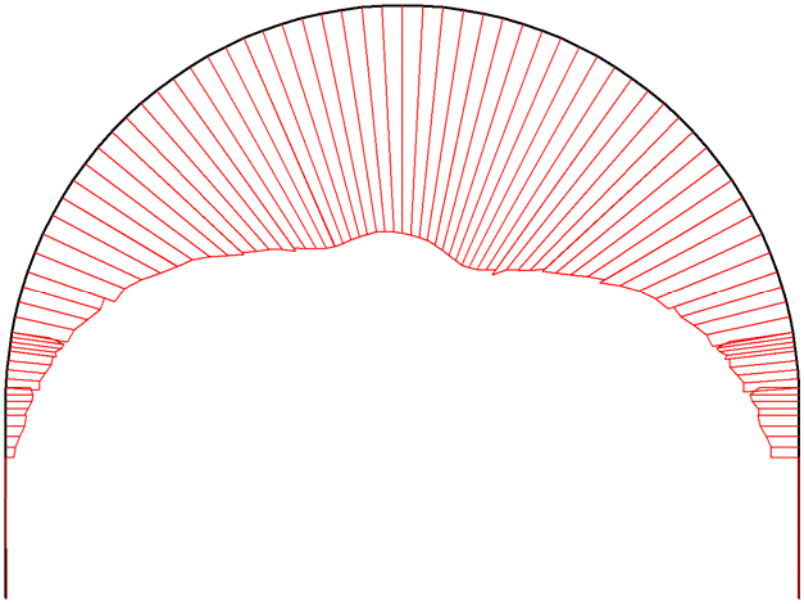


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -1,38*10^3 kN/m (Phase: 5)

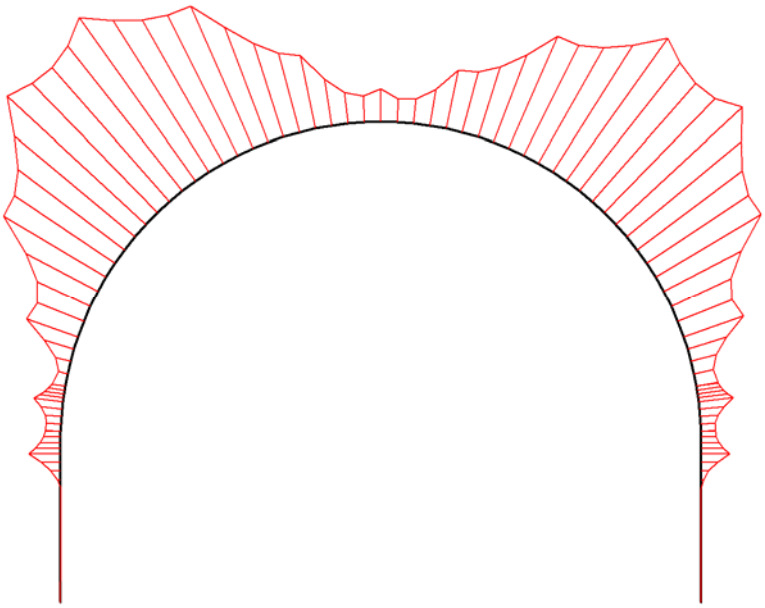


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -194,38 kNm/m (Phase: 5)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,303	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	116,709	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	116,690	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	144,883	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	183,991	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	183,990	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	183,983	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	183,987	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	152,145	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	112,312	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

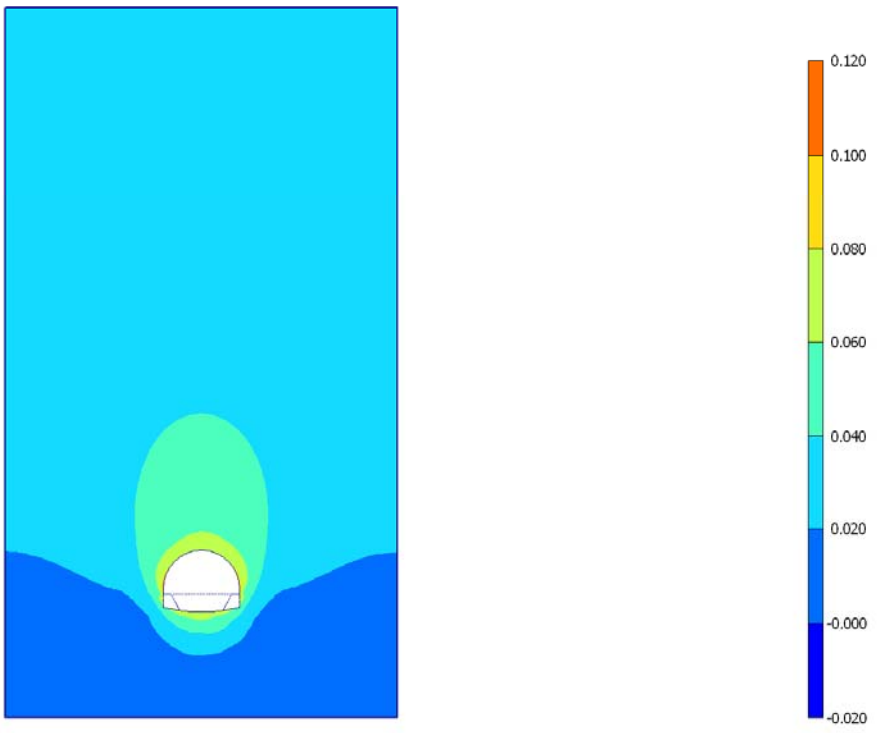


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 191 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

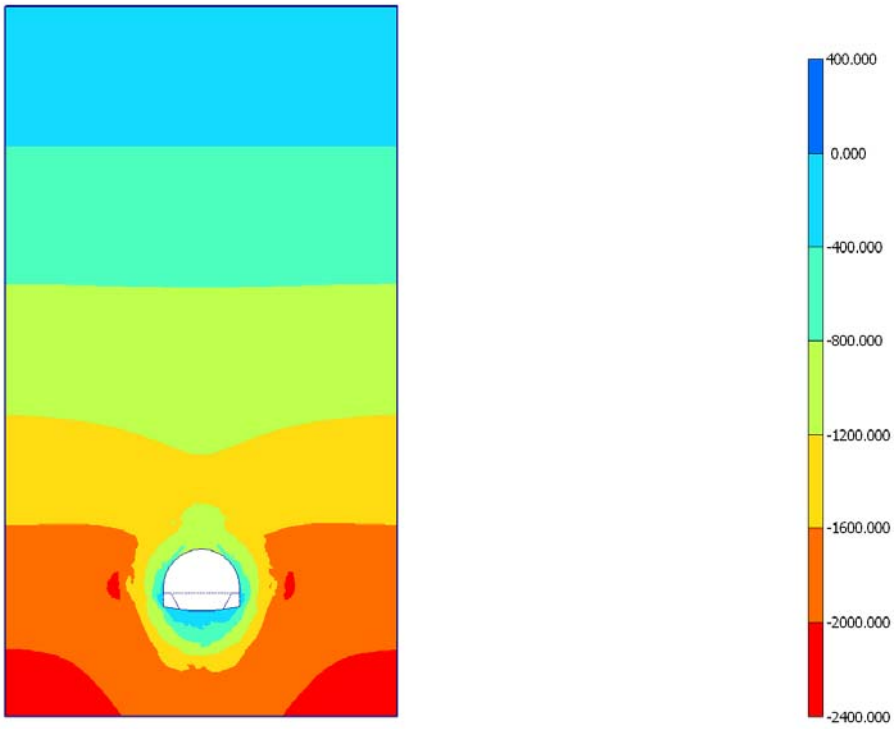


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 191 - (Phase: 6)

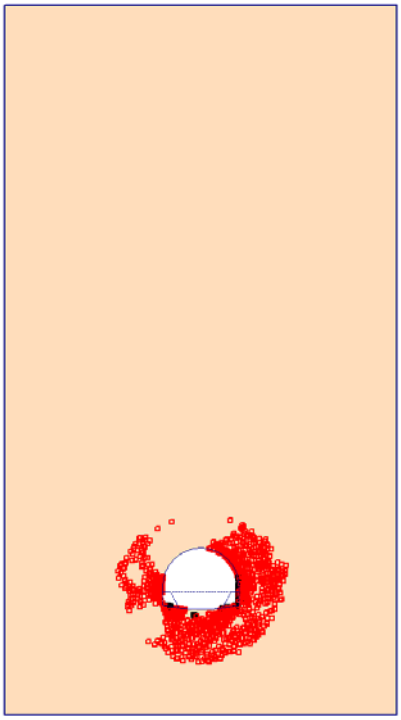


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 191 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

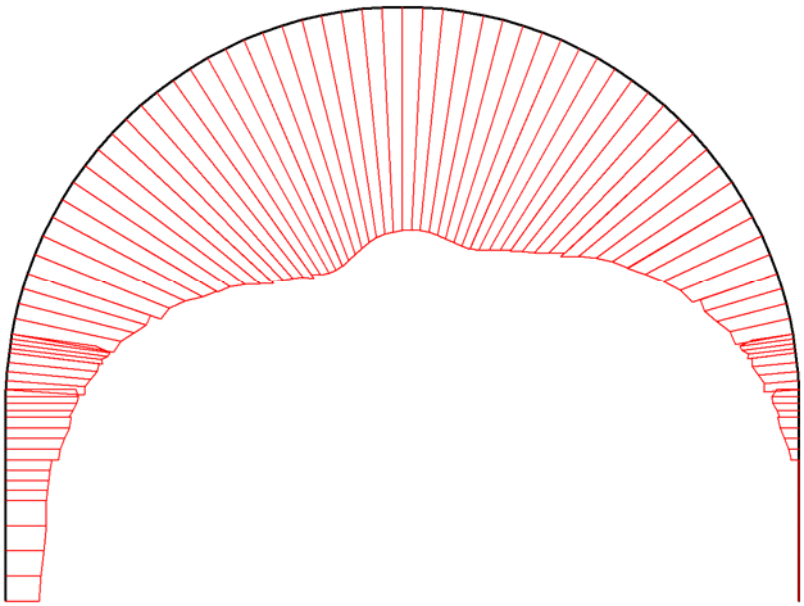


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -1,40*10^3 kN/m (Phase: 6)

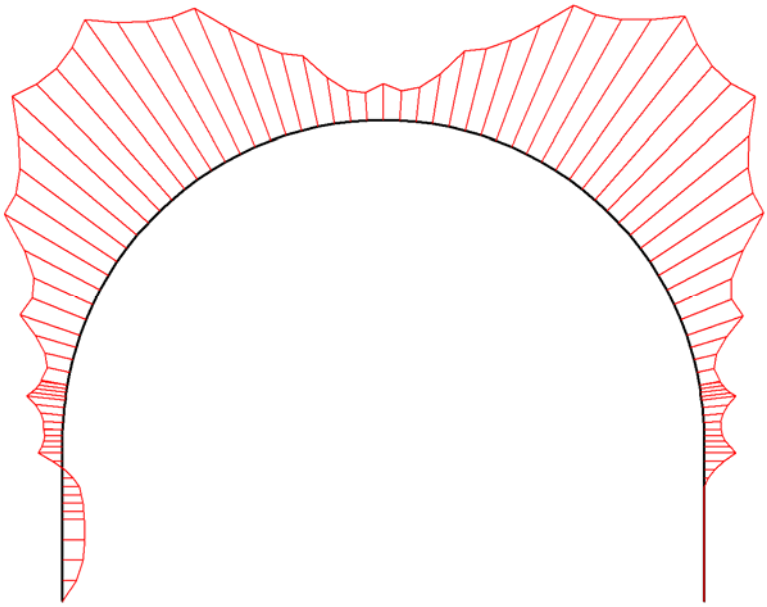


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -203,53 kNm/m (Phase: 6)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	7,337	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	183,157	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	181,681	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	182,112	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	182,599	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	115,877	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	117,658	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	158,667	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	151,218	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	111,100	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

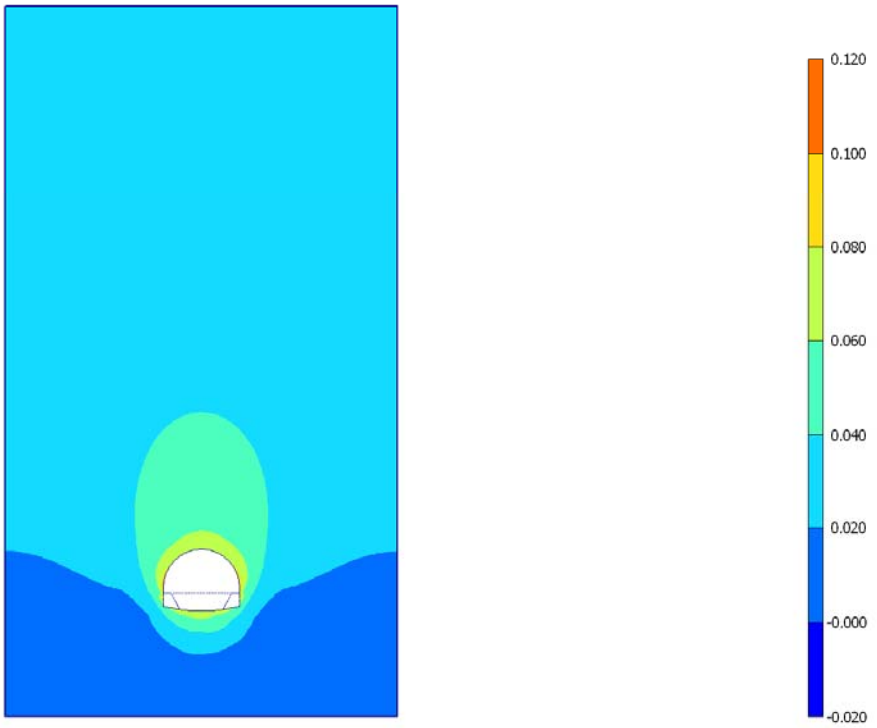


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 195 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

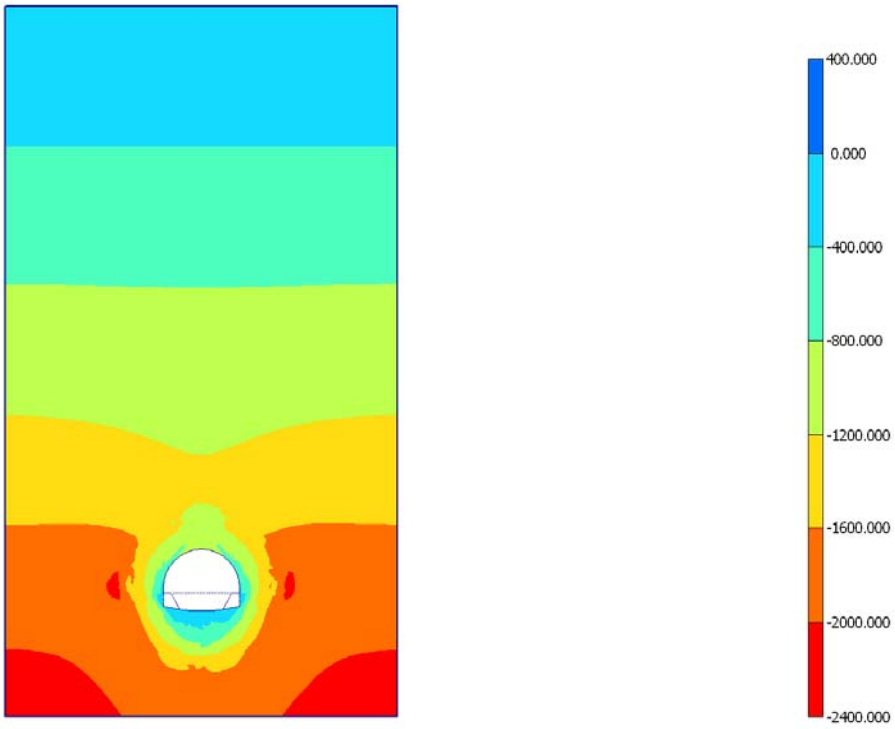


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 195 - (Phase: 7)

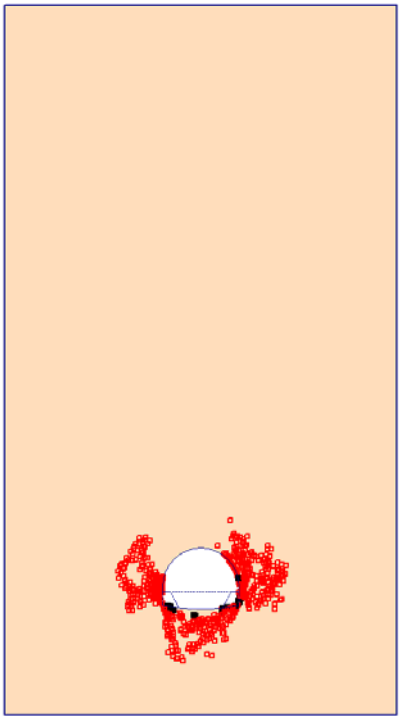


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 195 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

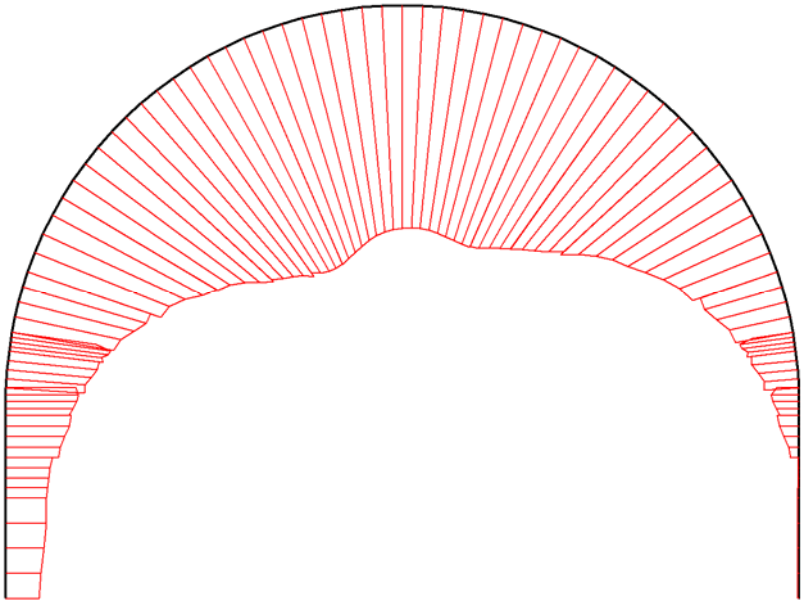


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -1,40*10^3 kN/m (Phase: 7)

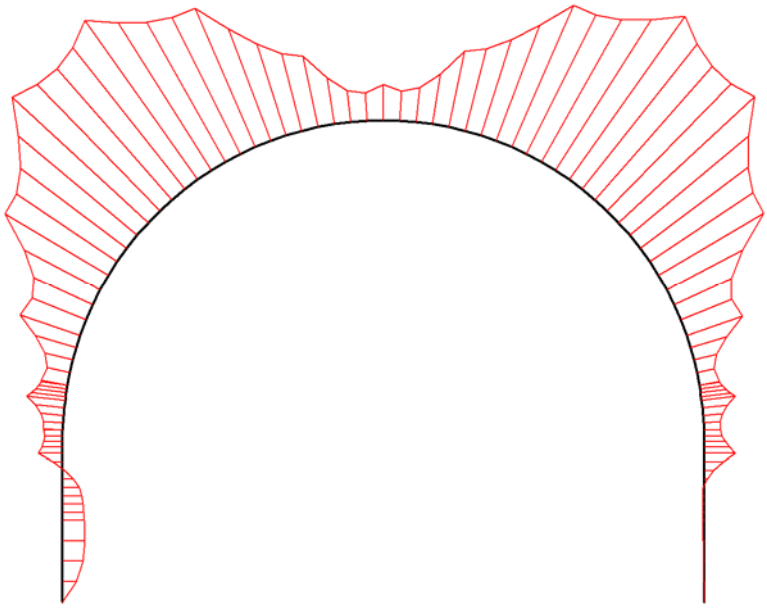


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -203,91 kNm/m (Phase: 7)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	7,412	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	183,173	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	181,680	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	182,109	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	182,594	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	115,861	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	117,628	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	158,739	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	183,996	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,809	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	151,209	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	111,069	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-V, CS-5 Lutitas y Areniscas (cobertera 59 m)

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	67,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

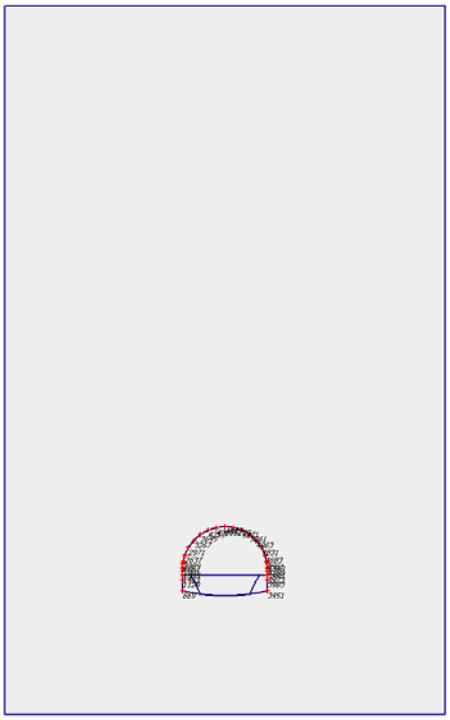


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

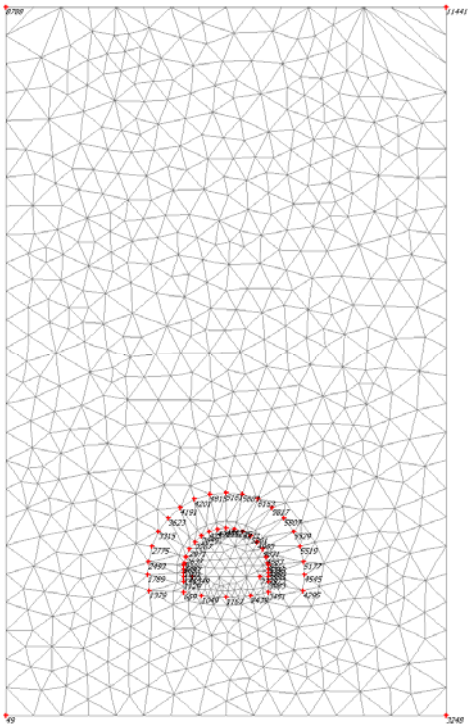


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

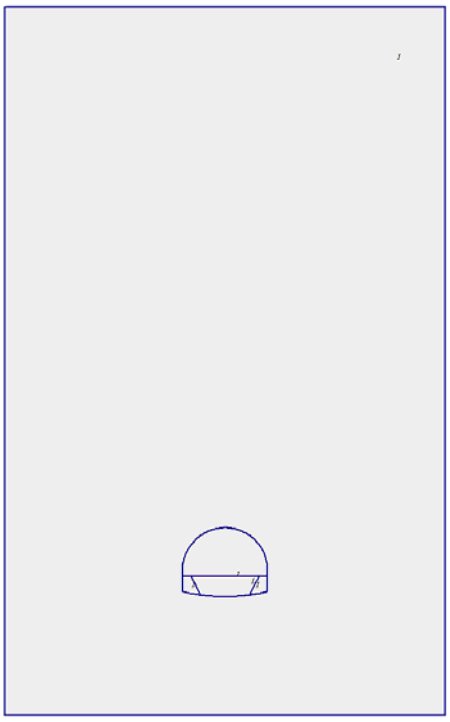


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas y areniscas RMR_10**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00
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]	457000,000
ν	[-]	0,250
G_{ref}	[kN/m²]	182800,000
E_{oed}	[kN/m²]	548400,000
c_{ref}	[kN/m²]	102,00
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 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	5
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	6	85
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	86	152
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	153	171
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	172	174
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	175	192
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	193	195

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

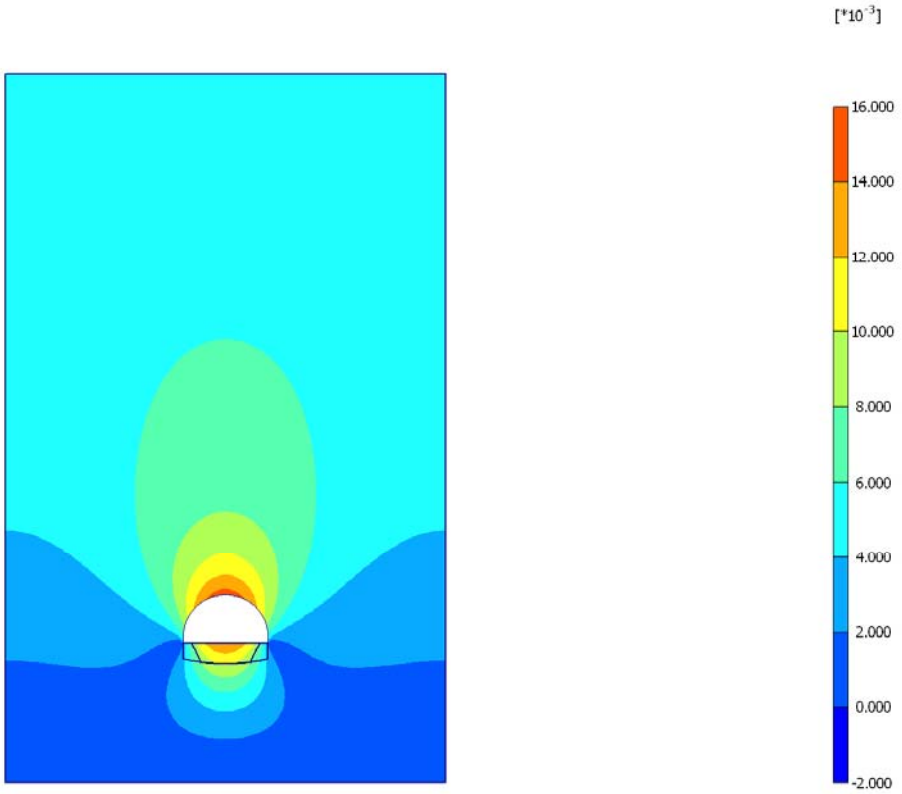


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 5 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

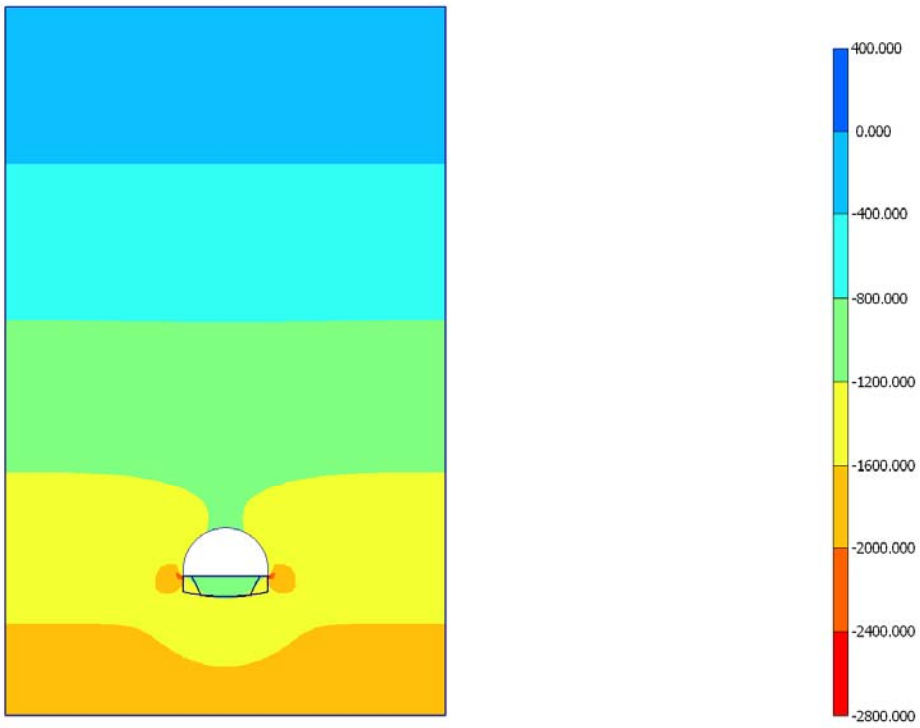


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 5 - (Phase: 1)

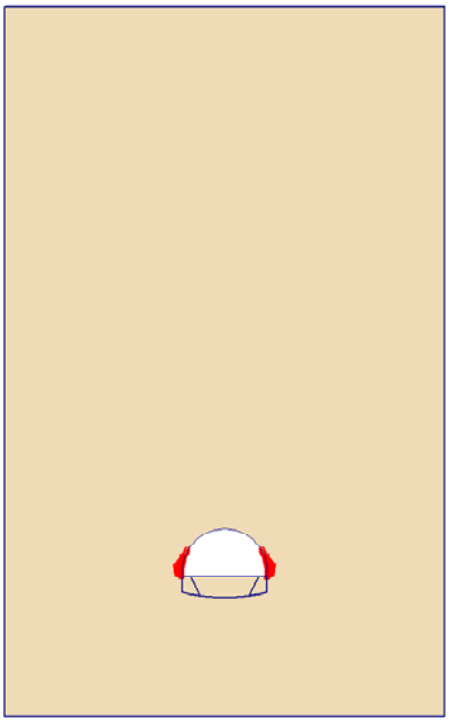


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 5 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

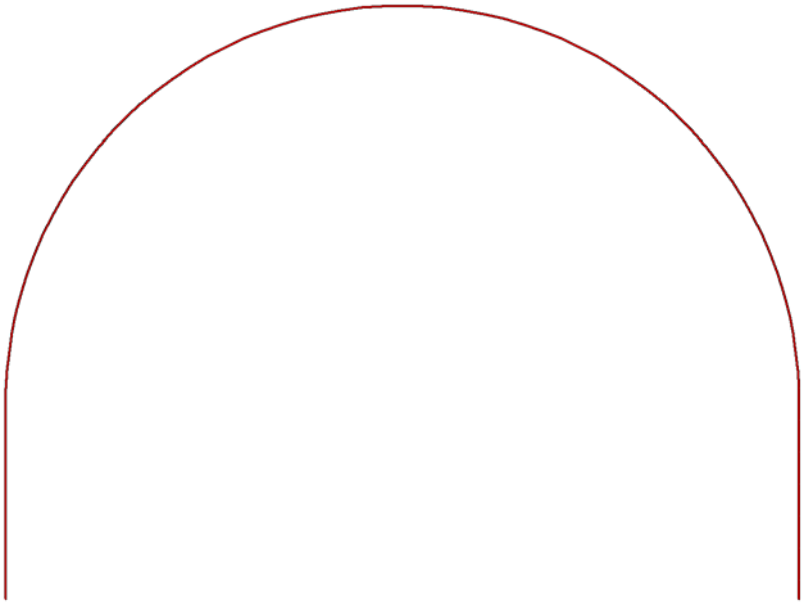


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

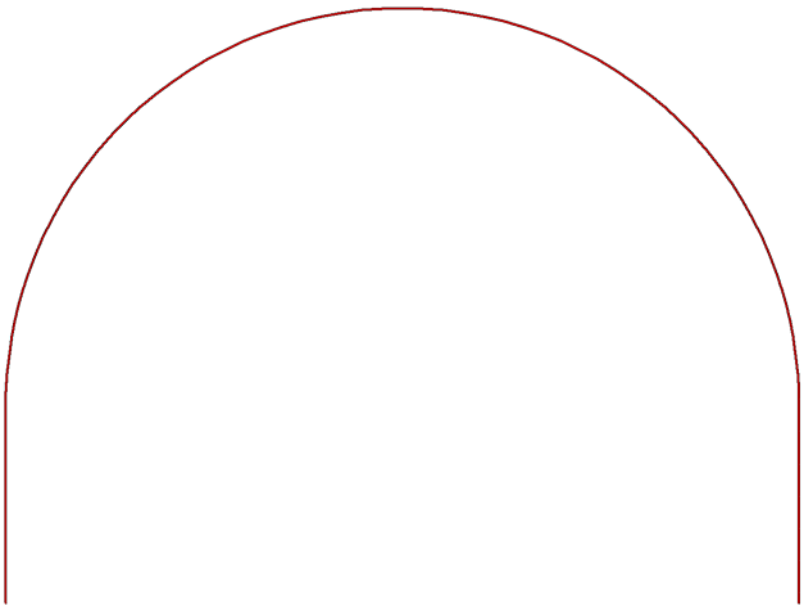


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	1379 1129	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1769 1565	-8,800 -4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2493 2087	-8,740 -4,758	4,322 3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2775 2637	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3315 2971	-7,600 -4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3623 3267	-6,510 -3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4191 3645	-5,150 -2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4815 4385	-1,820 -0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5603 5235	1,820 0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6153 5271	3,560 1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5817 5261	5,150 2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5807 4963	6,510 3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4683 5519	4,536 8,350	4,911 6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5529 4831	7,600 4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4349 5177	4,758 8,740	3,939 4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4545 3993	8,800 4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4295 3983	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	4201 4253	-3,560 -1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	5161 4867	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

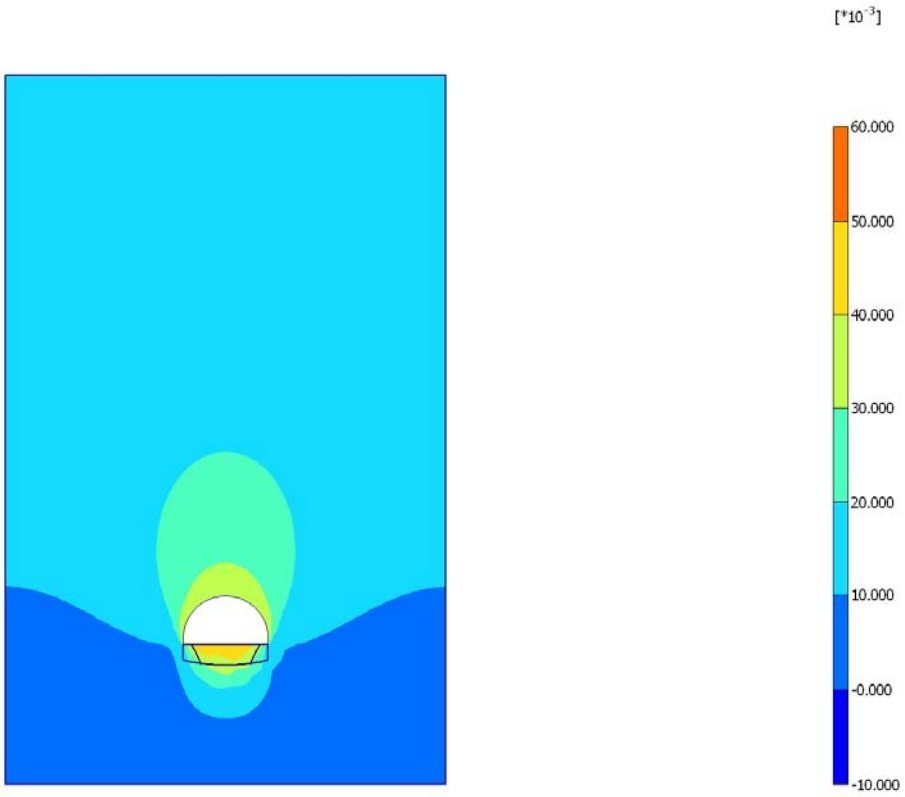


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 85 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

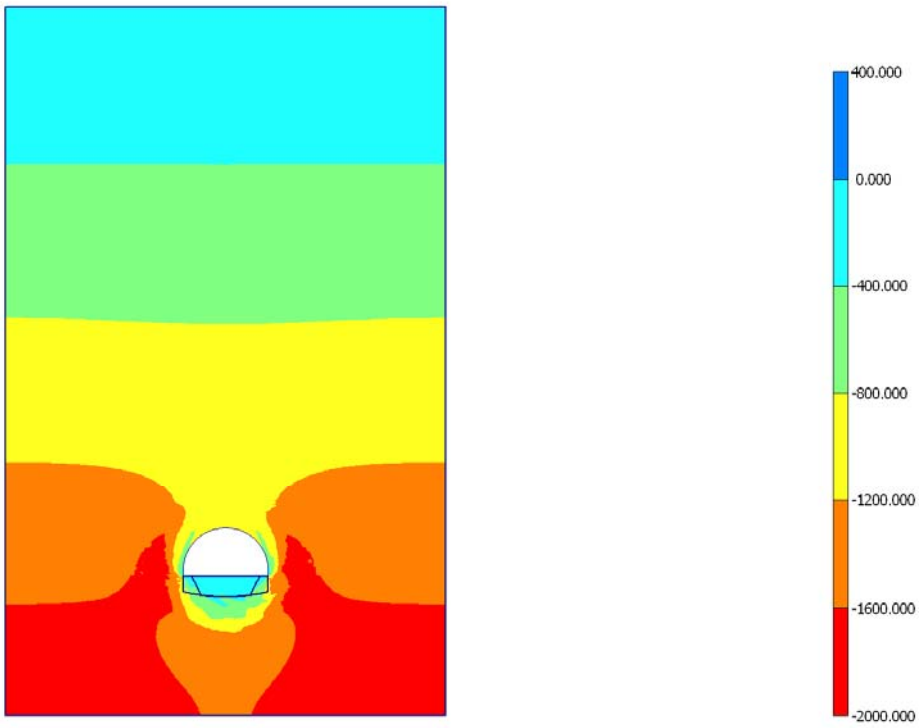


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 85 - (Phase: 2)

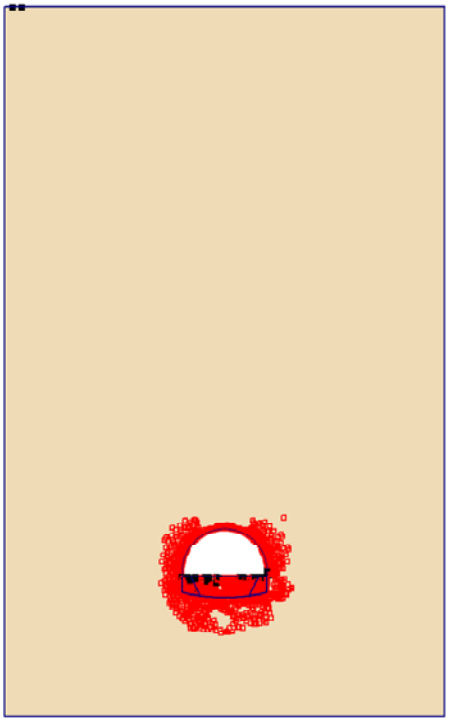


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 85 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

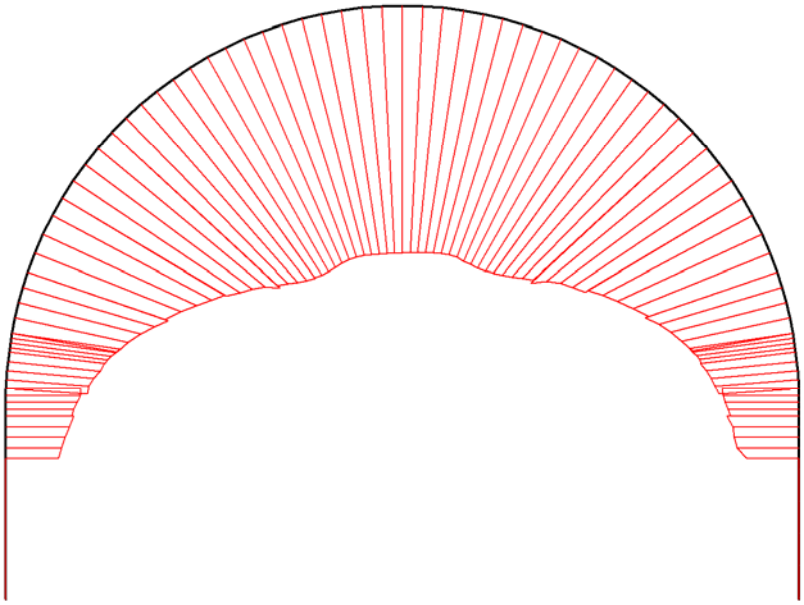


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -1,34*10^3 kN/m (Phase: 2)

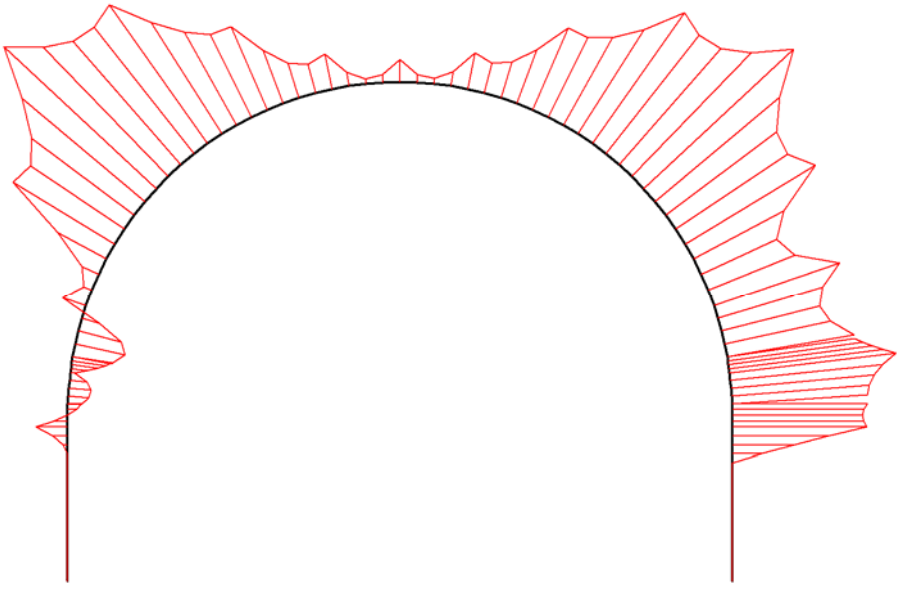


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value -102,92 kNm/m (Phase: 2)

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 1129	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1769 1565	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2493 2087	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2775 2637	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3315 2971	-7,600 -4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3623 3267	-6,510 -3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4191 3645	-5,150 -2,777	10,482 7,257	116,984	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4815 4385	-1,820 -0,980	11,952 8,041	83,881	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5603 5235	1,820 0,980	11,952 8,041	84,163	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6153 5271	3,560 1,917	11,392 7,742	89,640	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5817 5261	5,150 2,777	10,482 7,257	118,850	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5807 4963	6,510 3,519	9,262 6,606	183,714	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4683 5519	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5529 4831	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4349 5177	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4545 3993	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4295 3983	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	4201 4253	-3,560 -1,917	11,392 7,742	88,930	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	5161 4867	0,000 0,000	12,142 8,142	84,147	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

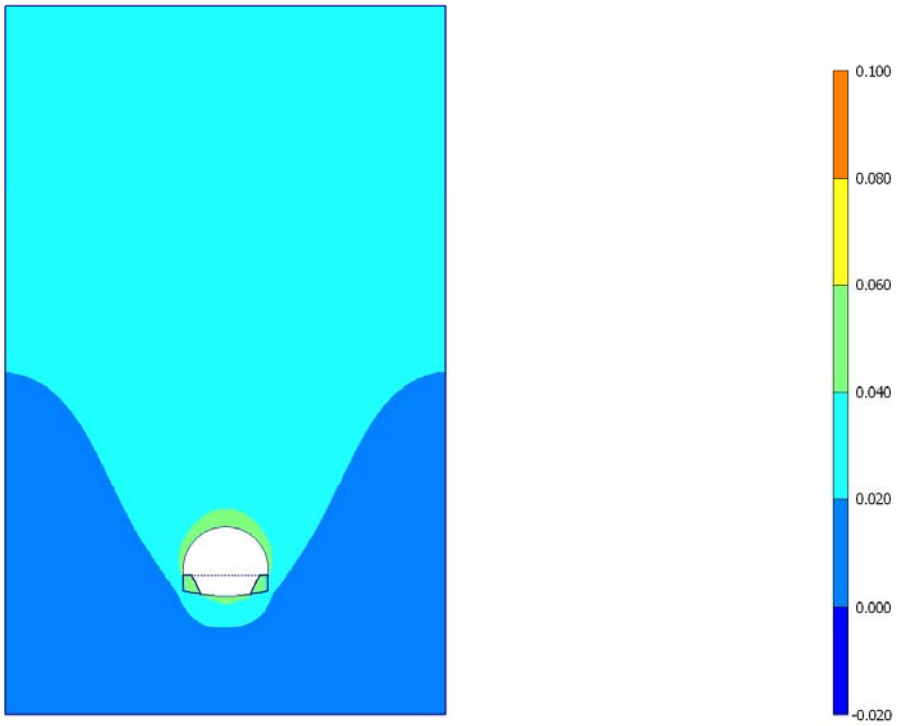


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 152 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

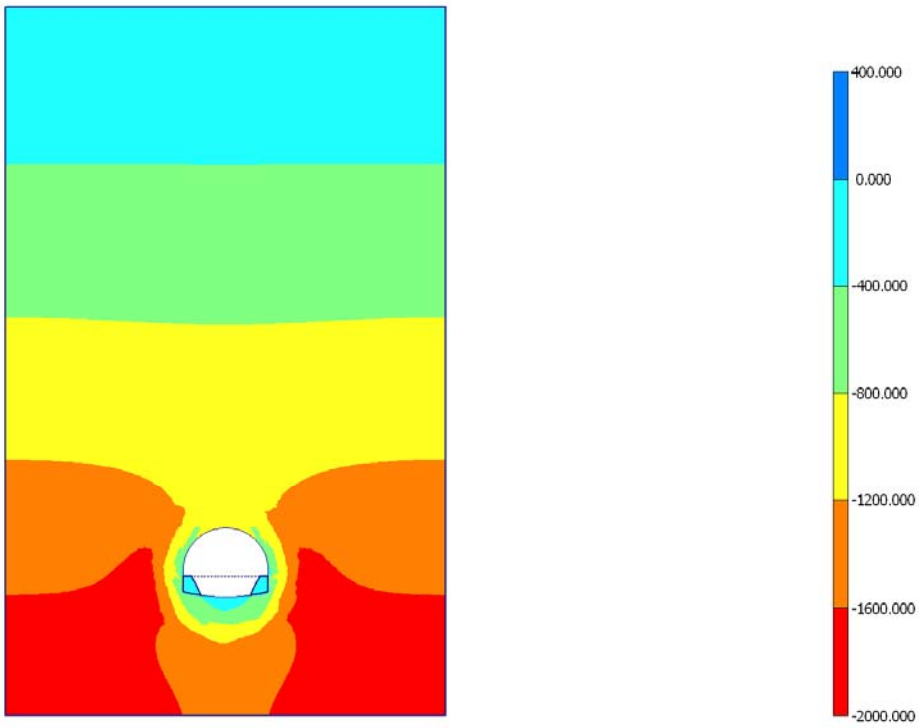


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 152 - (Phase: 3)

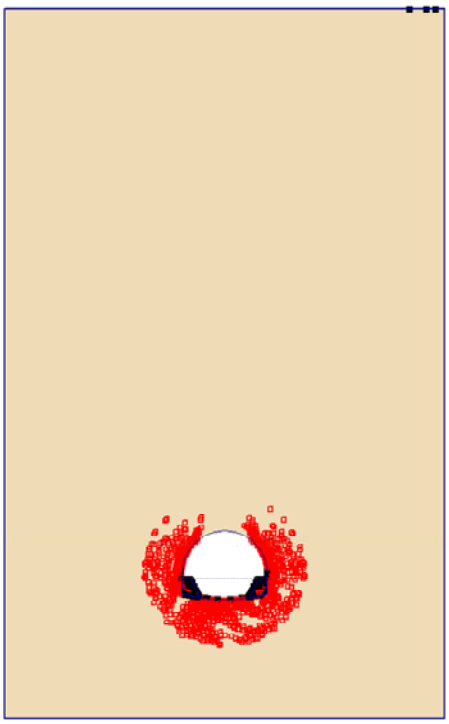


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 152 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

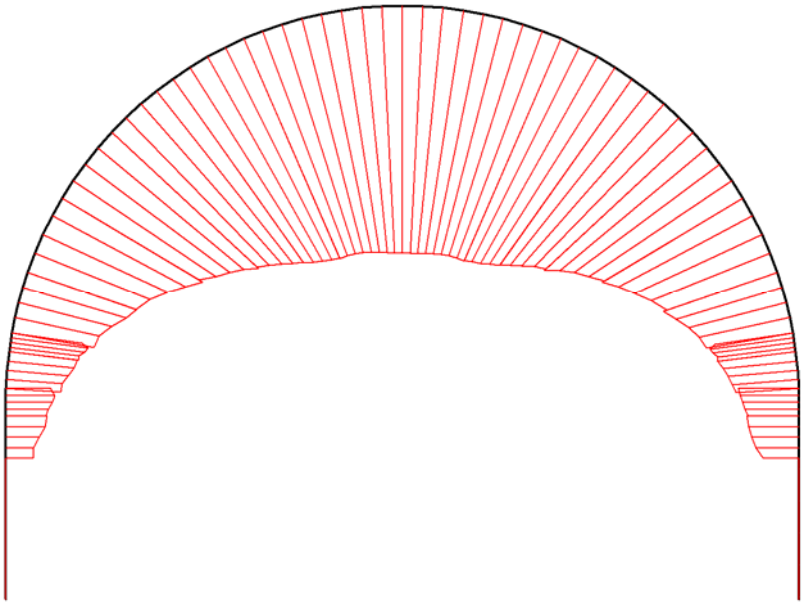


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -1,32*10^3 kN/m (Phase: 3)

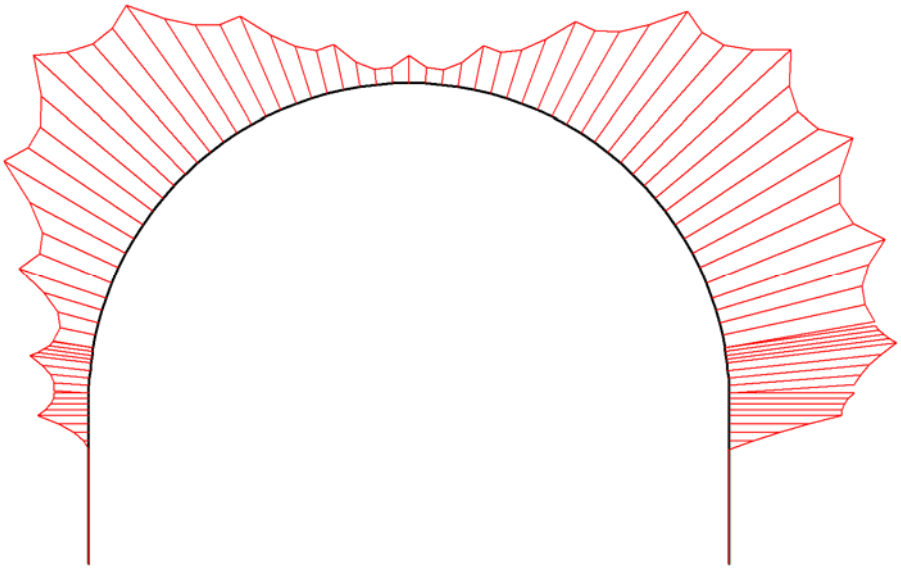


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value -132,70 kNm/m (Phase: 3)

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 1129	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1769 1565	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2493 2087	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2775 2637	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3315 2971	-7,600 -4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3623 3267	-6,510 -3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4191 3645	-5,150 -2,777	10,482 7,257	142,735	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4815 4385	-1,820 -0,980	11,952 8,041	91,532	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5603 5235	1,820 0,980	11,952 8,041	91,197	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6153 5271	3,560 1,917	11,392 7,742	101,225	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5817 5261	5,150 2,777	10,482 7,257	140,425	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5807 4963	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4683 5519	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5529 4831	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4349 5177	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4545 3993	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4295 3983	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	4201 4253	-3,560 -1,917	11,392 7,742	102,506	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	5161 4867	0,000 0,000	12,142 8,142	90,664	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

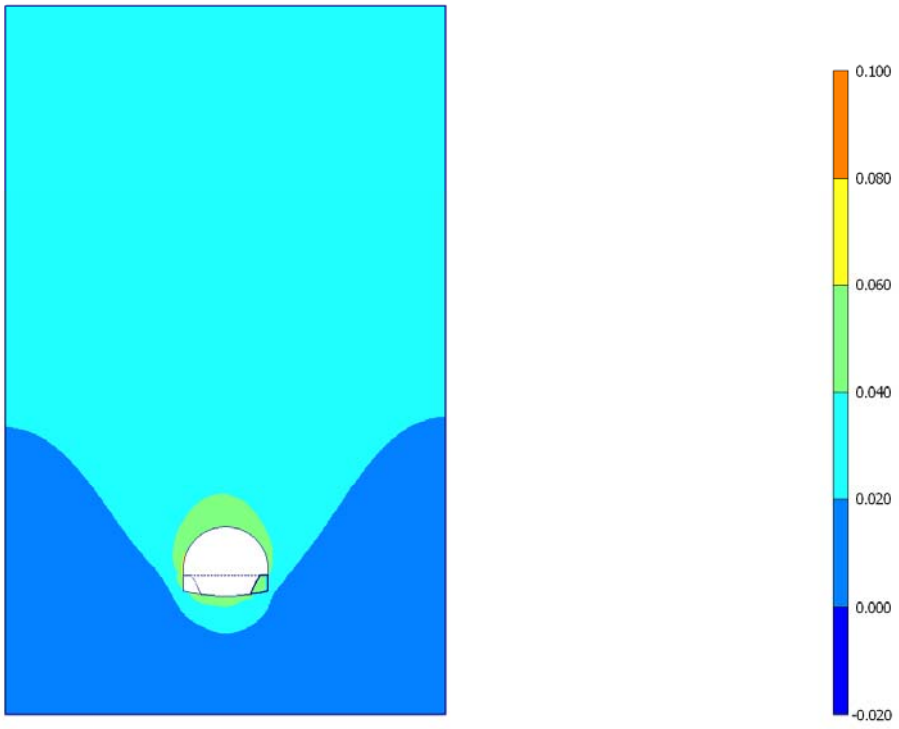


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 171 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

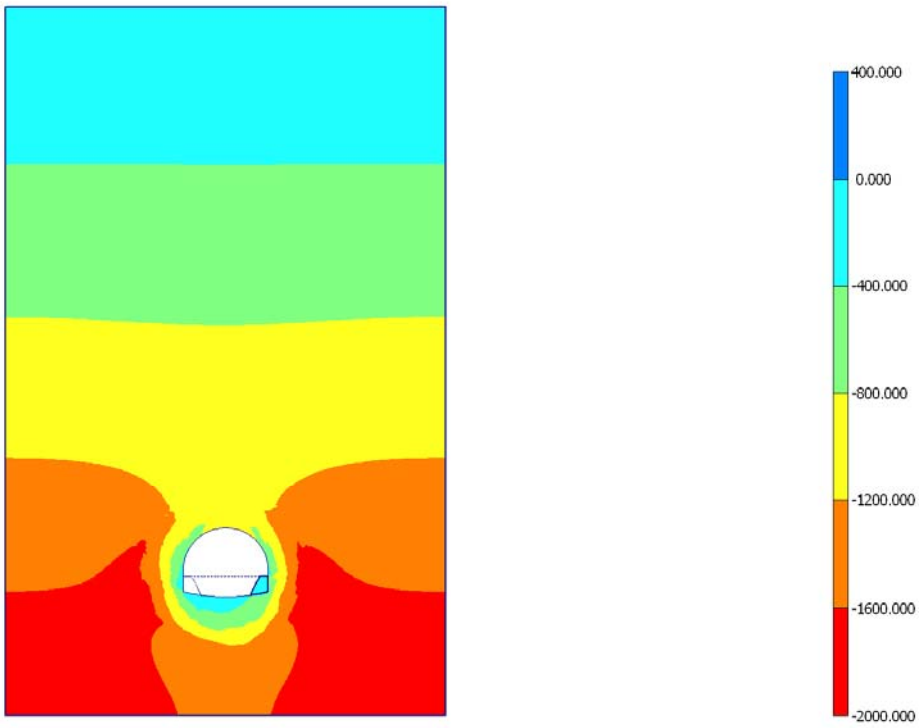


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 171 - (Phase: 4)

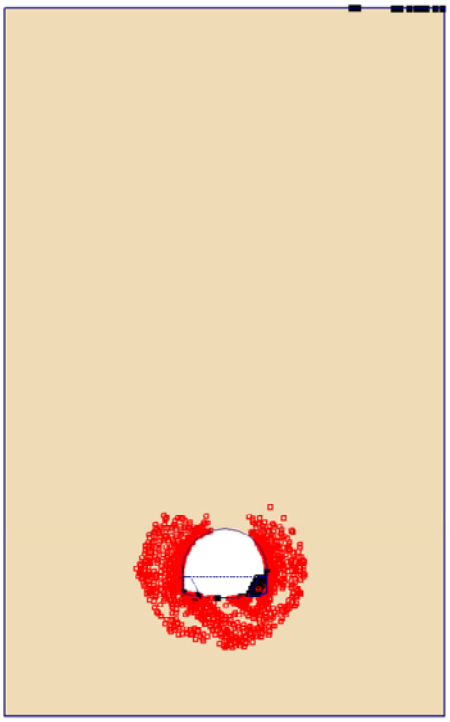


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 171 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

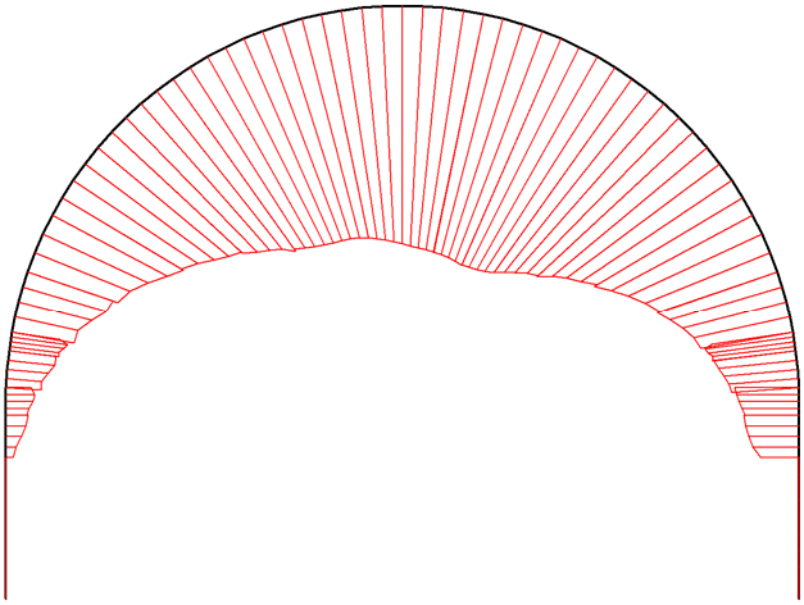


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -1,30*10^3 kN/m (Phase: 4)

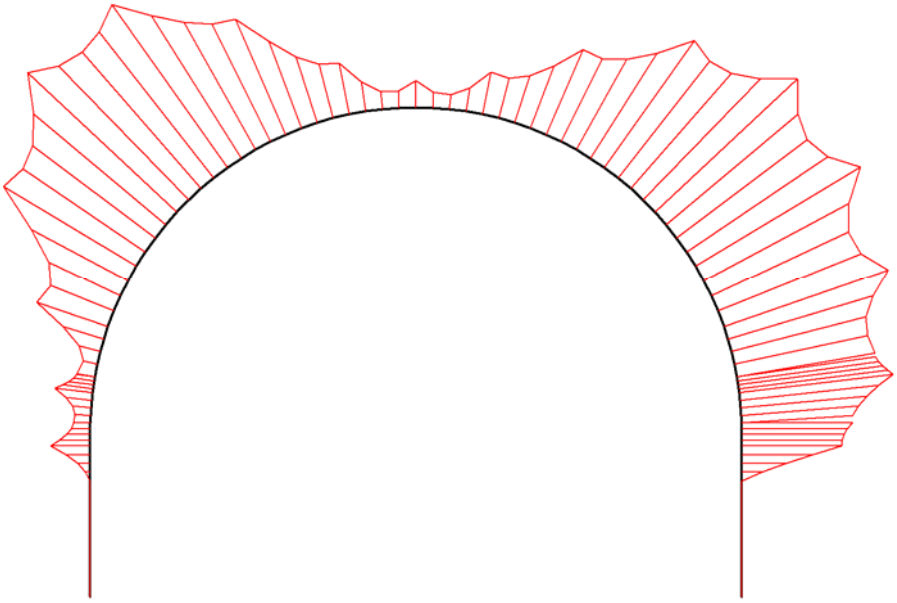


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -147,27 kNm/m (Phase: 4)

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 1129	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1769 1565	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2493 2087	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2775 2637	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3315 2971	-7,600 -4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3623 3267	-6,510 -3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4191 3645	-5,150 -2,777	10,482 7,257	161,953	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4815 4385	-1,820 -0,980	11,952 8,041	92,959	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5603 5235	1,820 0,980	11,952 8,041	93,623	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6153 5271	3,560 1,917	11,392 7,742	103,851	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5817 5261	5,150 2,777	10,482 7,257	143,399	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5807 4963	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4683 5519	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5529 4831	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4349 5177	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4545 3993	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4295 3983	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	4201 4253	-3,560 -1,917	11,392 7,742	106,832	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	5161 4867	0,000 0,000	12,142 8,142	92,603	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

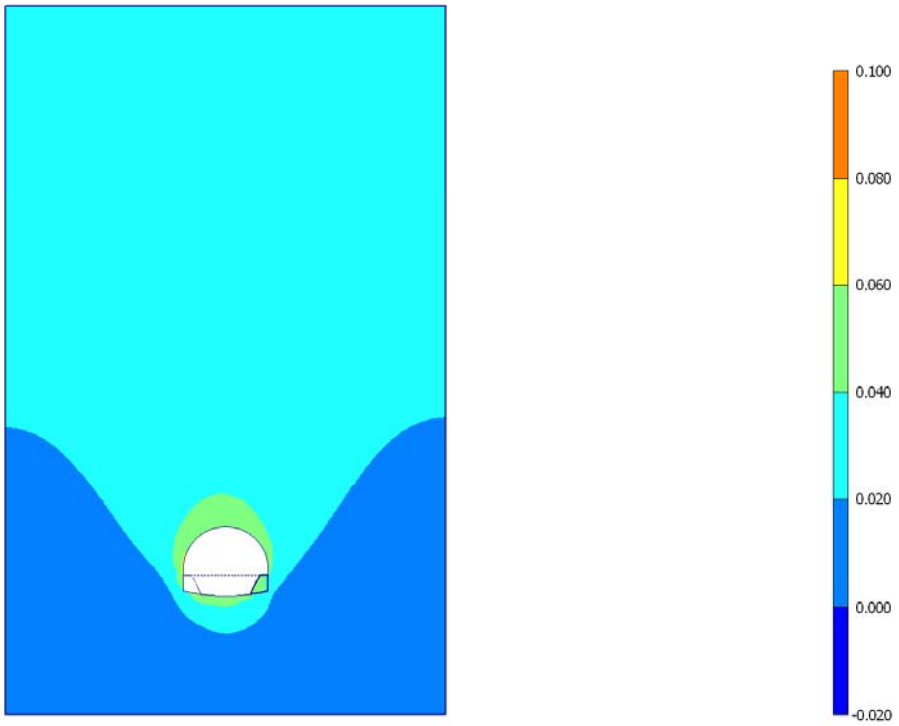


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 174 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

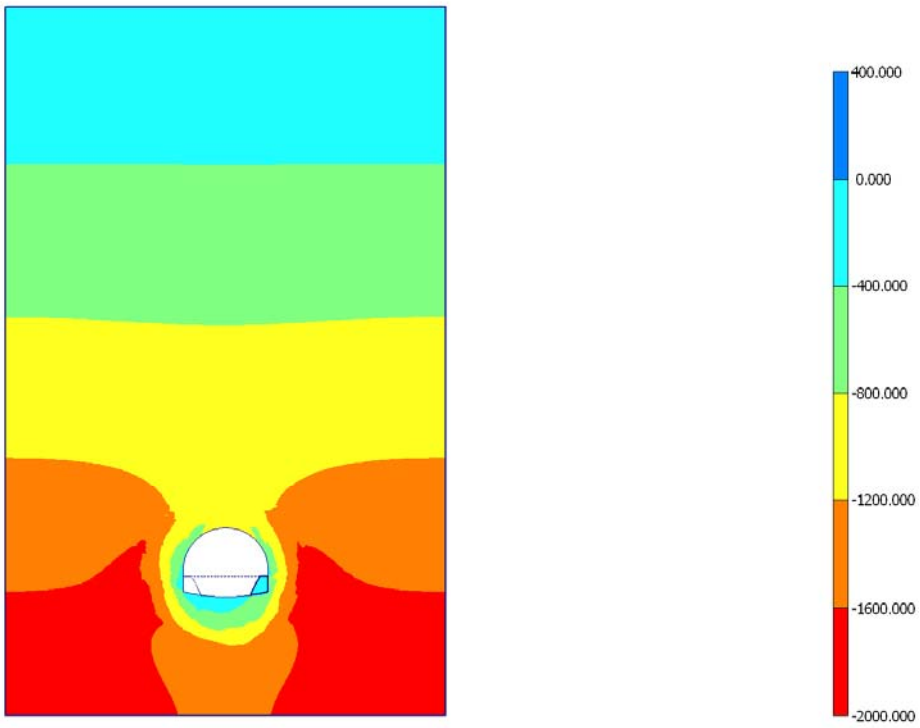


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 174 - (Phase: 5)

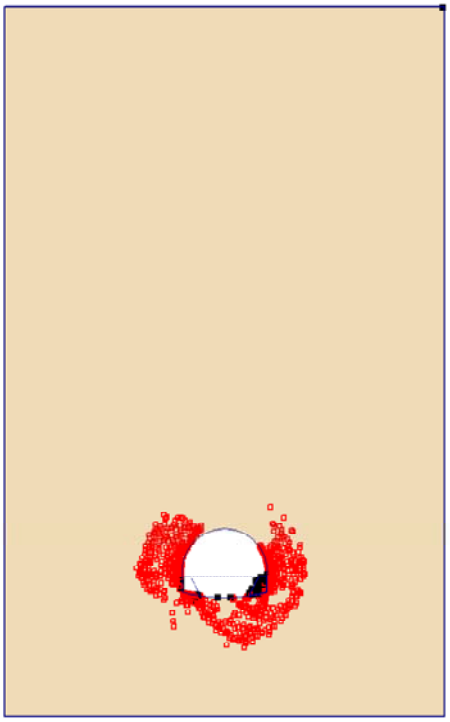


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 174 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

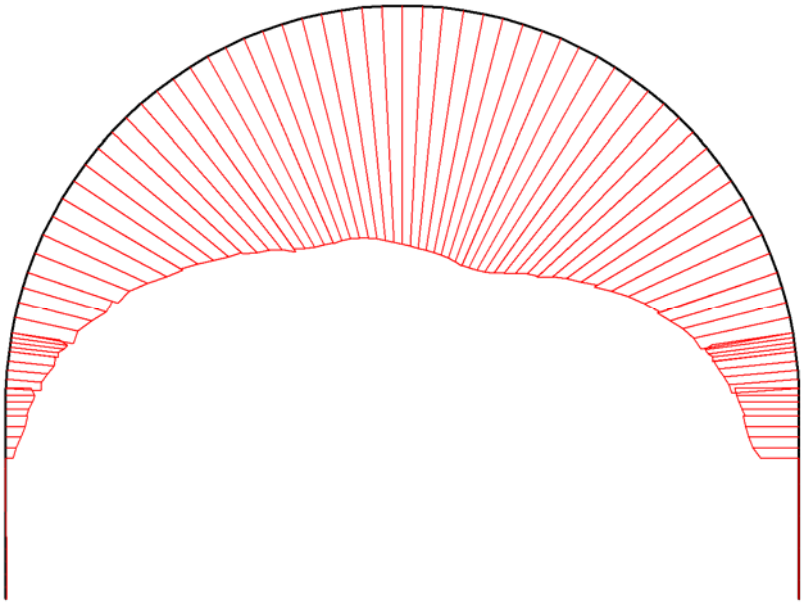


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -1,30*10^3 kN/m (Phase: 5)

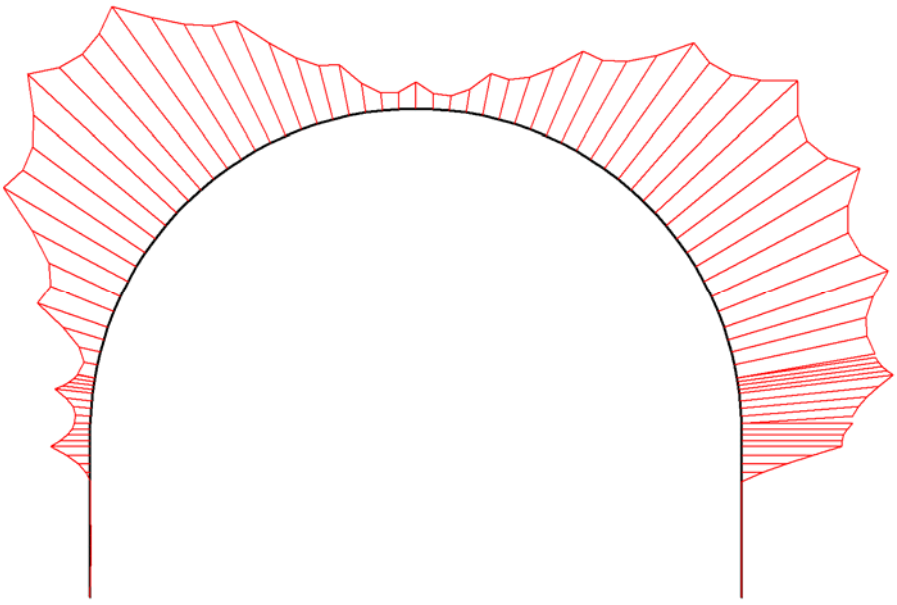


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -147,32 kNm/m (Phase: 5)

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	1379 1129	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,335	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1769 1565	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2493 2087	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2775 2637	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3315 2971	-7,600 -4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3623 3267	-6,510 -3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4191 3645	-5,150 -2,777	10,482 7,257	162,187	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4815 4385	-1,820 -0,980	11,952 8,041	92,963	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5603 5235	1,820 0,980	11,952 8,041	93,625	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6153 5271	3,560 1,917	11,392 7,742	103,853	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5817 5261	5,150 2,777	10,482 7,257	143,398	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5807 4963	6,510 3,519	9,262 6,606	183,999	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4683 5519	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5529 4831	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4349 5177	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4545 3993	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4295 3983	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	4201 4253	-3,560 -1,917	11,392 7,742	106,890	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	5161 4867	0,000 0,000	12,142 8,142	92,603	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

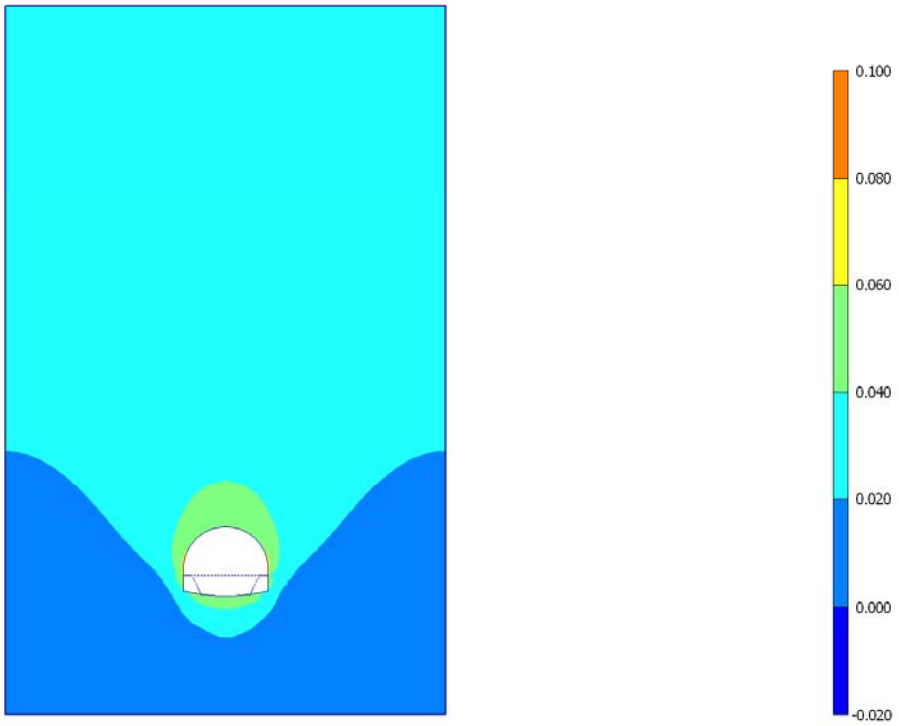


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 192 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

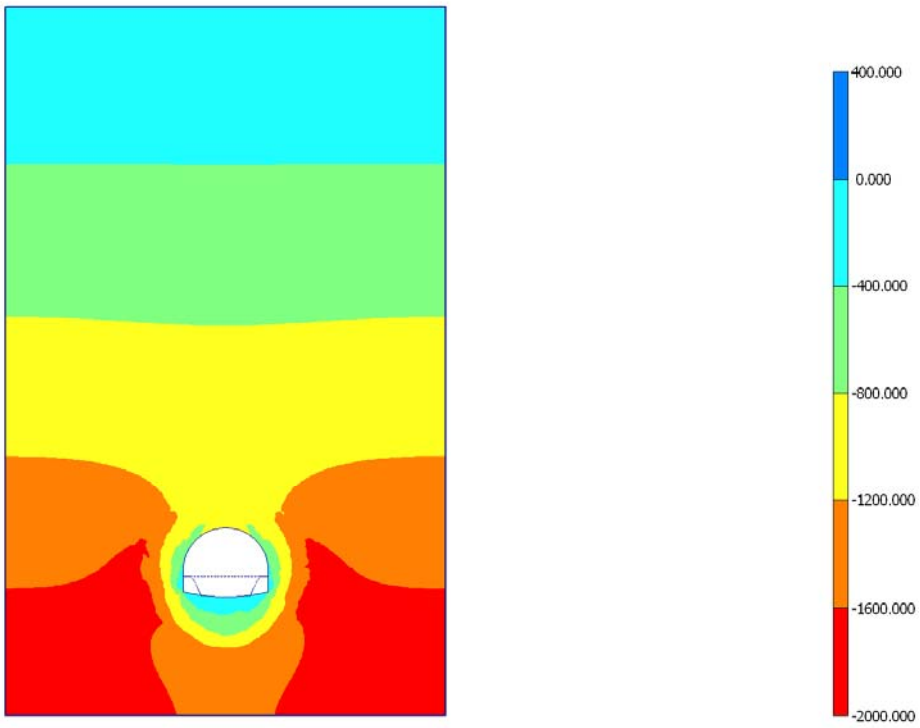


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 192 - (Phase: 6)

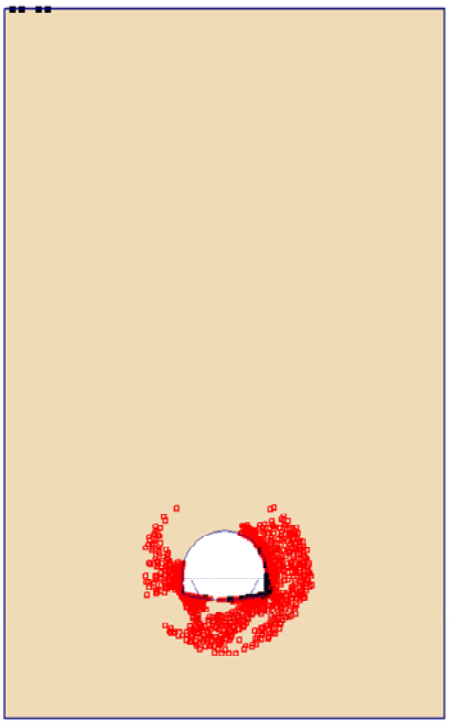


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 192 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

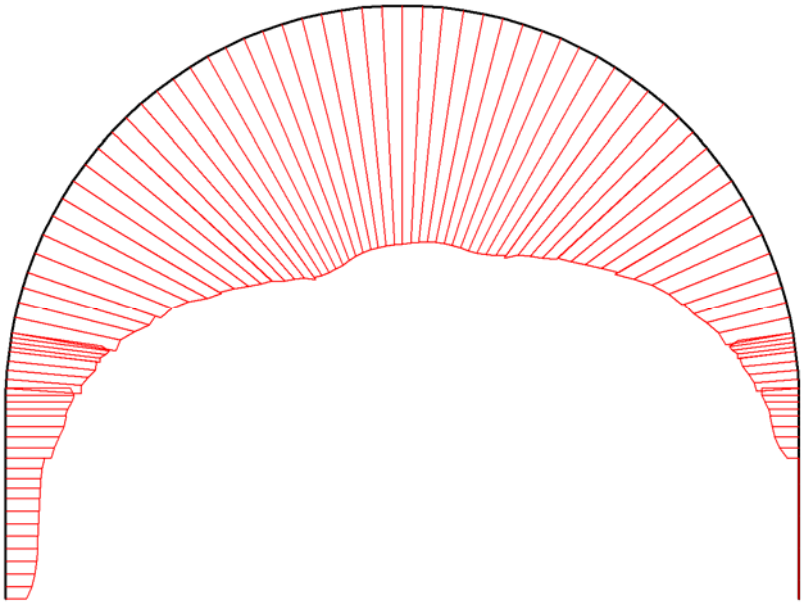


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -1,25*10^3 kN/m (Phase: 6)

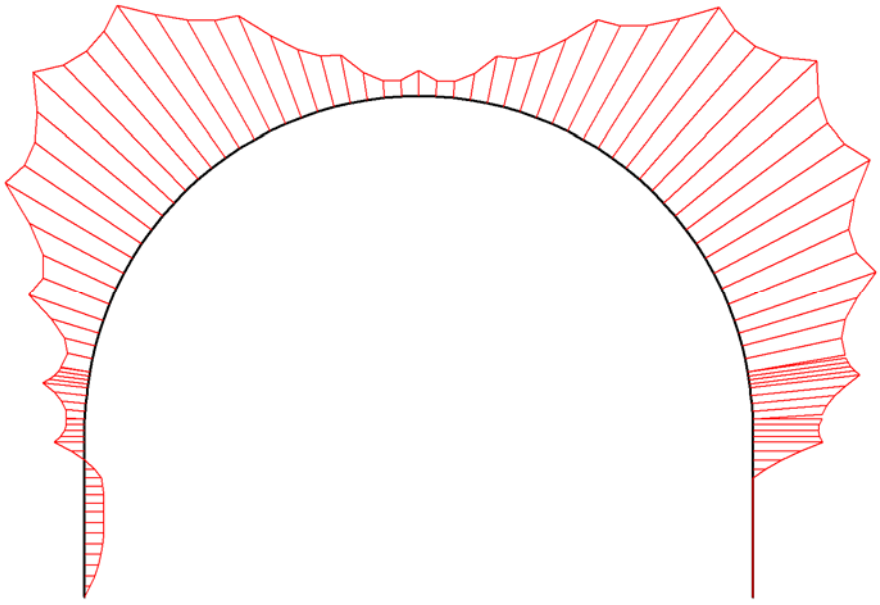


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -164,28 kNm/m (Phase: 6)

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 1129	-8,654 -4,799	1,089 2,155	4,286	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1769 1565	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2493 2087	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2775 2637	-8,350 -4,536	6,112 4,911	182,779	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3315 2971	-7,600 -4,116	7,782 5,811	182,180	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3623 3267	-6,510 -3,519	9,262 6,606	182,715	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4191 3645	-5,150 -2,777	10,482 7,257	161,559	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4815 4385	-1,820 -0,980	11,952 8,041	93,864	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5603 5235	1,820 0,980	11,952 8,041	94,879	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6153 5271	3,560 1,917	11,392 7,742	108,931	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5817 5261	5,150 2,777	10,482 7,257	162,906	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5807 4963	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4683 5519	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5529 4831	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4349 5177	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4545 3993	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4295 3983	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	4201 4253	-3,560 -1,917	11,392 7,742	107,136	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	5161 4867	0,000 0,000	12,142 8,142	93,683	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

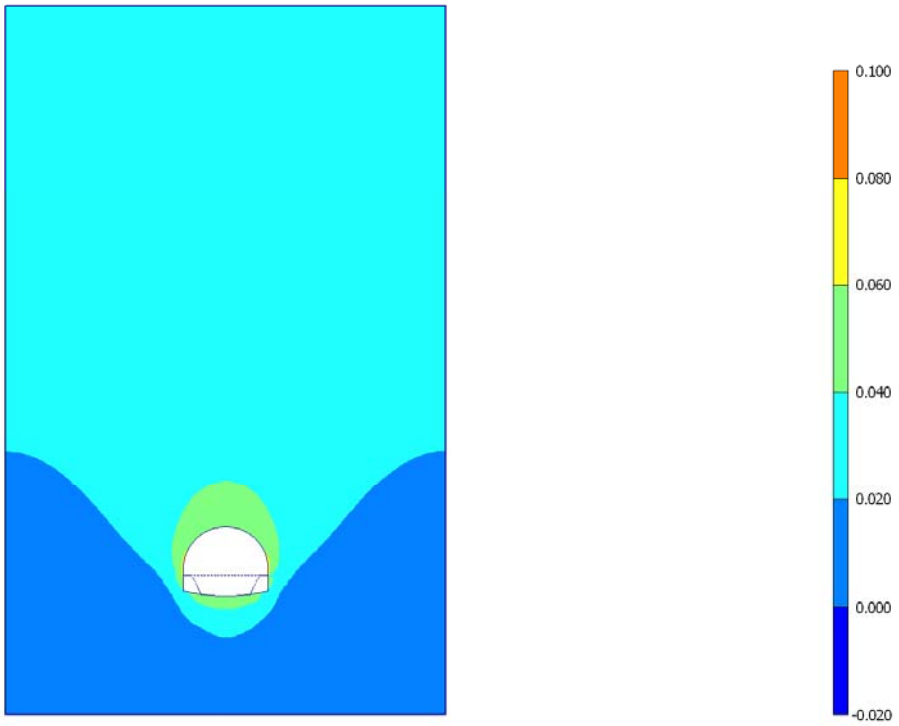


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 195 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

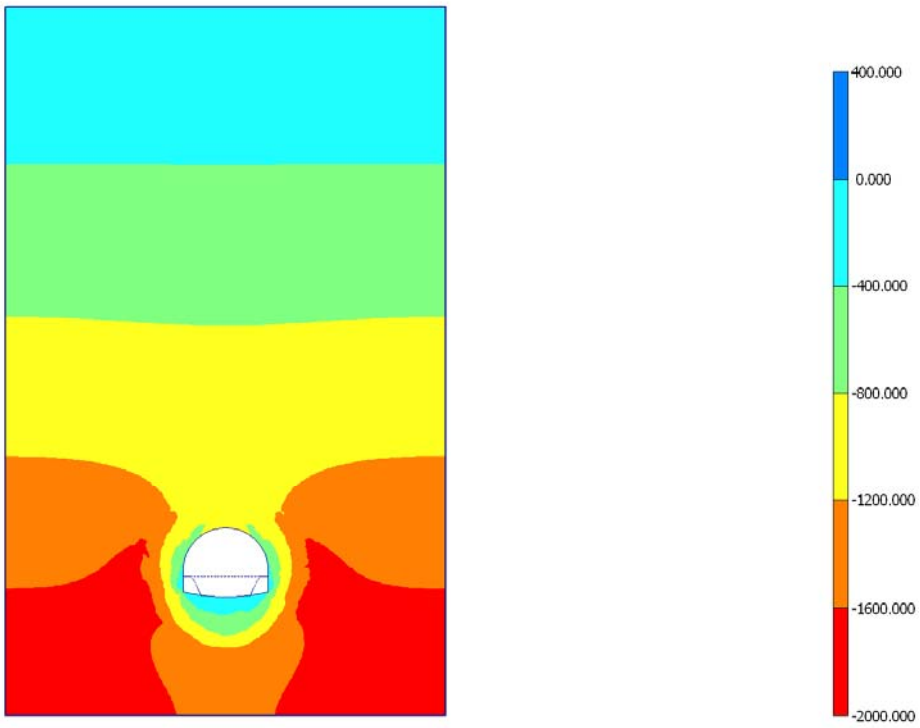


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 195 - (Phase: 7)

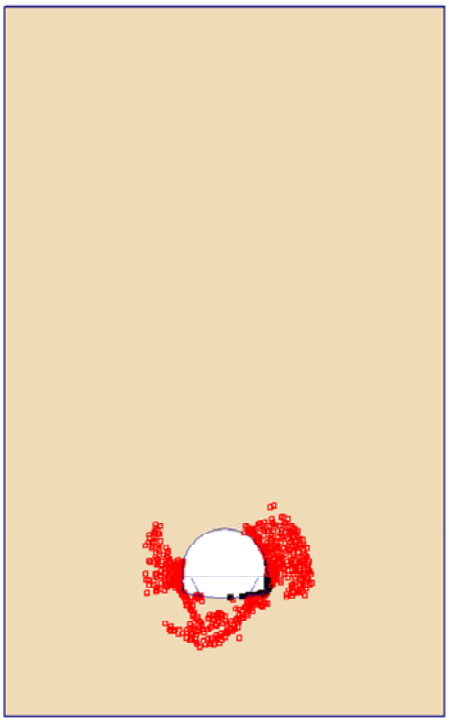


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 195 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

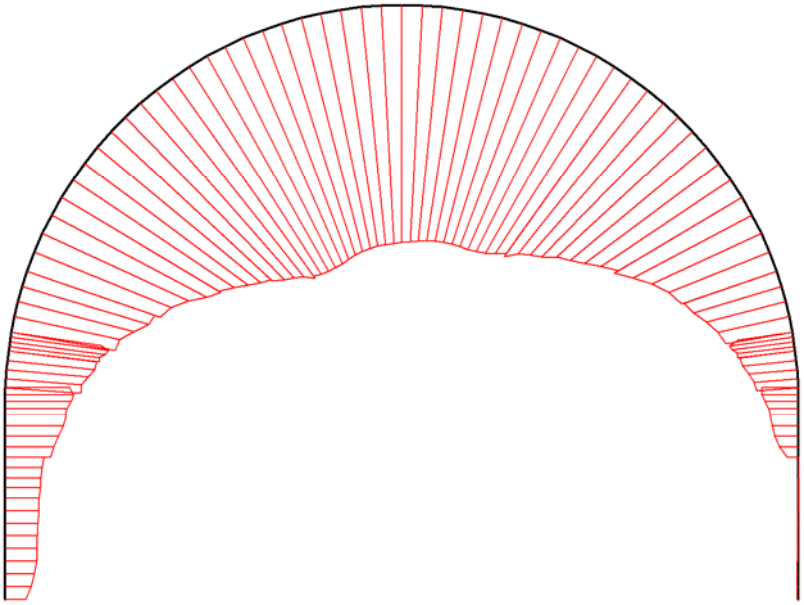


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -1,25*10^3 kN/m (Phase: 7)

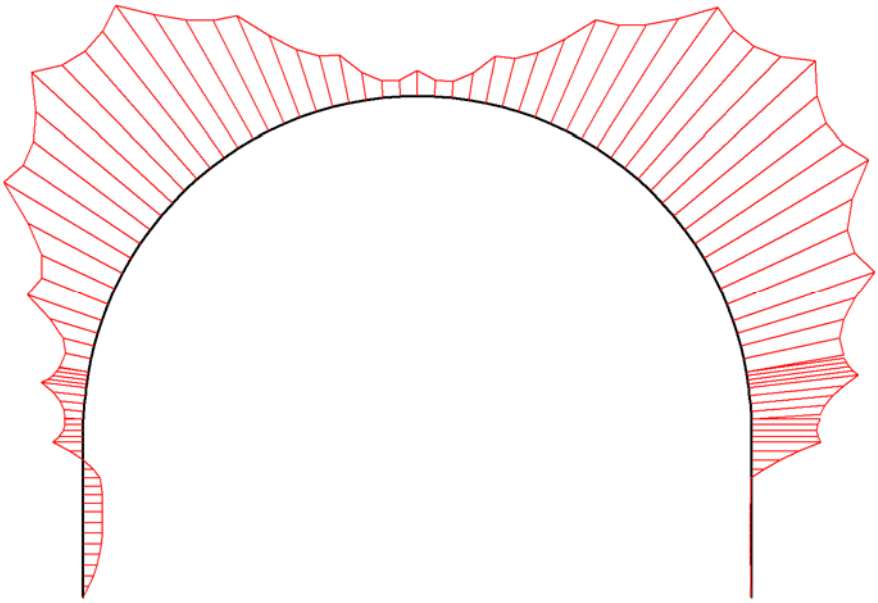


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -164,40 kNm/m (Phase: 7)

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 1129	-8,654 -4,799	1,089 2,155	4,309	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1769 1565	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2493 2087	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2775 2637	-8,350 -4,536	6,112 4,911	182,770	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	3315 2971	-7,600 -4,116	7,782 5,811	182,167	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	3623 3267	-6,510 -3,519	9,262 6,606	182,704	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	4191 3645	-5,150 -2,777	10,482 7,257	161,550	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4815 4385	-1,820 -0,980	11,952 8,041	93,859	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	5603 5235	1,820 0,980	11,952 8,041	94,872	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	6153 5271	3,560 1,917	11,392 7,742	108,966	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5817 5261	5,150 2,777	10,482 7,257	163,089	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5807 4963	6,510 3,519	9,262 6,606	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4683 5519	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5529 4831	7,600 4,116	7,782 5,811	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4349 5177	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4545 3993	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4295 3983	8,654 4,799	1,089 2,155	0,286	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	4201 4253	-3,560 -1,917	11,392 7,742	107,130	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	5161 4867	0,000 0,000	12,142 8,142	93,676	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-V, CS-5 Lutitas y Areniscas (cobertera 40 m)

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	48,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

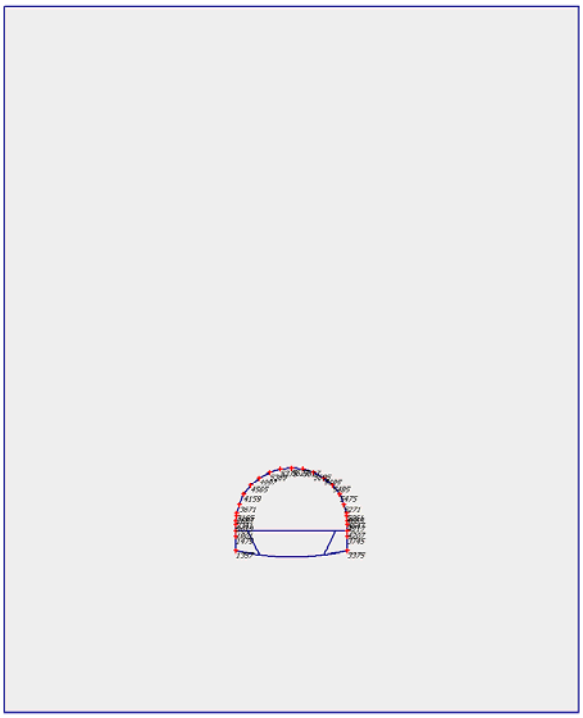


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

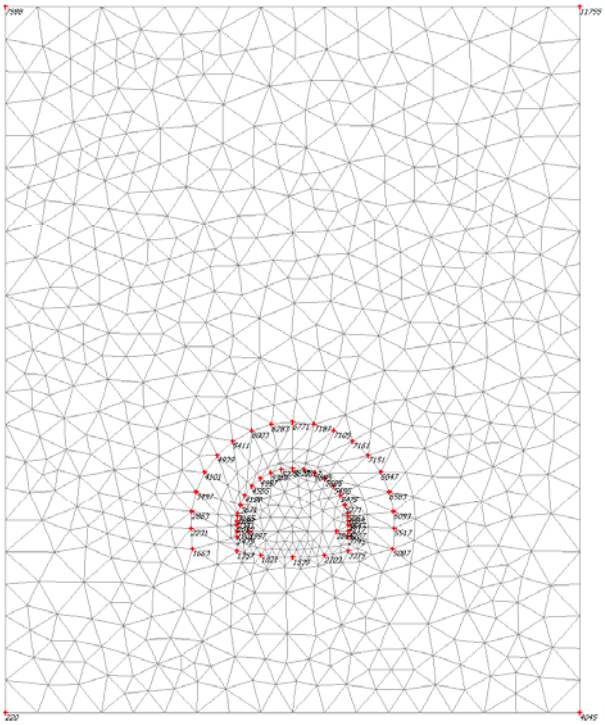


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

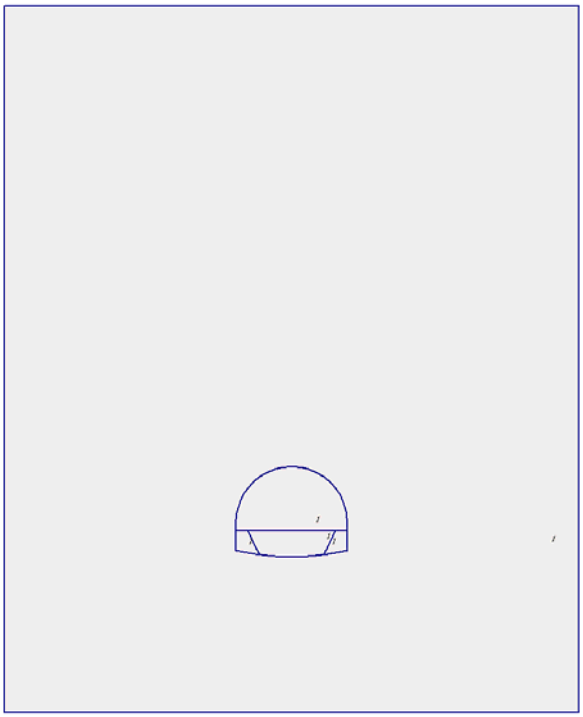


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		**1 Lutitas y areniscas RMR_10**
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00
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]	457000,000
ν	[-]	0,250
G_{ref}	[kN/m²]	182800,000
E_{oed}	[kN/m²]	548400,000
c_{ref}	[kN/m²]	102,00
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 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	4
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	5	40
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	41	87
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	88	105
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	106	108
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	109	128
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	129	131

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

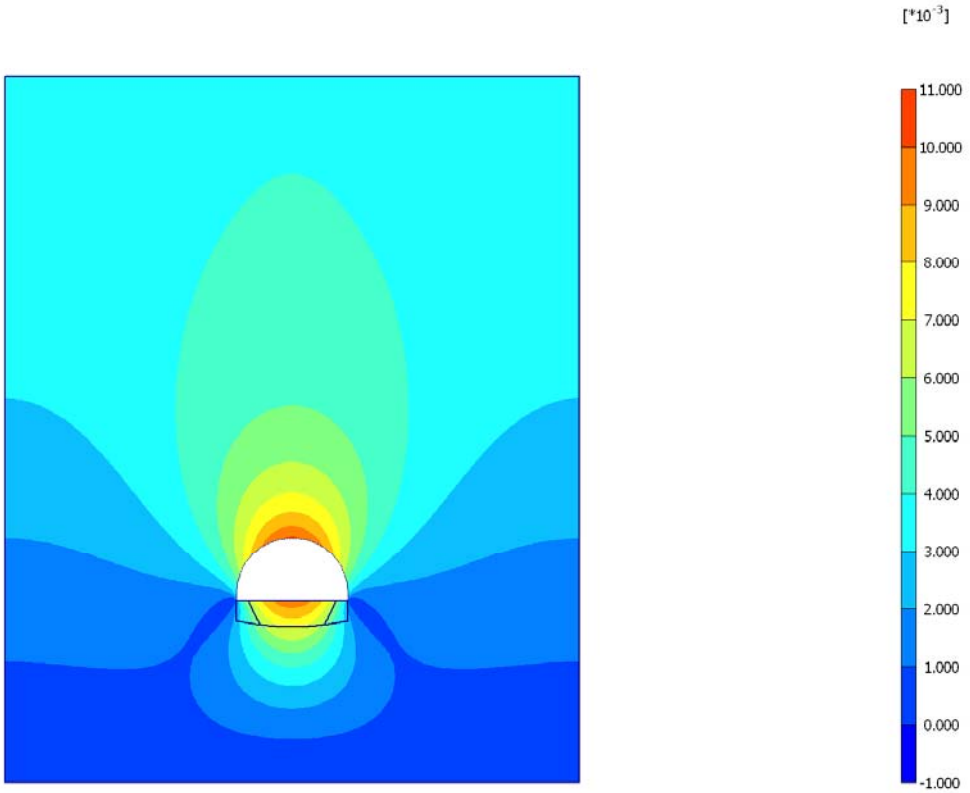


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 4 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

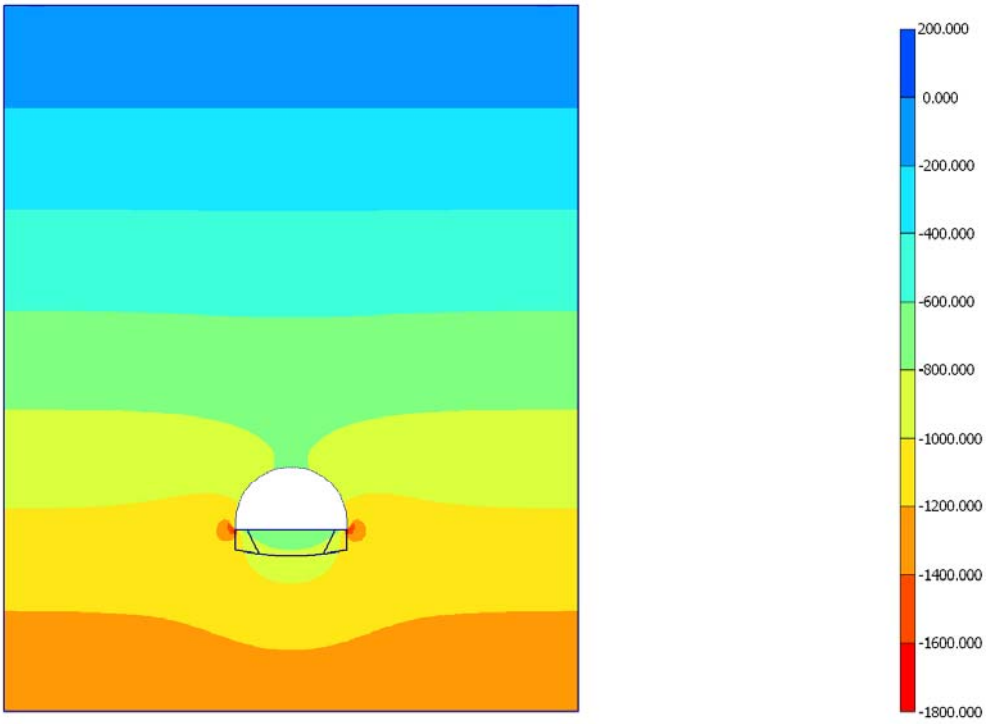


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 4 - (Phase: 1)

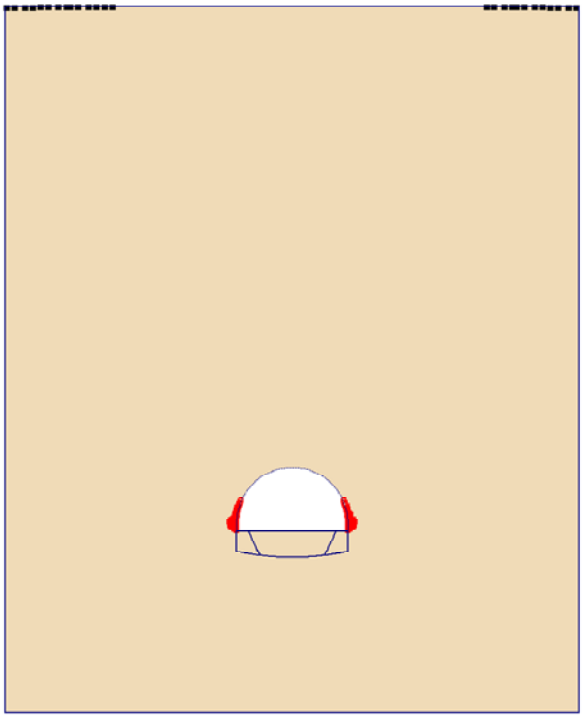


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 4 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

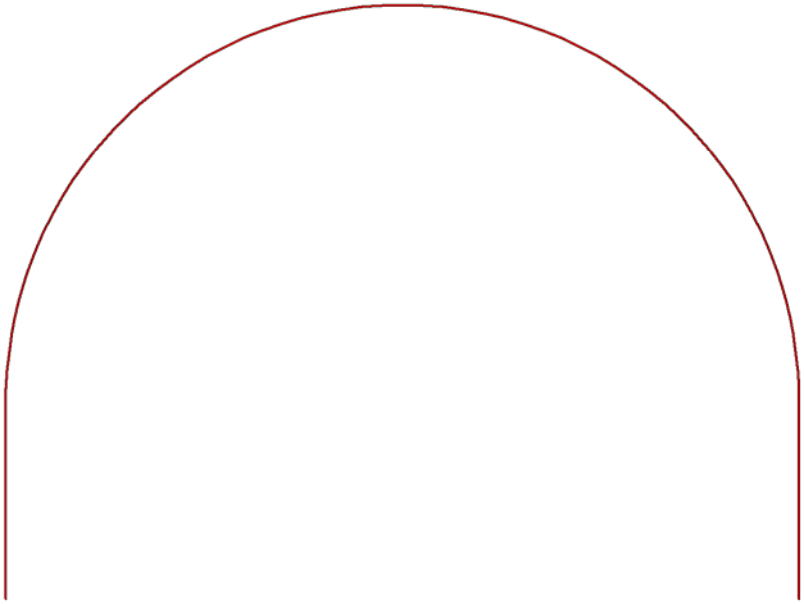


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

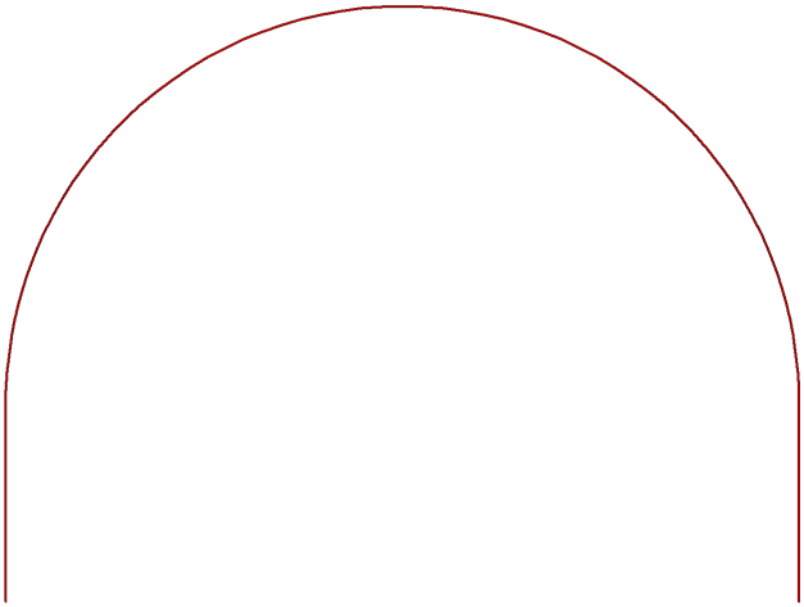


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	1663 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2231 2013	-8,800 -4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2863 2687	-8,740 -4,758	4,322 3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3497 3671	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	4101 4159	-7,600 -4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4939 4565	-6,510 -3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	5411 4997	-5,150 -2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	6283 5379	-1,820 -0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	7187 5617	1,820 0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	7109 5695	3,560 1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	7161 5685	5,150 2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	7151 5485	6,510 3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	5271 6583	4,536 8,350	4,911 6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	6847 5475	7,600 4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4663 6093	4,758 8,740	3,939 4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5517 4217	8,800 4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5087 3745	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	6003 5369	-3,560 -1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	6771 5627	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

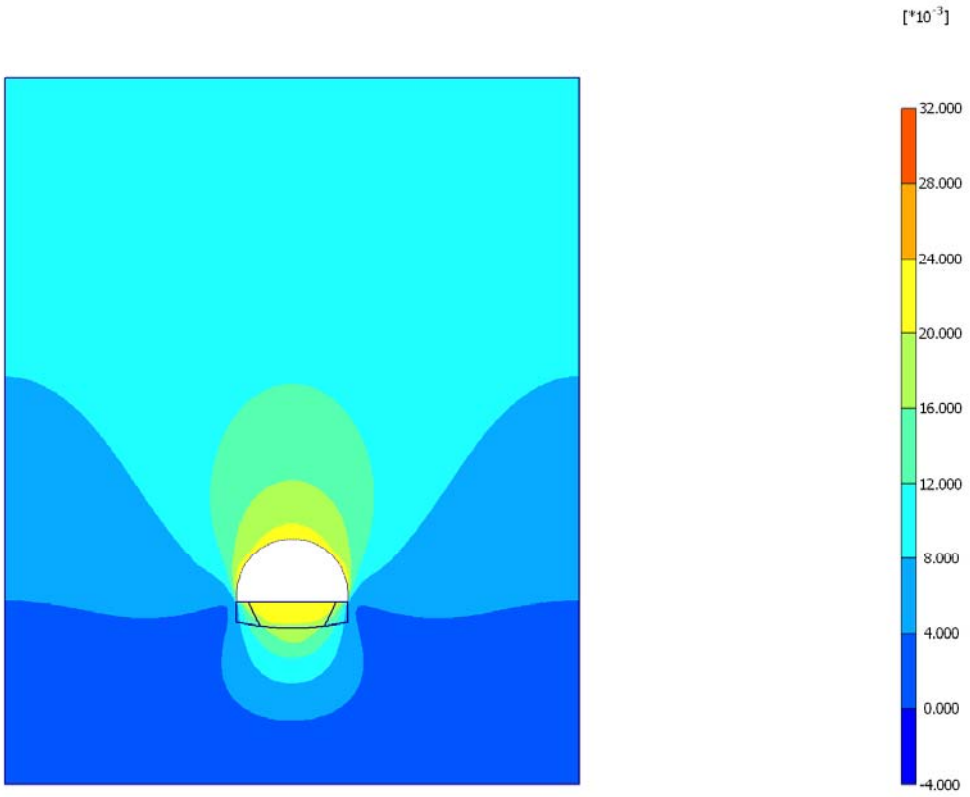


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 40 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

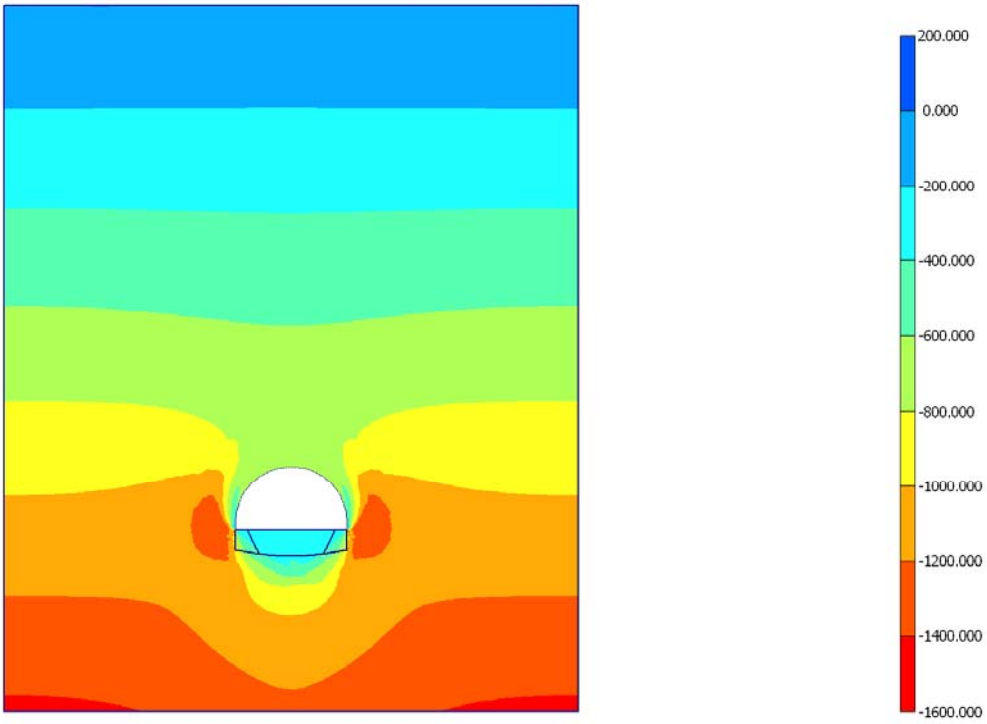


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 40 - (Phase: 2)

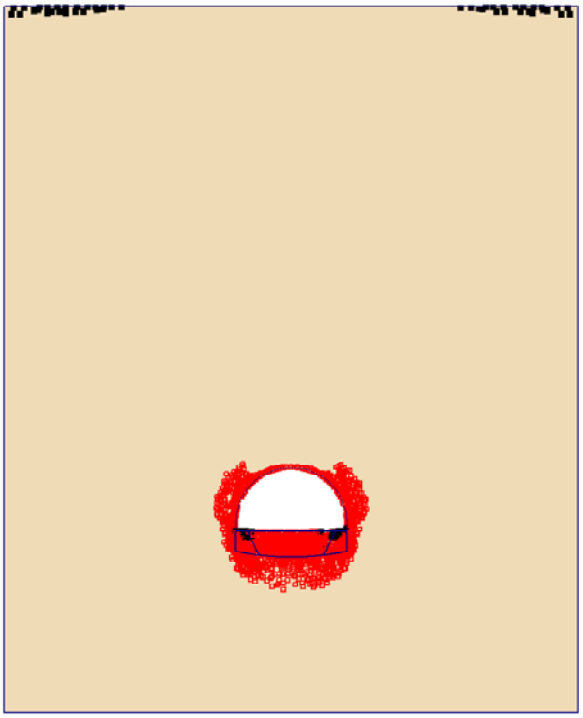


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 40 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

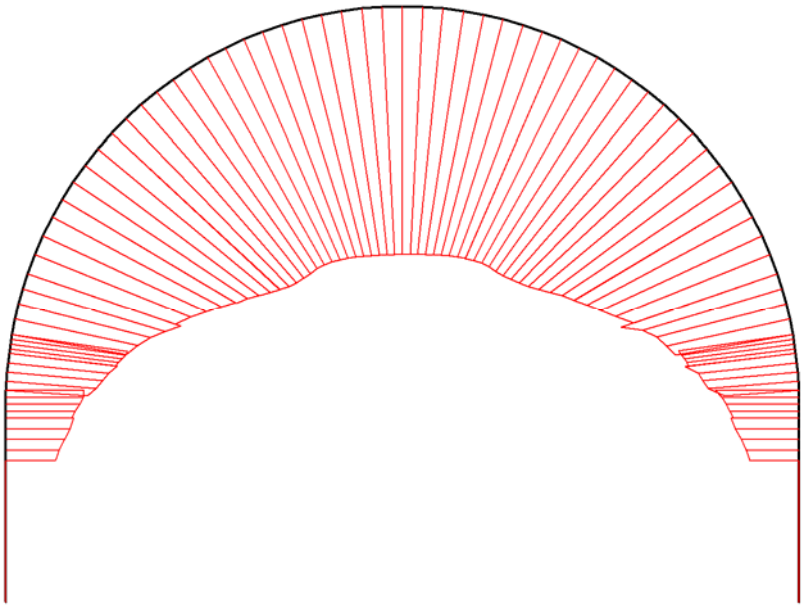


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -1,03*10^3 kN/m (Phase: 2)

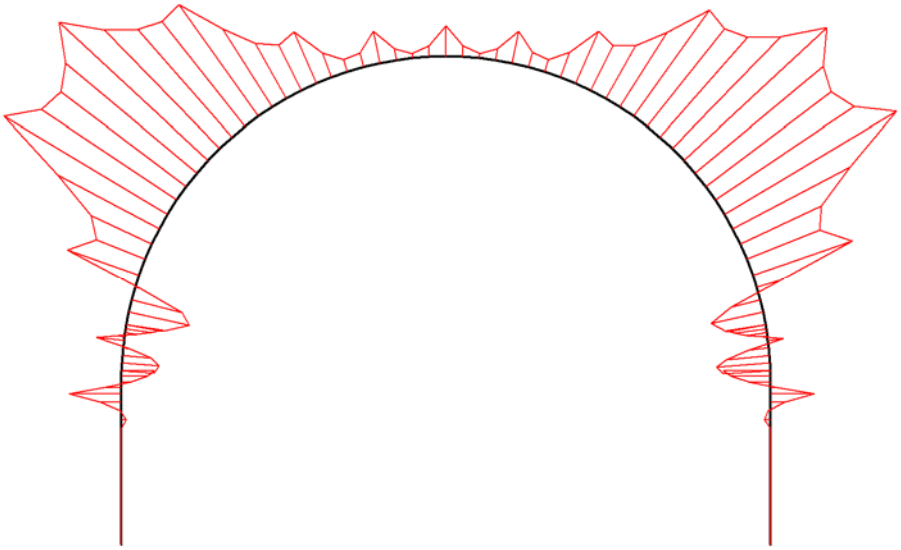


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value -46,96 kNm/m (Phase: 2)

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	1663 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2231 2013	-8,800 -4,799	2,882 3,155	173,767	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2863 2687	-8,740 -4,758	4,322 3,939	178,724	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3497 3671	-8,350 -4,536	6,112 4,911	160,814	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	4101 4159	-7,600 -4,116	7,782 5,811	120,562	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4939 4565	-6,510 -3,519	9,262 6,606	81,078	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	5411 4997	-5,150 -2,777	10,482 7,257	57,946	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	6283 5379	-1,820 -0,980	11,952 8,041	50,480	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	7187 5617	1,820 0,980	11,952 8,041	50,694	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	7109 5695	3,560 1,917	11,392 7,742	51,696	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	7161 5685	5,150 2,777	10,482 7,257	58,405	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	7151 5485	6,510 3,519	9,262 6,606	80,349	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	5271 6583	4,536 8,350	4,911 6,112	158,206	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	6847 5475	7,600 4,116	7,782 5,811	117,598	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4663 6093	4,758 8,740	3,939 4,322	179,157	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5517 4217	8,800 4,799	2,882 3,155	175,723	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5087 3745	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	6003 5369	-3,560 -1,917	11,392 7,742	51,160	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	6771 5627	0,000 0,000	12,142 8,142	50,526	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

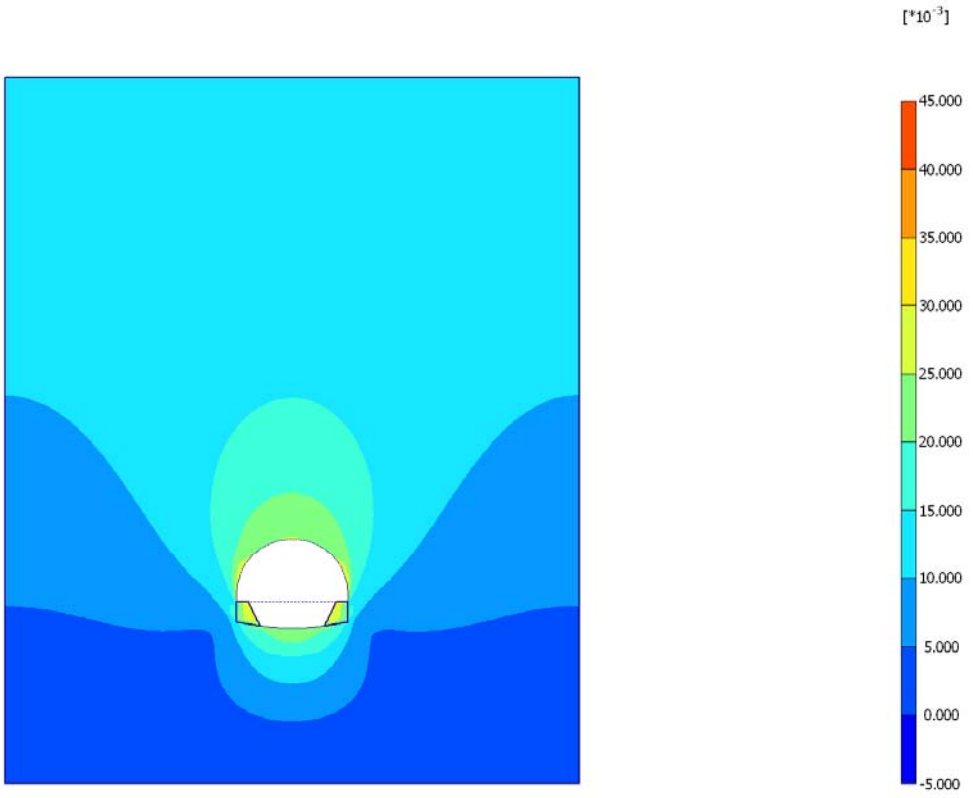


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 87 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

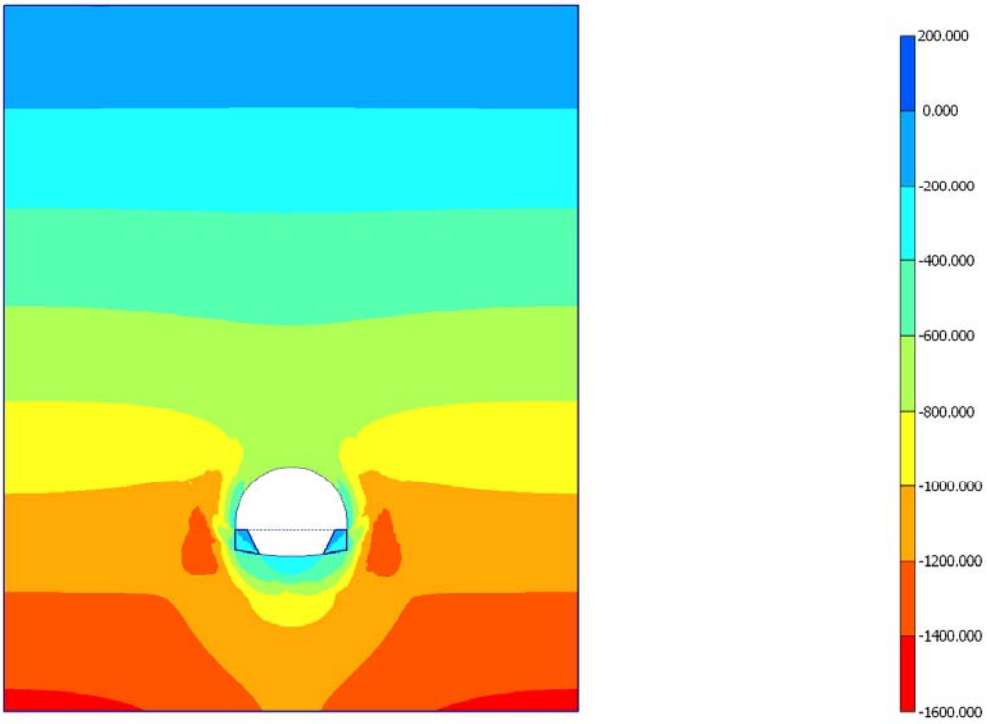


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 87 - (Phase: 3)

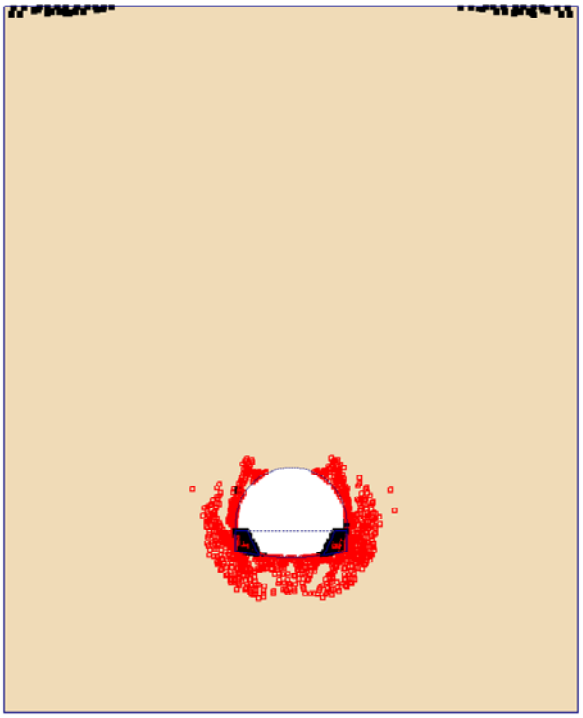


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 87 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

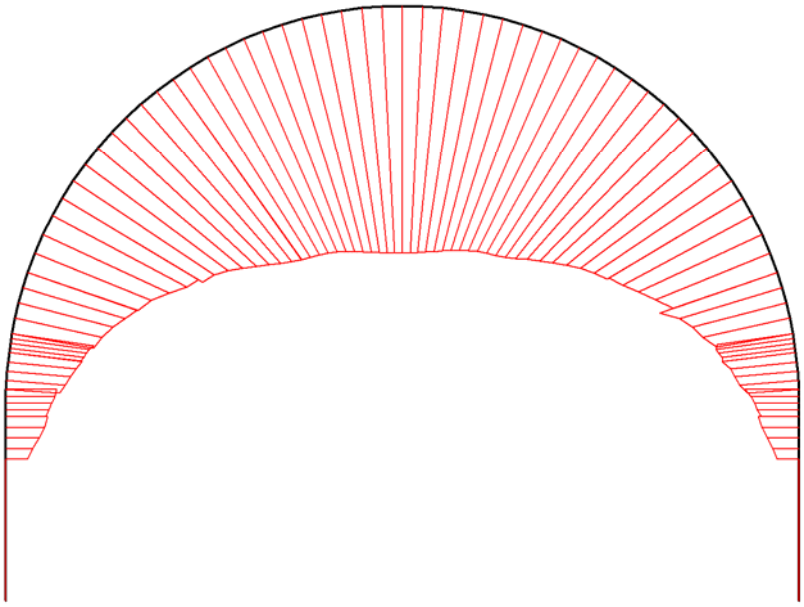


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -1,10*10^3 kN/m (Phase: 3)

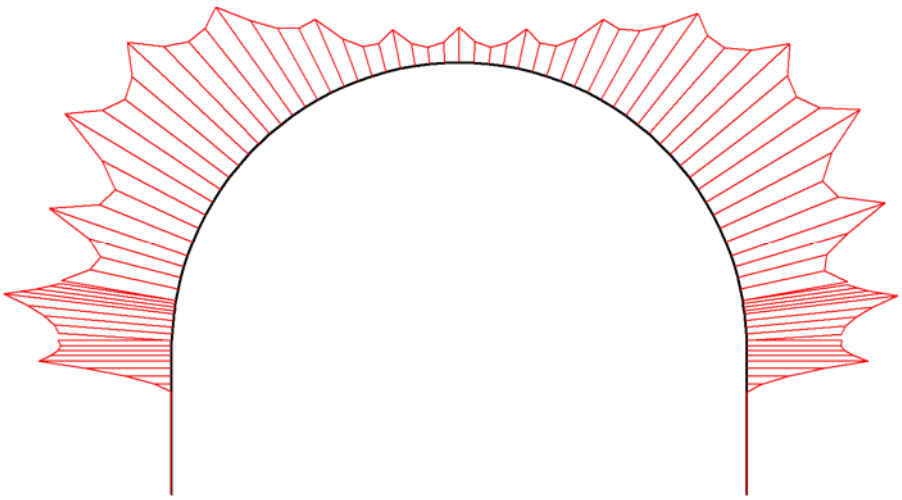


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value -59,29 kNm/m (Phase: 3)

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	1663 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2231 2013	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2863 2687	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3497 3671	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	4101 4159	-7,600 -4,116	7,782 5,811	140,463	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4939 4565	-6,510 -3,519	9,262 6,606	98,219	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	5411 4997	-5,150 -2,777	10,482 7,257	68,934	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	6283 5379	-1,820 -0,980	11,952 8,041	53,695	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	7187 5617	1,820 0,980	11,952 8,041	53,969	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	7109 5695	3,560 1,917	11,392 7,742	56,909	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	7161 5685	5,150 2,777	10,482 7,257	69,566	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	7151 5485	6,510 3,519	9,262 6,606	97,275	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	5271 6583	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	6847 5475	7,600 4,116	7,782 5,811	137,577	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4663 6093	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5517 4217	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5087 3745	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	6003 5369	-3,560 -1,917	11,392 7,742	56,211	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	6771 5627	0,000 0,000	12,142 8,142	53,479	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

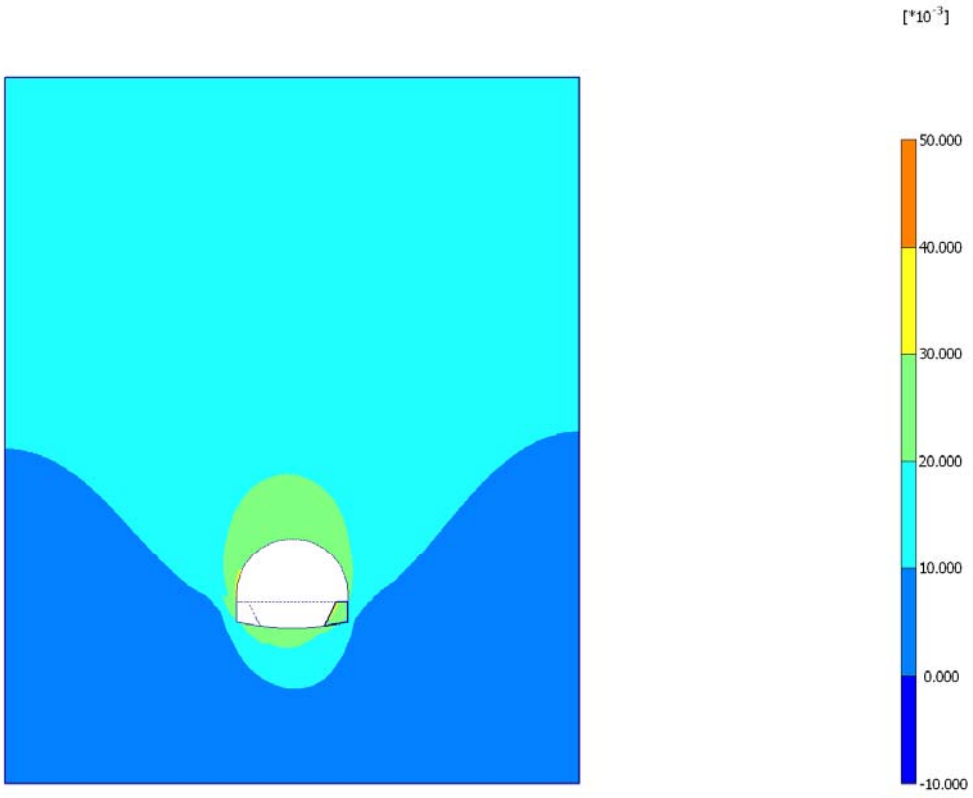


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 105 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

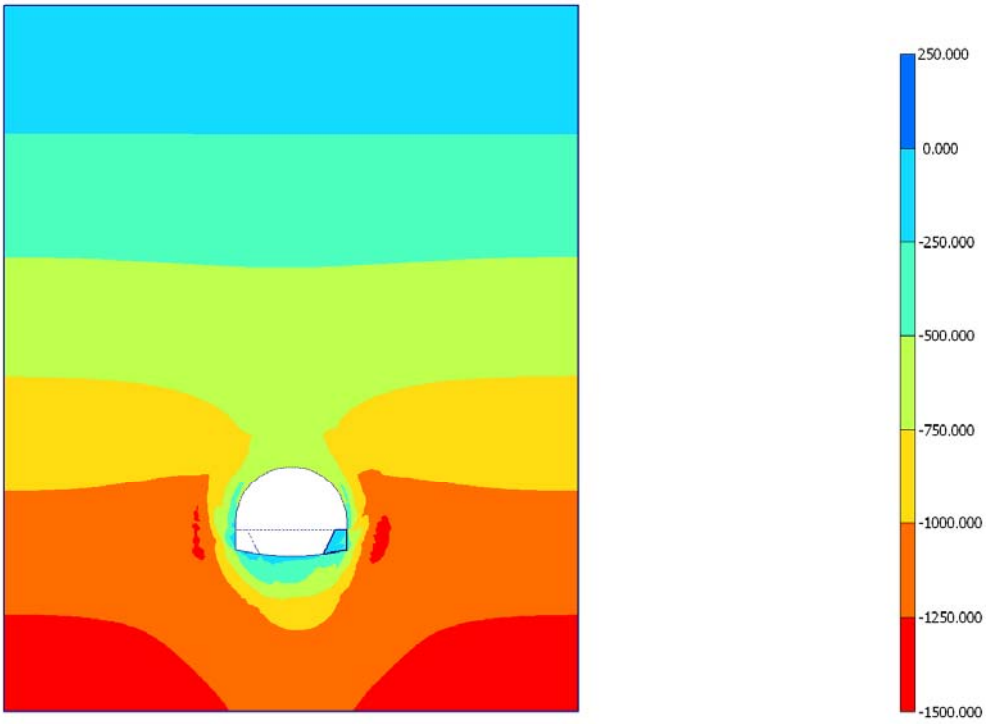


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 105 - (Phase: 4)

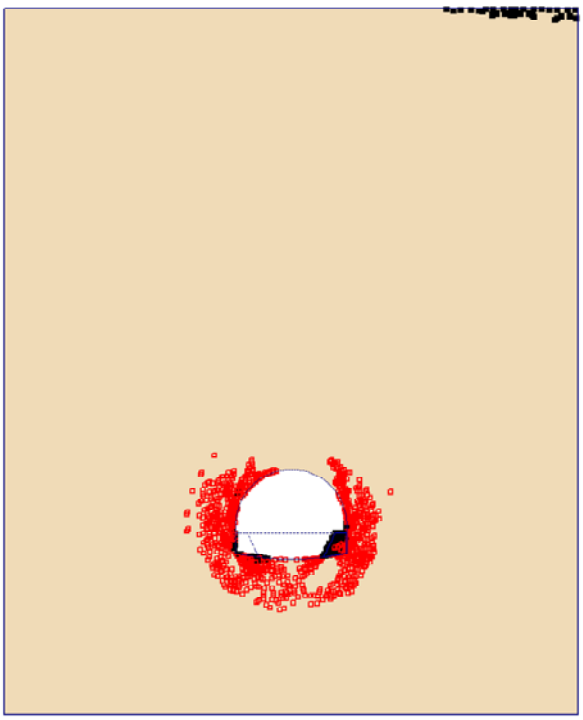


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 105 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

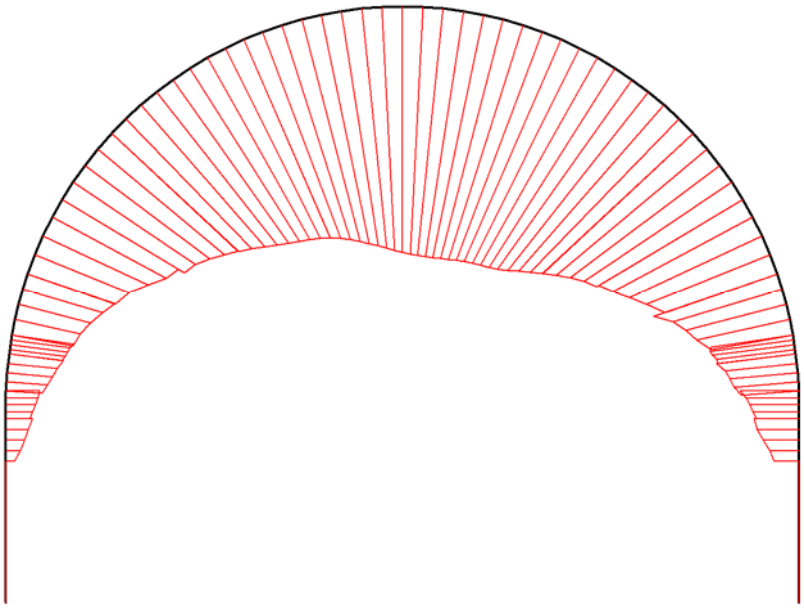


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -1,08*10^3 kN/m (Phase: 4)

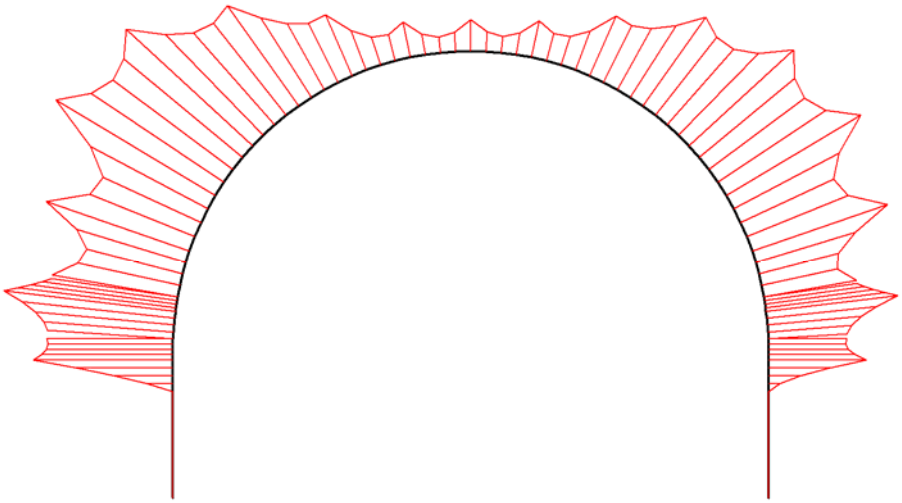


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -74,65 kNm/m (Phase: 4)

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	1663 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2231 2013	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2863 2687	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3497 3671	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	4101 4159	-7,600 -4,116	7,782 5,811	163,058	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4939 4565	-6,510 -3,519	9,262 6,606	106,047	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	5411 4997	-5,150 -2,777	10,482 7,257	73,314	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	6283 5379	-1,820 -0,980	11,952 8,041	56,081	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	7187 5617	1,820 0,980	11,952 8,041	55,637	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	7109 5695	3,560 1,917	11,392 7,742	58,299	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	7161 5685	5,150 2,777	10,482 7,257	70,893	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	7151 5485	6,510 3,519	9,262 6,606	98,618	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	5271 6583	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	6847 5475	7,600 4,116	7,782 5,811	139,485	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4663 6093	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5517 4217	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5087 3745	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	6003 5369	-3,560 -1,917	11,392 7,742	59,250	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	6771 5627	0,000 0,000	12,142 8,142	55,521	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

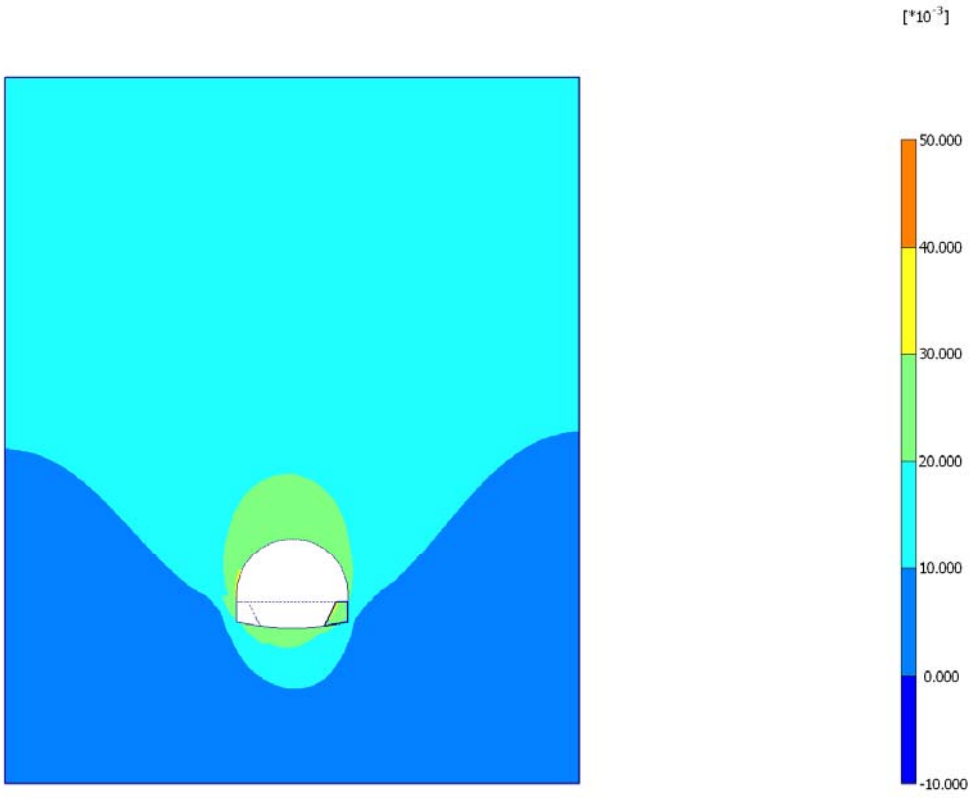


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 108 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

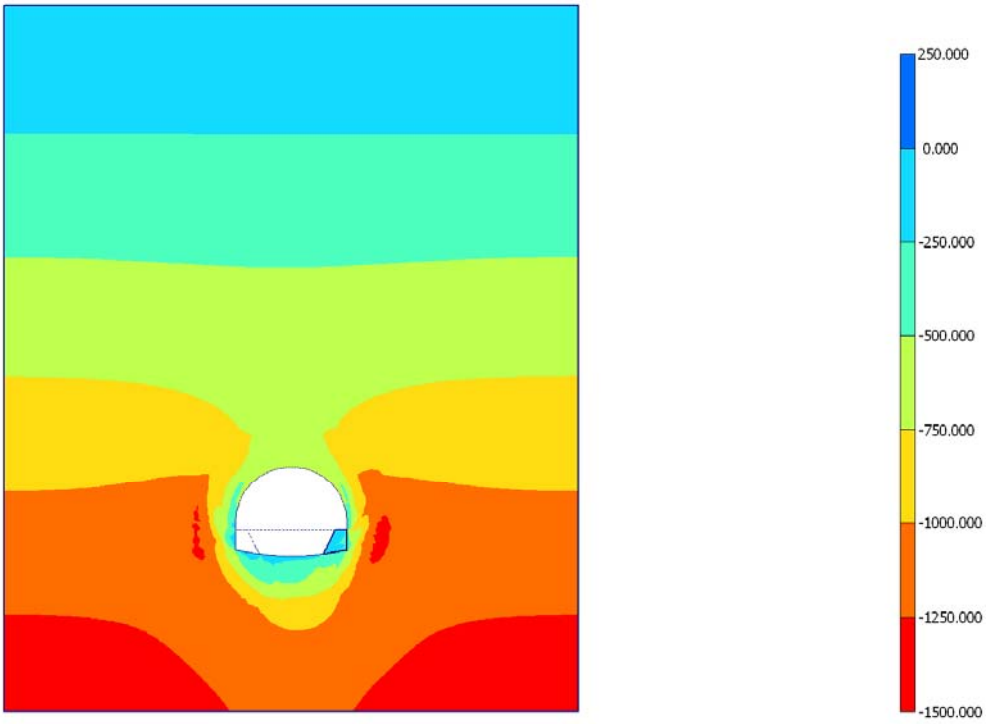


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 108 - (Phase: 5)

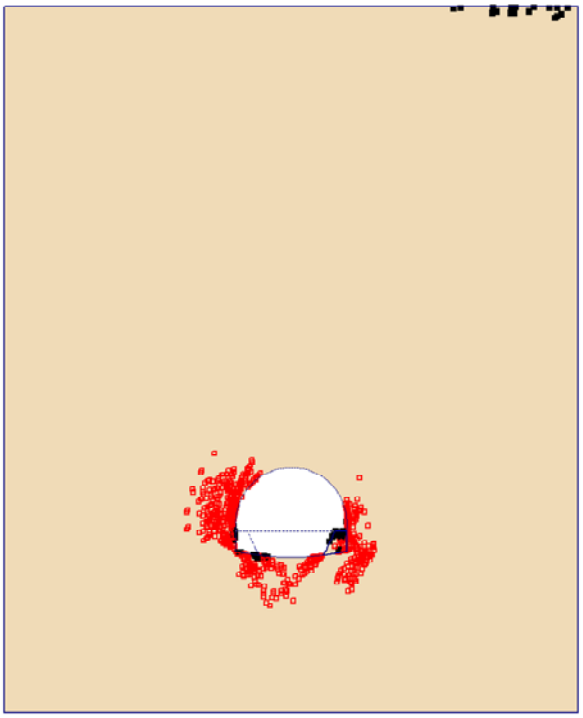


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 108 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

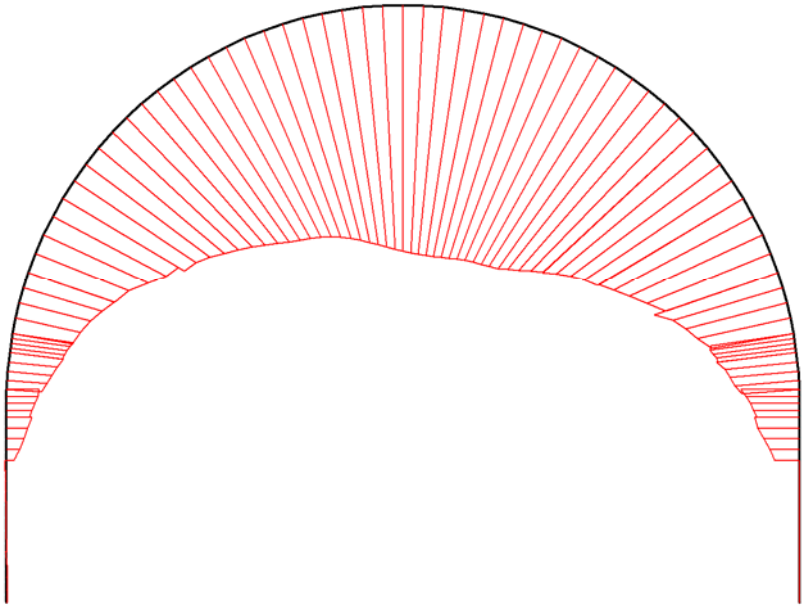


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -1,08*10^3 kN/m (Phase: 5)

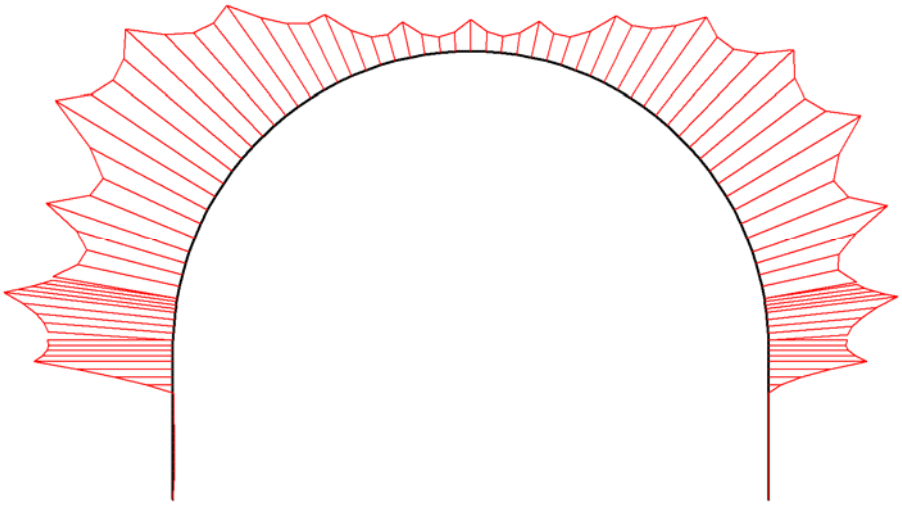


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -74,71 kNm/m (Phase: 5)

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	1663 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,261	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2231 2013	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2863 2687	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3497 3671	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	4101 4159	-7,600 -4,116	7,782 5,811	163,368	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4939 4565	-6,510 -3,519	9,262 6,606	106,241	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	5411 4997	-5,150 -2,777	10,482 7,257	73,420	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	6283 5379	-1,820 -0,980	11,952 8,041	56,116	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	7187 5617	1,820 0,980	11,952 8,041	55,655	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	7109 5695	3,560 1,917	11,392 7,742	58,309	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	7161 5685	5,150 2,777	10,482 7,257	70,896	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	7151 5485	6,510 3,519	9,262 6,606	98,617	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	5271 6583	4,536 8,350	4,911 6,112	183,993	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	6847 5475	7,600 4,116	7,782 5,811	139,480	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4663 6093	4,758 8,740	3,939 4,322	183,994	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5517 4217	8,800 4,799	2,882 3,155	183,987	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5087 3745	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	6003 5369	-3,560 -1,917	11,392 7,742	59,306	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	6771 5627	0,000 0,000	12,142 8,142	55,546	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

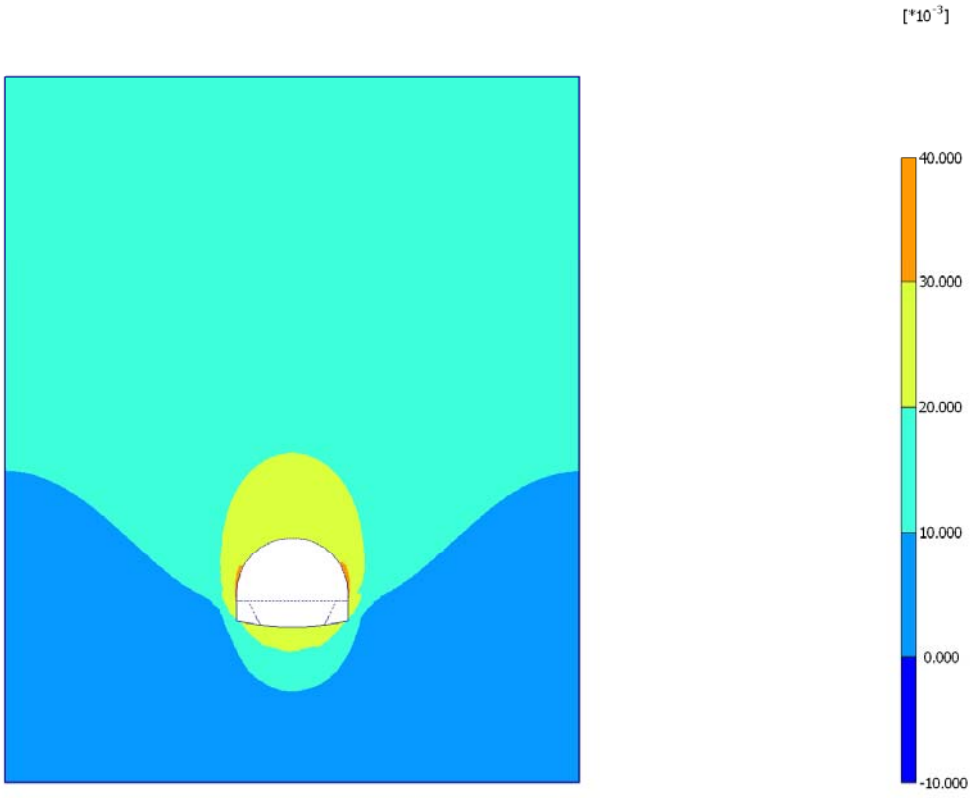


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 128 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

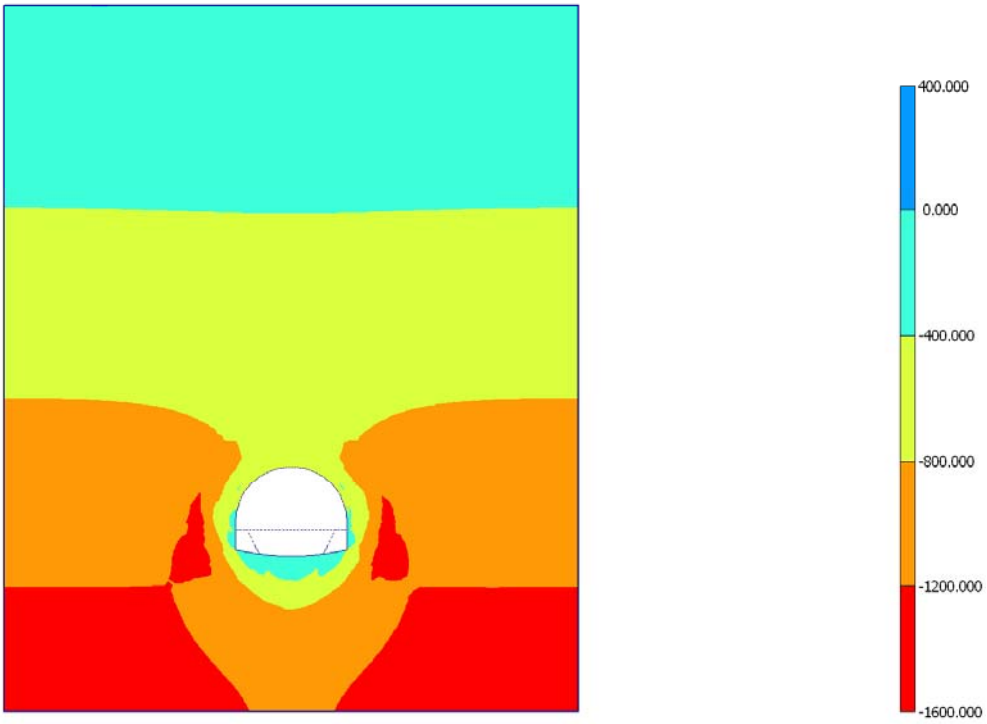


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 128 - (Phase: 6)

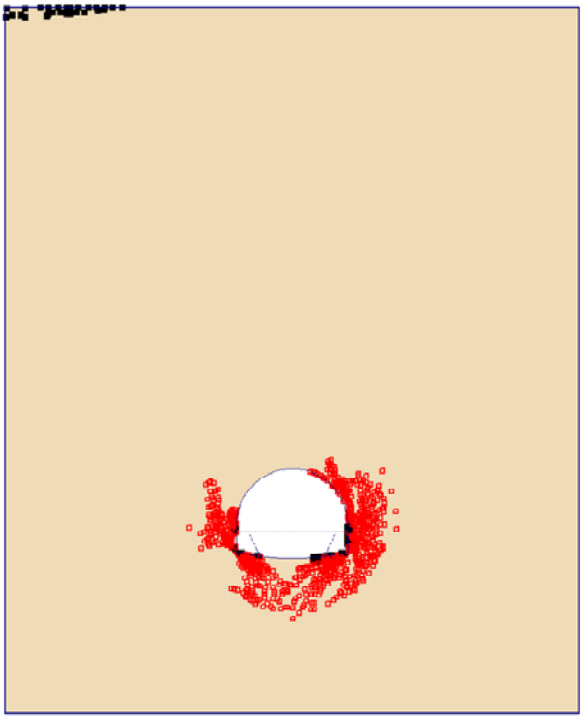


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 128 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

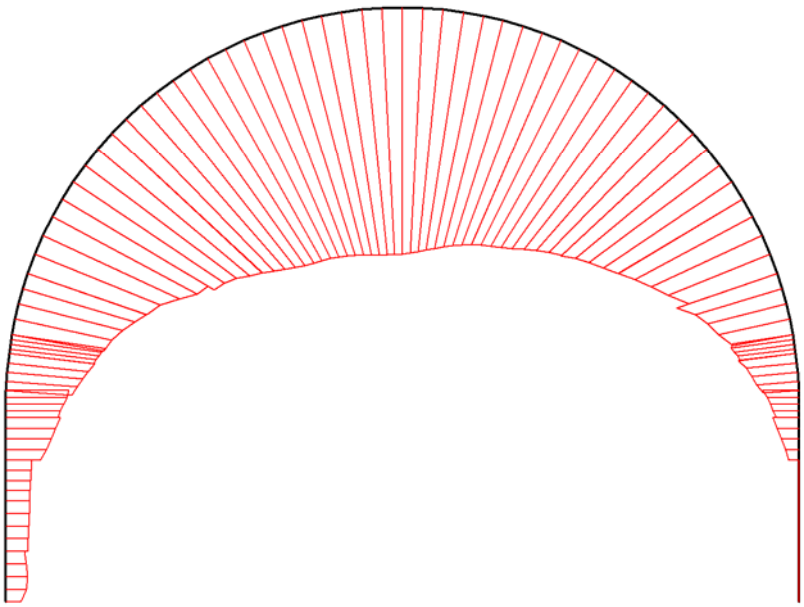


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -1,04*10^3 kN/m (Phase: 6)

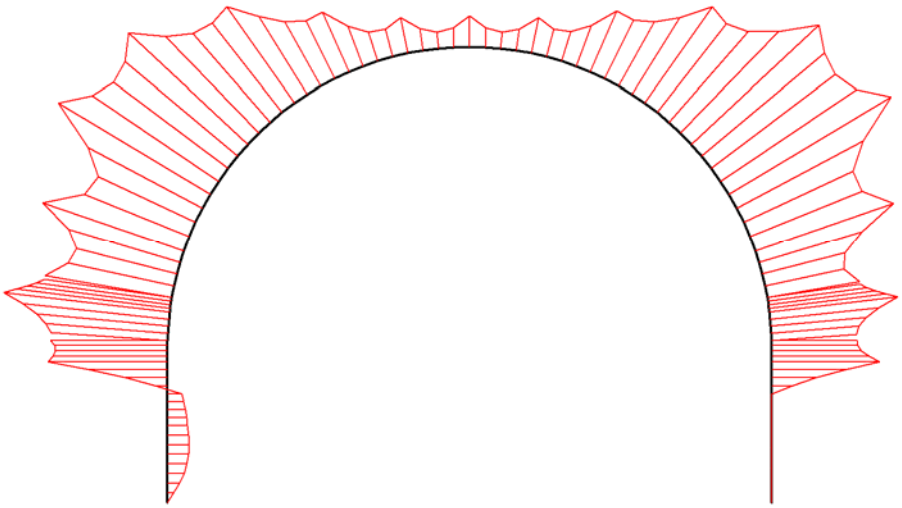


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -83,08 kNm/m (Phase: 6)

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	1663 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	2,876	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2231 2013	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2863 2687	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3497 3671	-8,350 -4,536	6,112 4,911	183,478	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	4101 4159	-7,600 -4,116	7,782 5,811	162,129	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4939 4565	-6,510 -3,519	9,262 6,606	105,124	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	5411 4997	-5,150 -2,777	10,482 7,257	72,850	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	6283 5379	-1,820 -0,980	11,952 8,041	56,996	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	7187 5617	1,820 0,980	11,952 8,041	57,807	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	7109 5695	3,560 1,917	11,392 7,742	61,224	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	7161 5685	5,150 2,777	10,482 7,257	75,413	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	7151 5485	6,510 3,519	9,262 6,606	108,202	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	5271 6583	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	6847 5475	7,600 4,116	7,782 5,811	168,519	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4663 6093	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5517 4217	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5087 3745	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	6003 5369	-3,560 -1,917	11,392 7,742	59,424	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
19	6771 5627	0,000 0,000	12,142 8,142	57,142	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

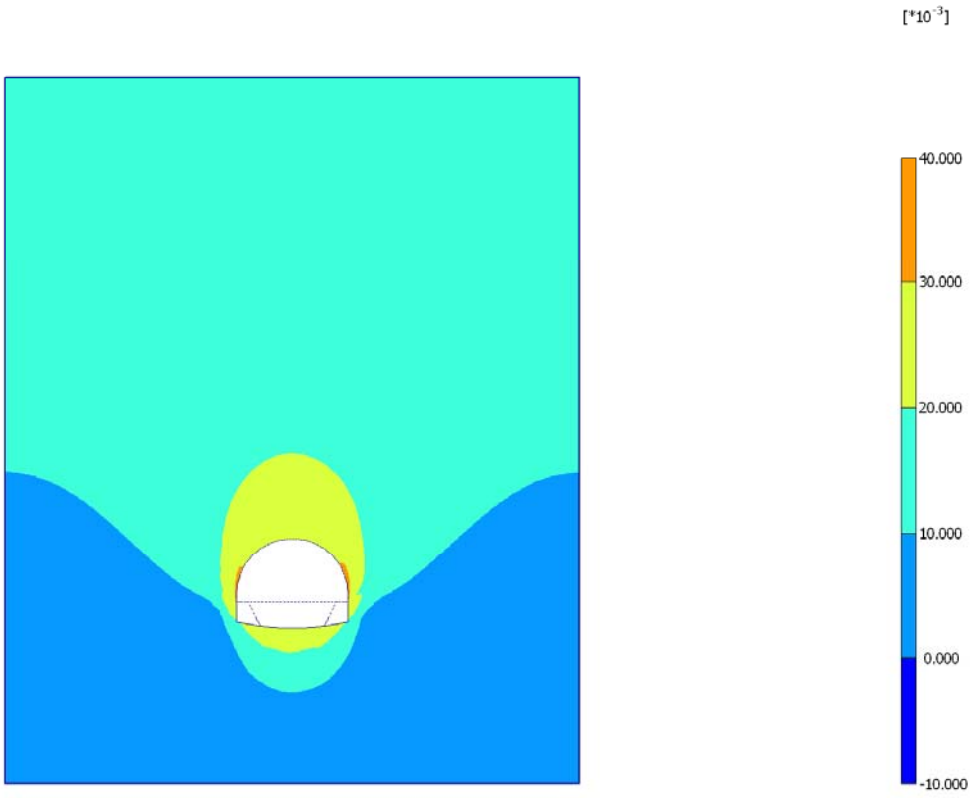


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 131 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

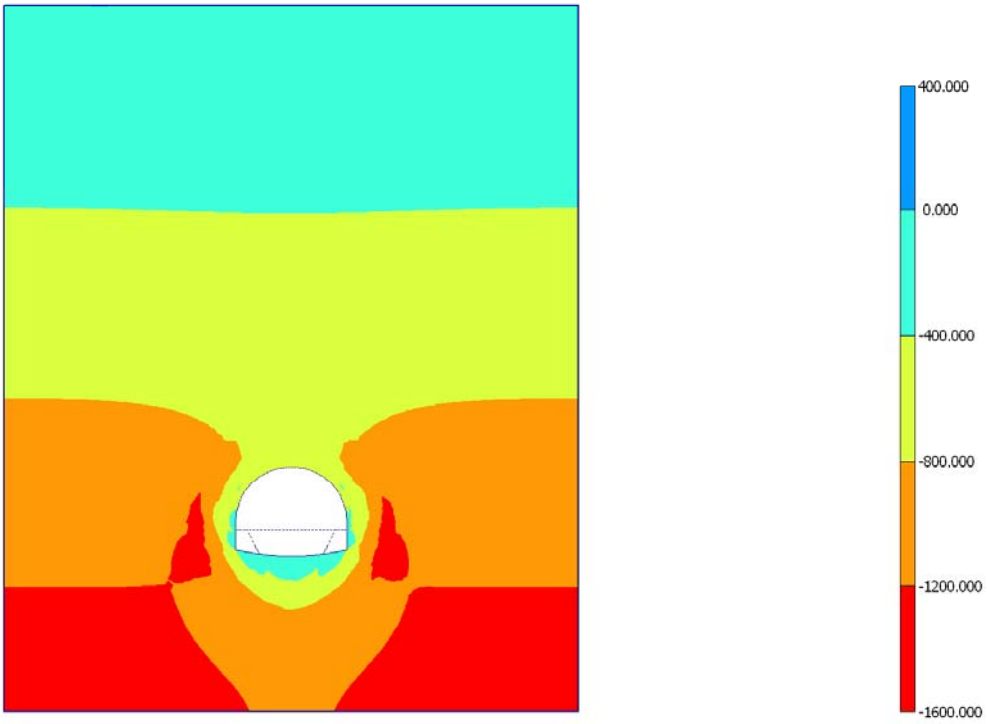


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 131 - (Phase: 7)

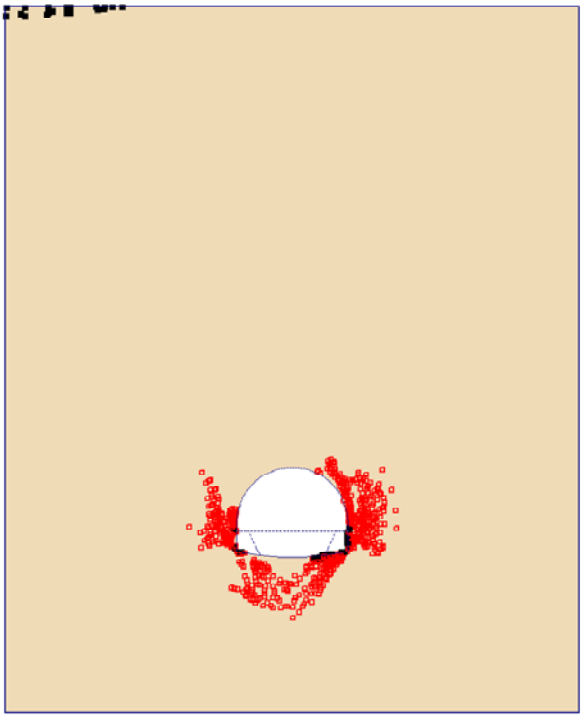


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 131 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

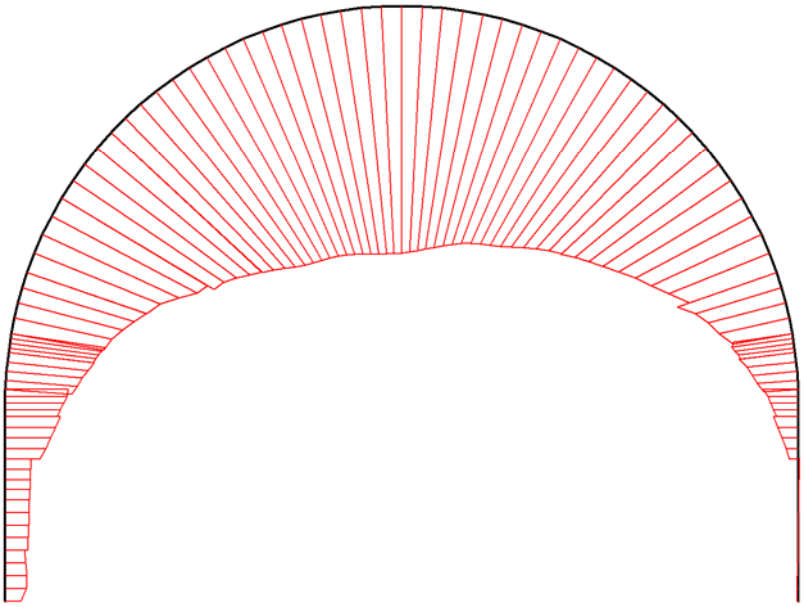


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -1,04*10^3 kN/m (Phase: 7)

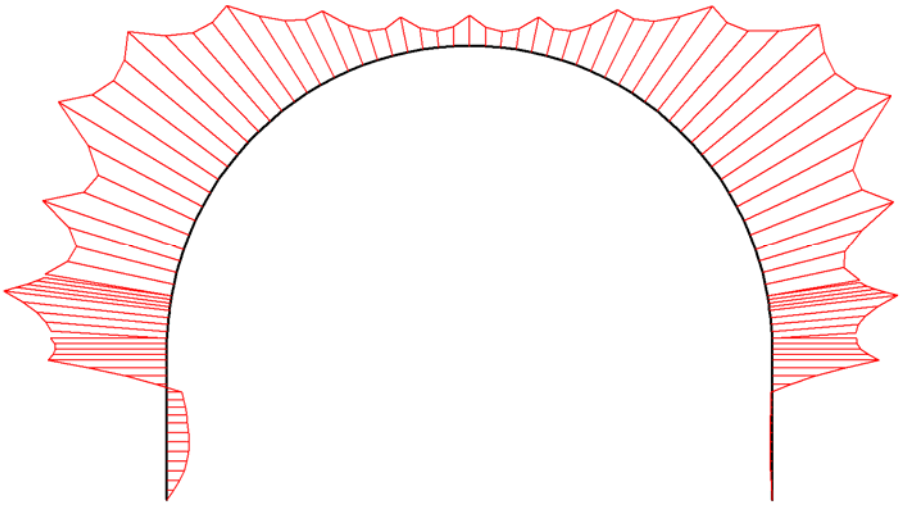


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -83,11 kNm/m (Phase: 7)

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	1663 1479	-8,654 -4,799	1,089 2,155	2,889	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	2231 2013	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	2863 2687	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	3497 3671	-8,350 -4,536	6,112 4,911	183,466	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	4101 4159	-7,600 -4,116	7,782 5,811	162,117	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	4939 4565	-6,510 -3,519	9,262 6,606	105,116	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	5411 4997	-5,150 -2,777	10,482 7,257	72,848	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	6283 5379	-1,820 -0,980	11,952 8,041	57,010	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	7187 5617	1,820 0,980	11,952 8,041	57,838	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	7109 5695	3,560 1,917	11,392 7,742	61,276	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	7161 5685	5,150 2,777	10,482 7,257	75,521	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	7151 5485	6,510 3,519	9,262 6,606	108,422	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	5271 6583	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	6847 5475	7,600 4,116	7,782 5,811	168,887	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	4663 6093	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	5517 4217	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	5087 3745	8,654 4,799	1,089 2,155	0,289	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	6003 5369	-3,560 -1,917	11,392 7,742	59,430	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	6771 5627	0,000 0,000	12,142 8,142	57,164	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Areniscas RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	COBERTERA (m)	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	69	2,29E-03	8580	-	3911,10	11,28
	III	69	4,17E-03	7530	-	6645,75	18,60
	IV	69	2,08E-02	5570	128370,76	11004,62	183,71
	V	69	3,74E-02	3710	93120,93	8868,12	184,00

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.	**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 Areniscas	Envolvente	-3,38	75,51	391,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			-3,38	75,51	391,11	0,00	**3911,10**	**OK**	**-1272,86**	**OK**
	Fase final	-3,38	75,51	376,48	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00			-3,38	75,51	376,48	-0,06	**3802,60**	**OK**	**-1272,86**	**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.	**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 Areniscas	Envolvente	-4,05	80,43	609,44	3,76	0,00	0,00	0,00	0,00			-4,05	80,43	609,44	3,76	6645,75	OK	-1017,29	OK
	Fase final	-4,05	80,43	376,33	-0,13	0,00	0,00	0,00	0,00			-4,05	80,43	376,33	-0,13	3191,92	OK	-1017,29	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO IV **COBERTERA MÁXIMA (69 m)**

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.	**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 Areniscas	Envolvente	31,72	1242,84	1846,39	-4,68	2,93	221,81	329,52	-0,43	128370,76	OK	No tracciones	OK	28,79	1021,03	1516,86	-4,24	11004,62	OK	No tracciones	OK
	Fase final	-28,92	401,26	1797,14	-4,85	-2,67	71,61	320,74	-0,45	125348,56	OK	-12592,36	OK	-26,25	329,65	1476,41	-4,40	9017,23	OK	-3030,16	OK

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Areniscas ESFUERZOS EN ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO (HORMIGÓN PROYECTADO/CERCHAS) PARA CÁLCULOS CON K0 = 0,8

SECCIÓN TIPO V **COBERTERA MÁXIMA (69 m)**

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.	**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 Areniscas	Envolvente	-113,98	1093,86	2126,93	-11,07	-22,54	262,18	509,79	-2,19	93120,93	OK	-12820,94	OK	-91,44	831,68	1617,14	-8,88	8868,12	OK	-3323,60	OK
	Fase final	-113,98	1093,86	1823,70	-19,70	-22,54	262,18	437,11	-3,90	93120,93	OK	-12820,94	OK	-91,44	831,68	1386,59	-15,80	8868,12	OK	-3323,60	OK

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-II, CS-5 Areniscas

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	77,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

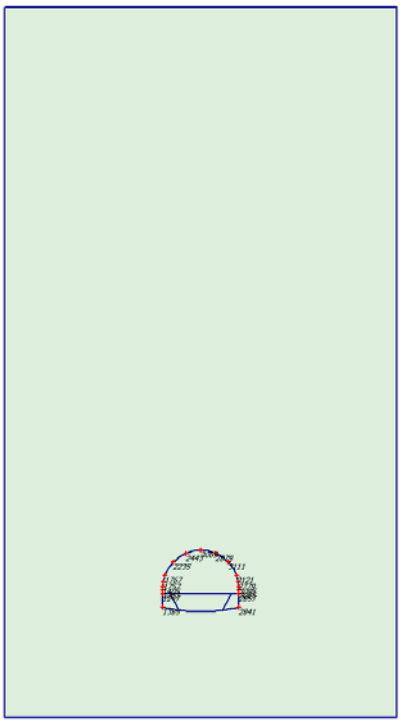


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

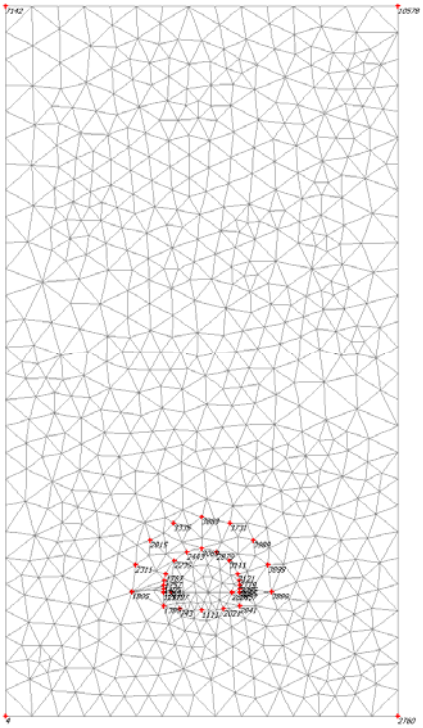


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

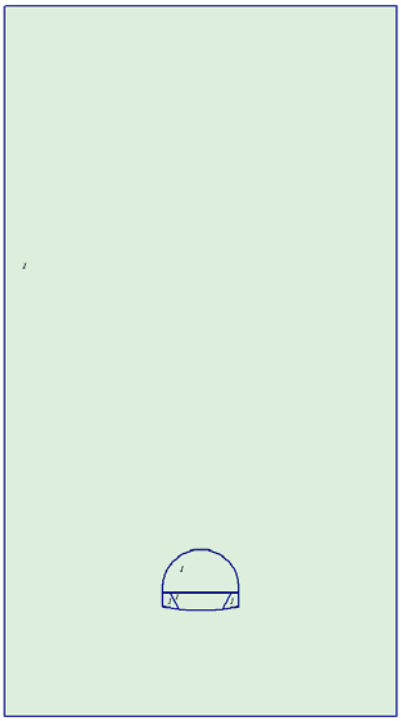


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

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]	7145000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	2748076,923
E_{oed}	[kN/m²]	9618269,231
c_{ref}	[kN/m²]	684,00
φ	[°]	52,30
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	8
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	9	13
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	14	26
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	27	28
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	29	31
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	32	33

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

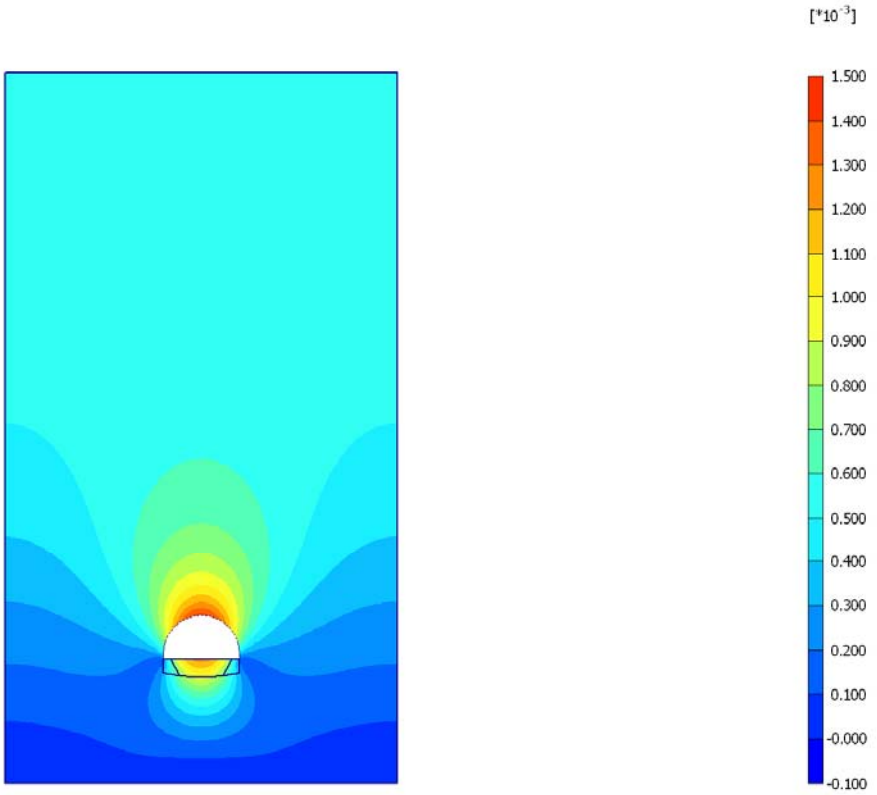


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

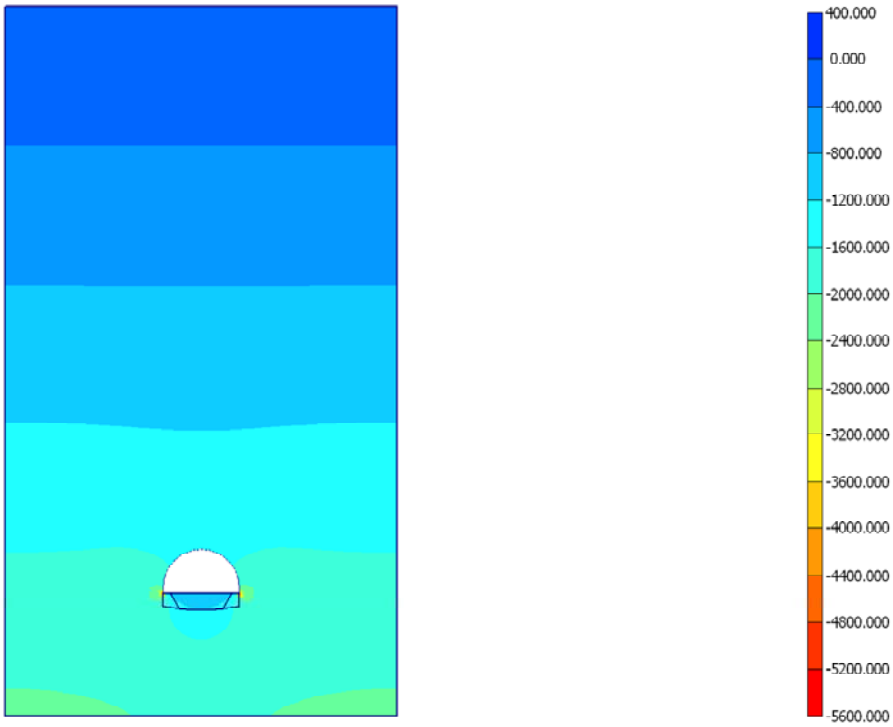


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

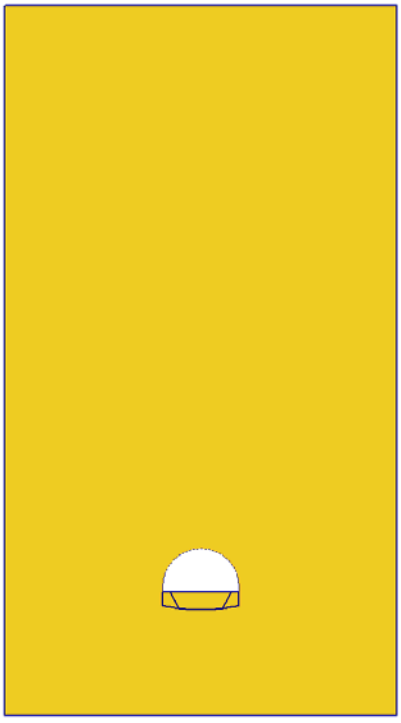


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

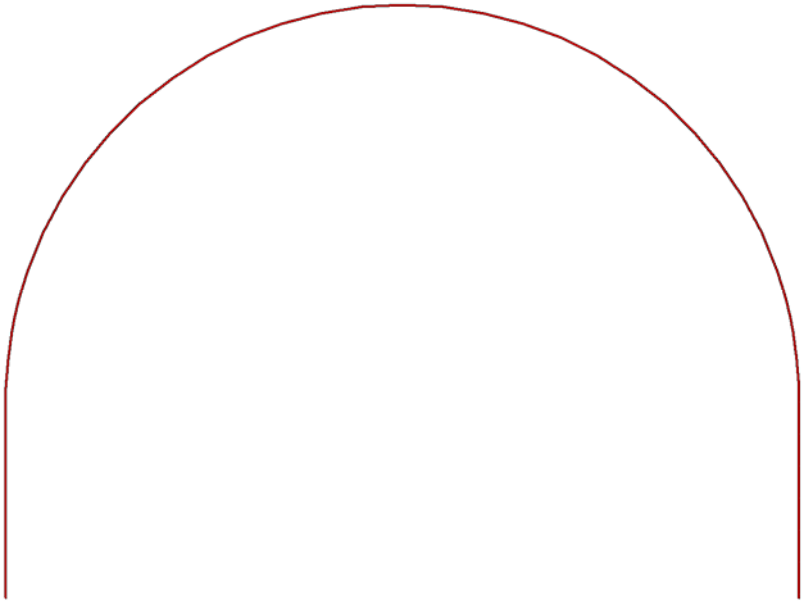


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

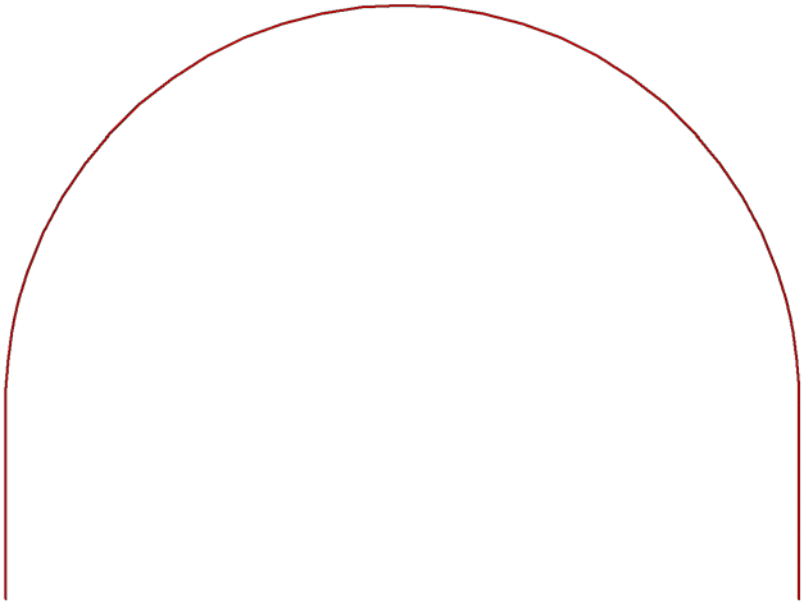


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

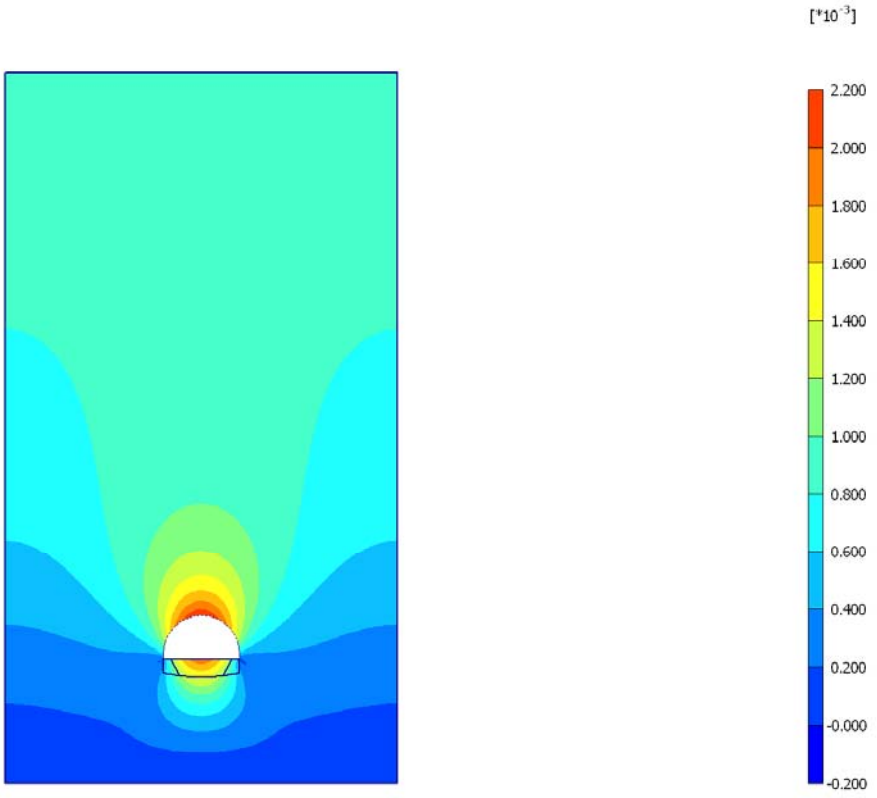


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

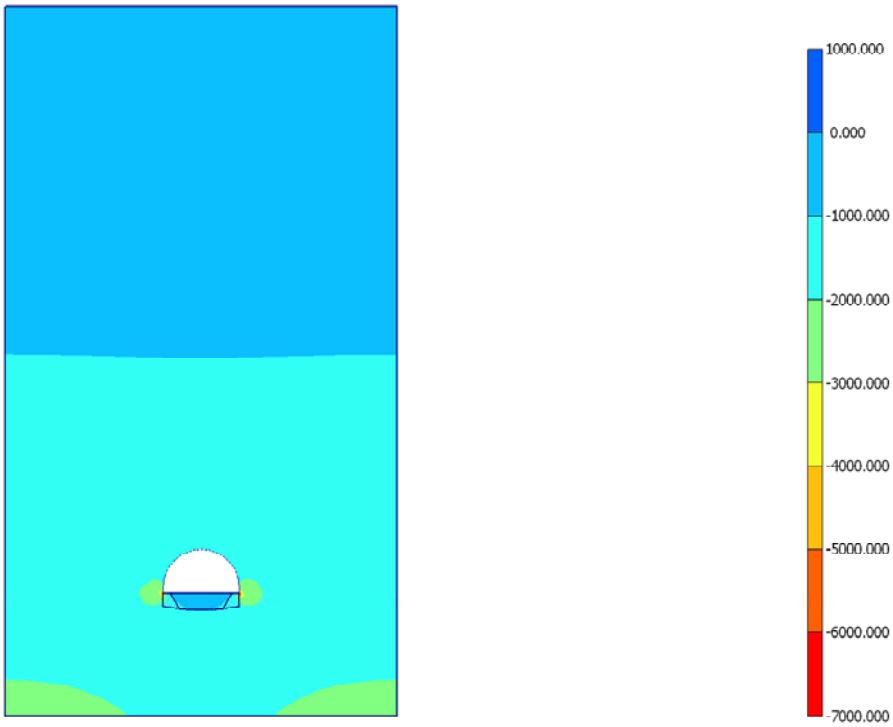


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 2)

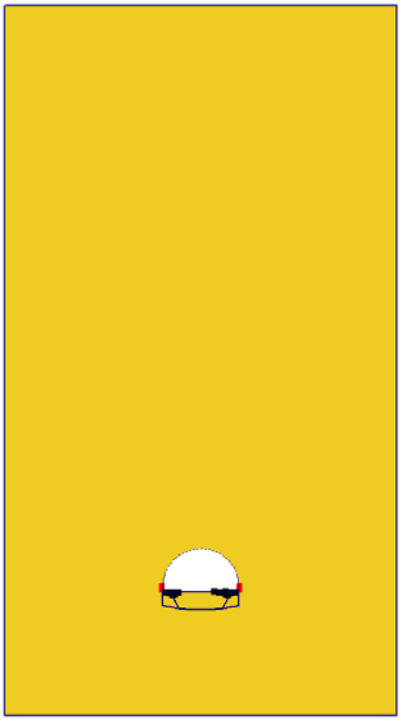


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 8 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

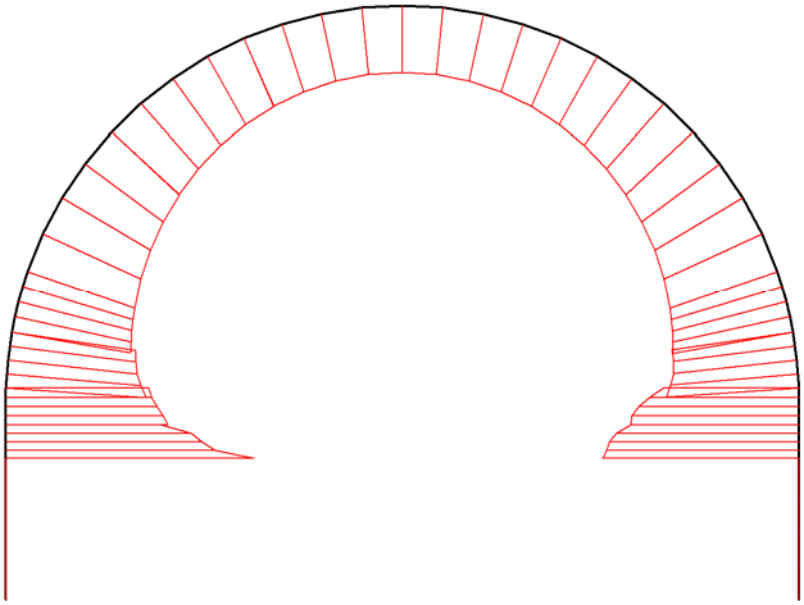


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -367,58 kN/m (Phase: 2)

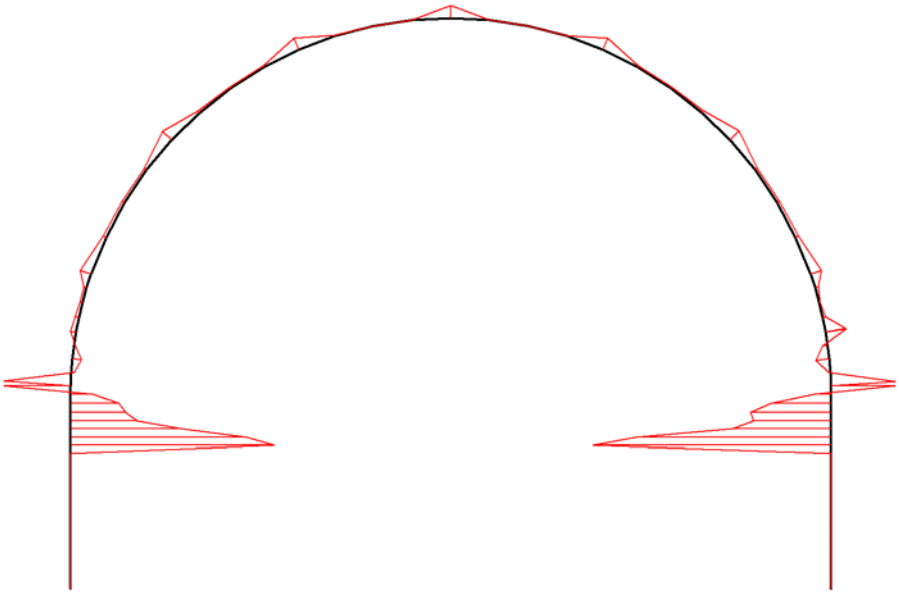


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value 1,64 kNm/m (Phase: 2)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	2,853	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	4,801	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	5,425	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	5,837	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	6,001	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	5,838	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	5,426	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	4,807	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	2,879	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

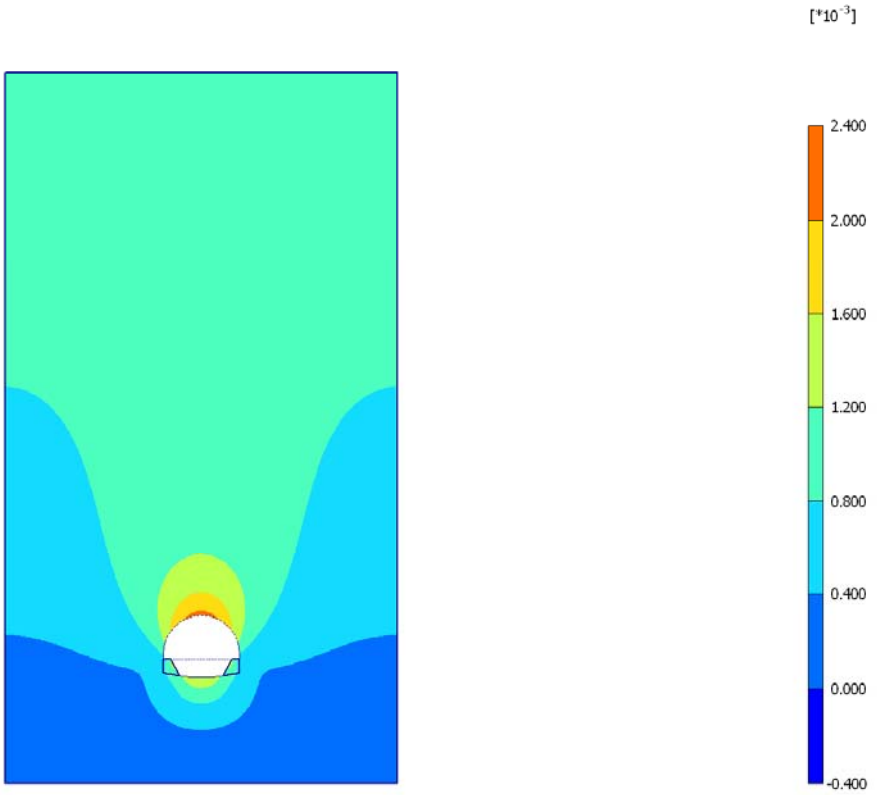


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 13 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

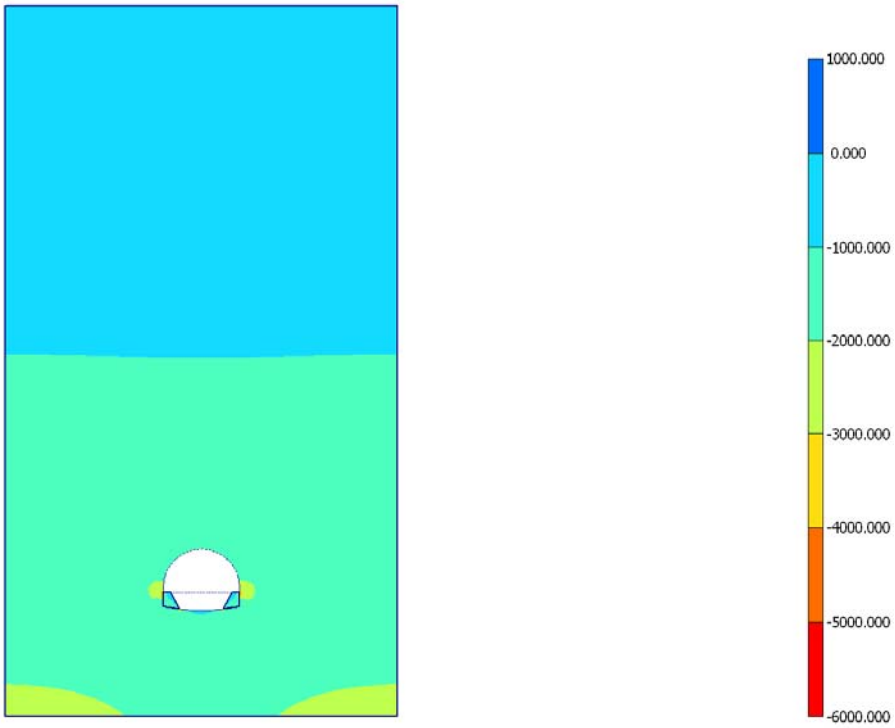


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 13 - (Phase: 3)

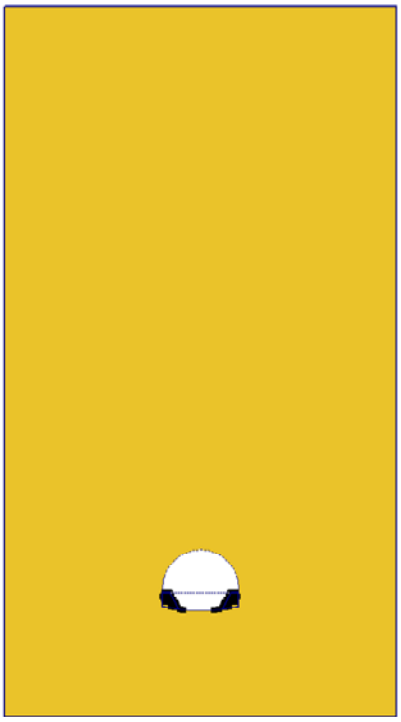


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 13 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

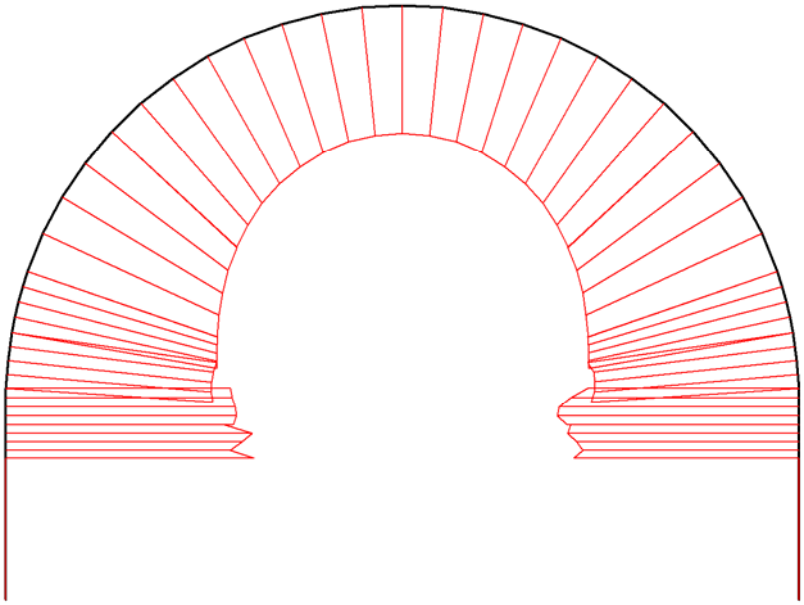


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -238,26 kN/m (Phase: 3)

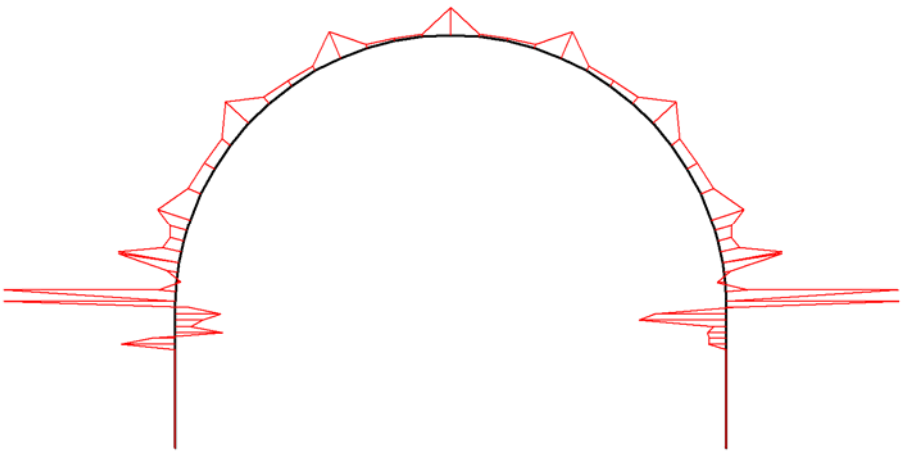


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value -580,89*10^{-3} kNm/m (Phase: 3)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	6,174	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	5,312	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	5,533	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	5,857	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	6,001	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	5,857	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	5,534	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	5,319	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	6,186	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

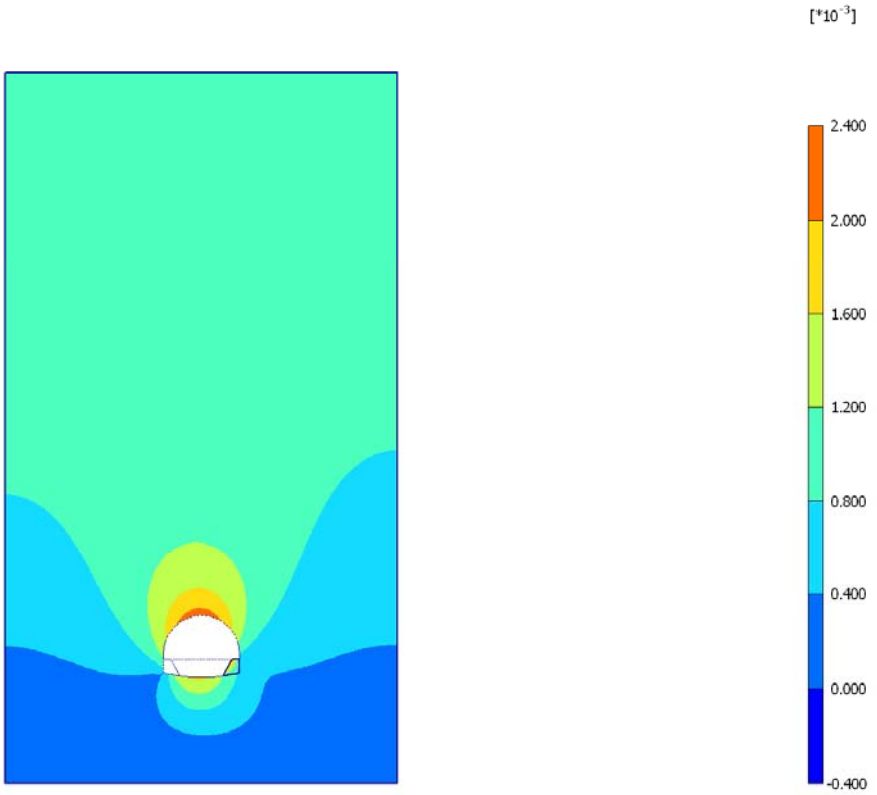


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 26 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

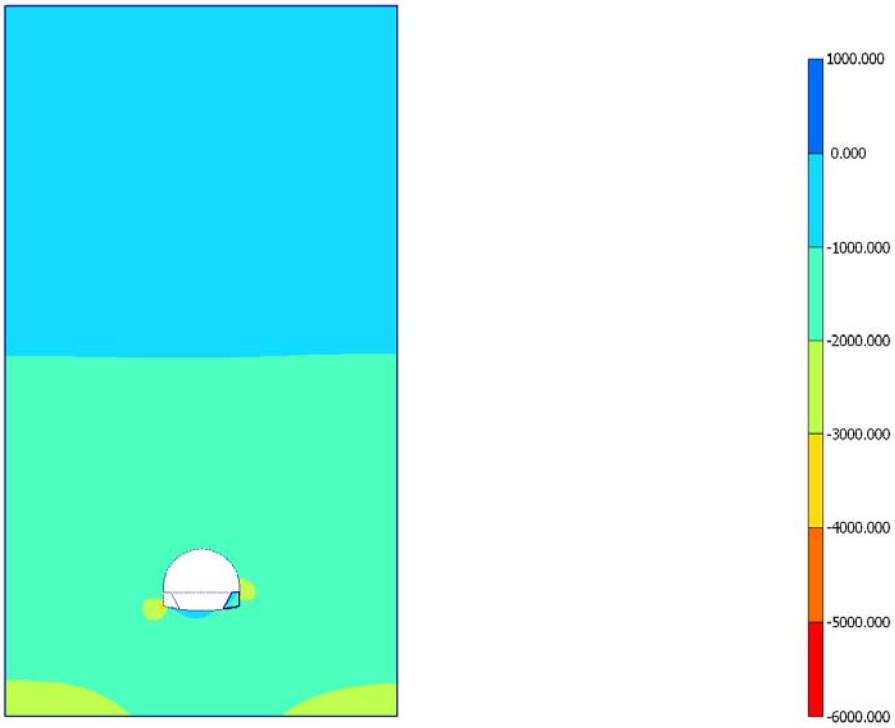


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 26 - (Phase: 4)

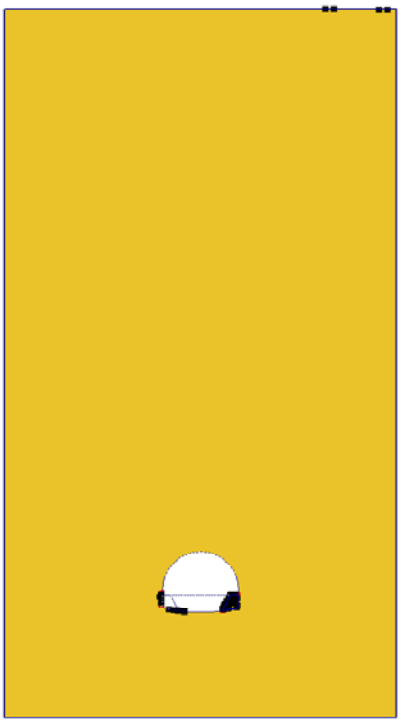


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 26 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

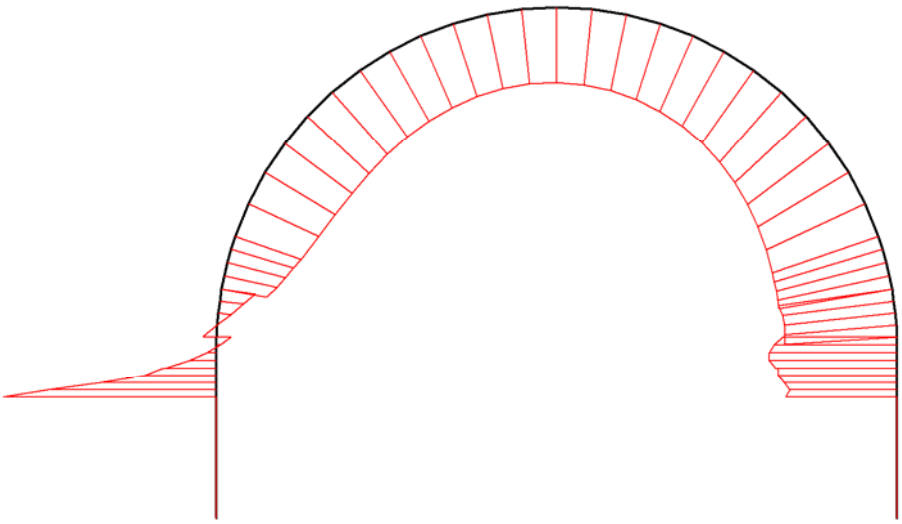


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value 391,11 kN/m (Phase: 4)

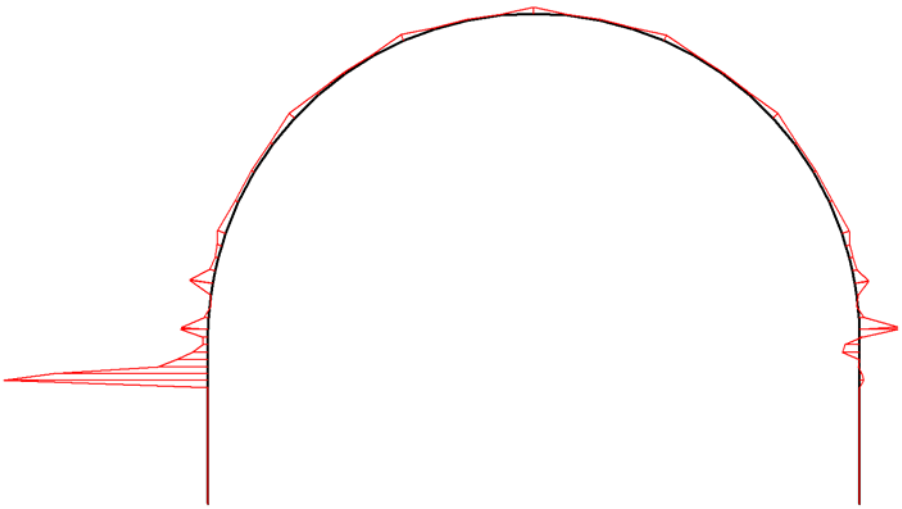


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -3,24 kNm/m (Phase: 4)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	11,066	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	6,680	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	5,937	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	6,010	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	6,079	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	5,913	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	5,590	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	5,409	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	6,471	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

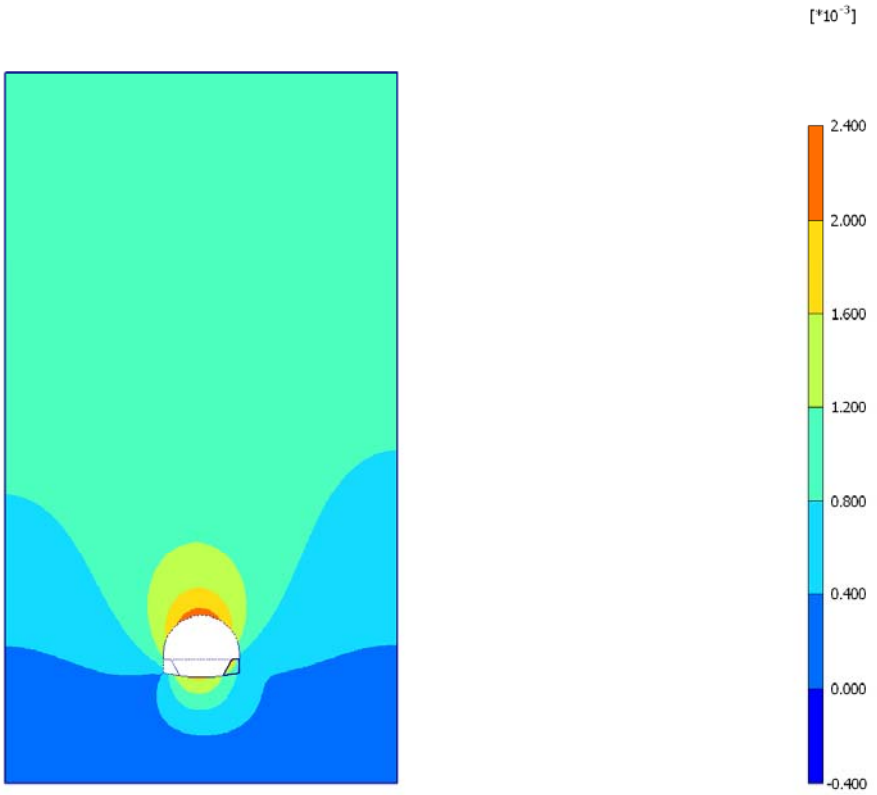


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

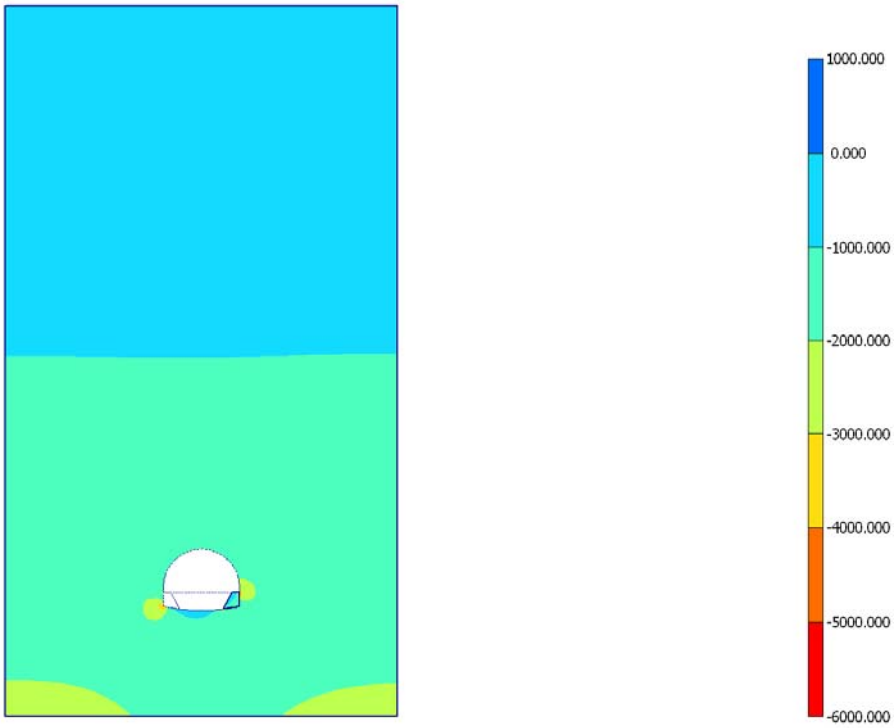


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 5)

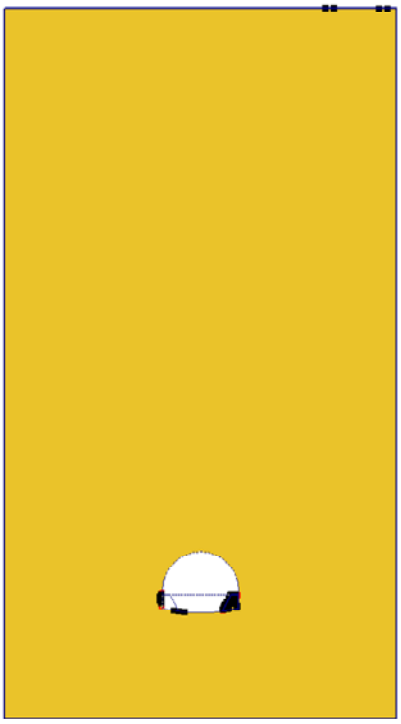


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 28 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

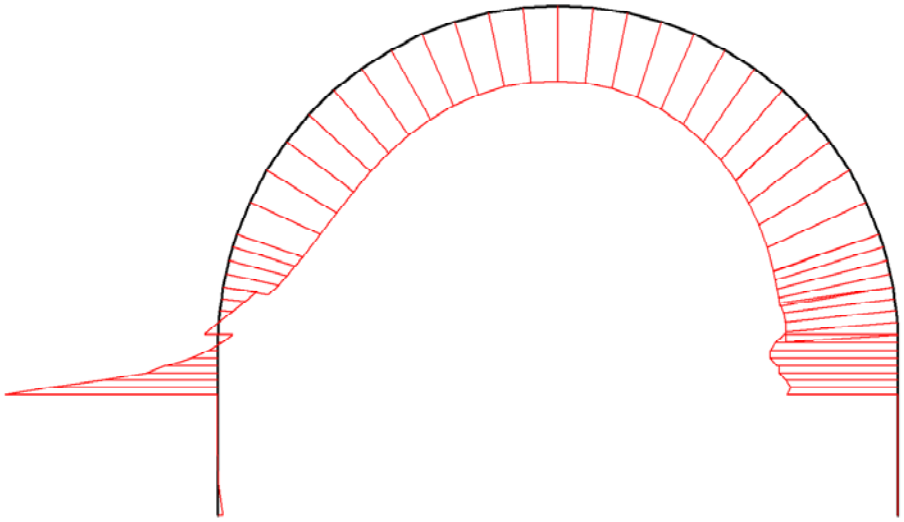


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value 390,39 kN/m (Phase: 5)

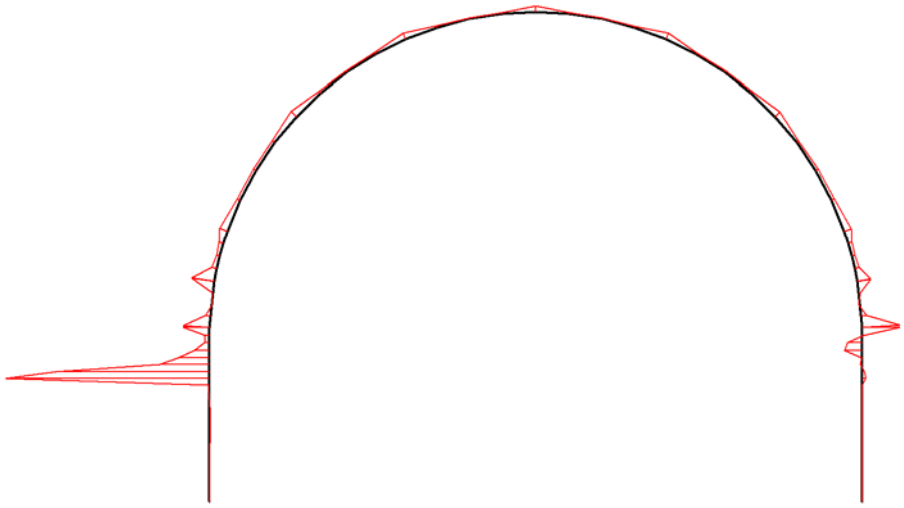


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -3,28 kNm/m (Phase: 5)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	11,068	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	6,681	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	5,938	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	6,010	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	6,079	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	5,913	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	5,590	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	5,410	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	6,474	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

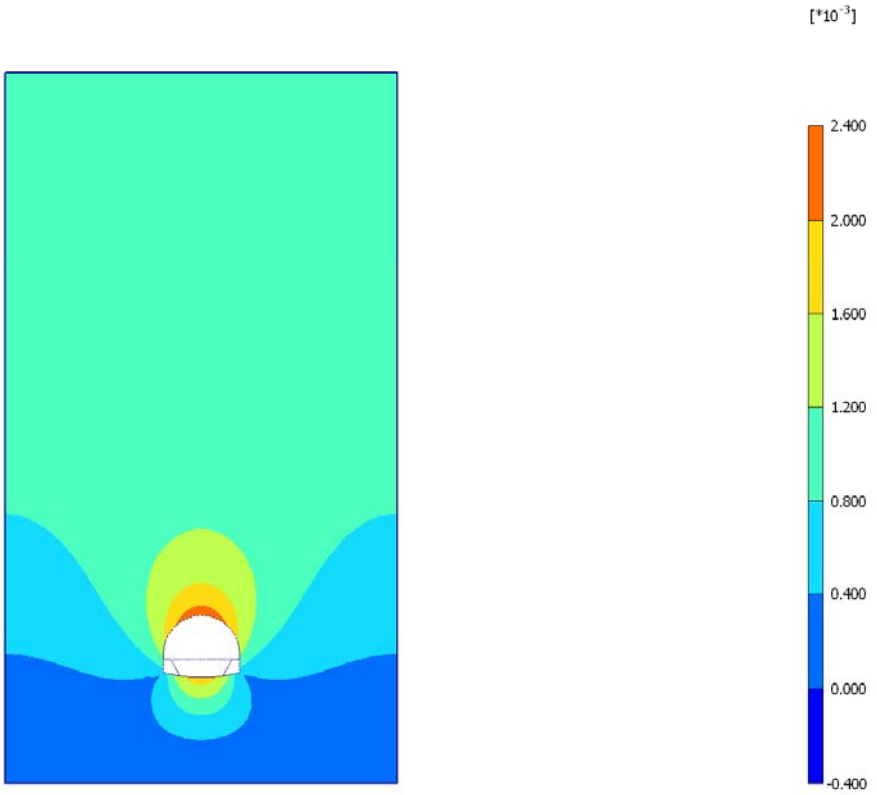


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 31 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

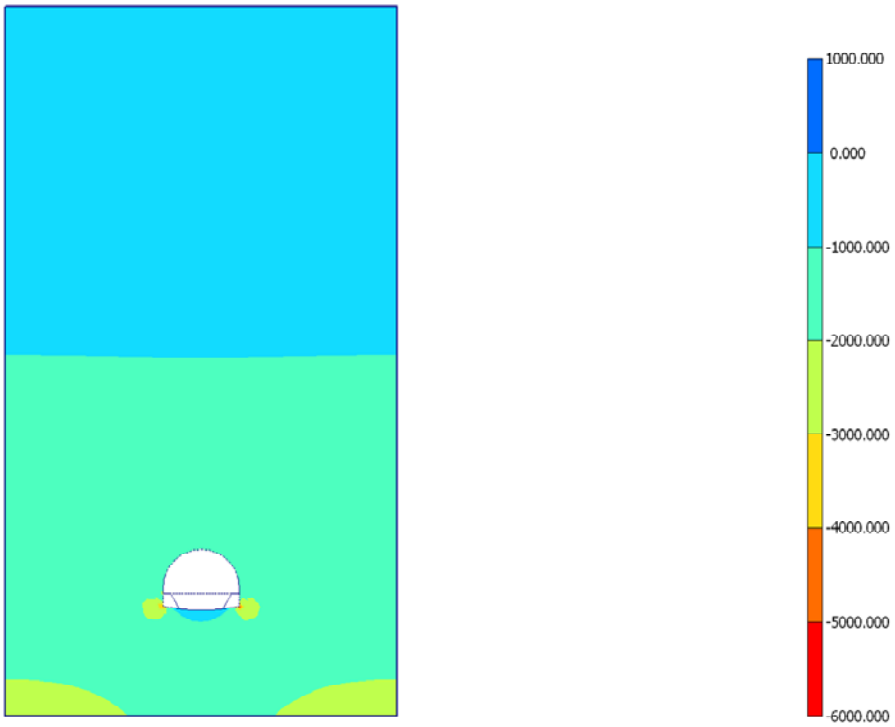


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 31 - (Phase: 6)

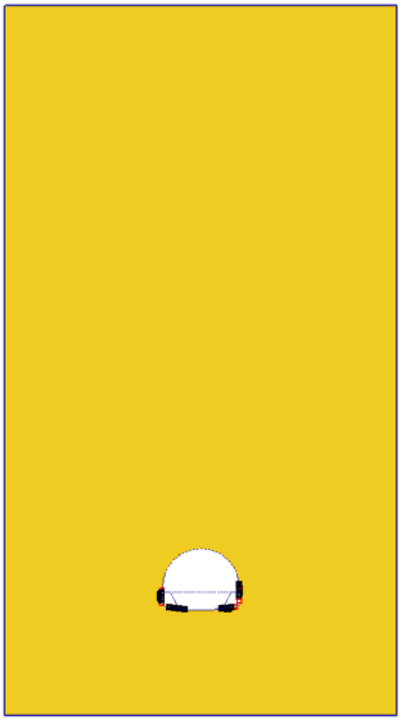


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 31 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

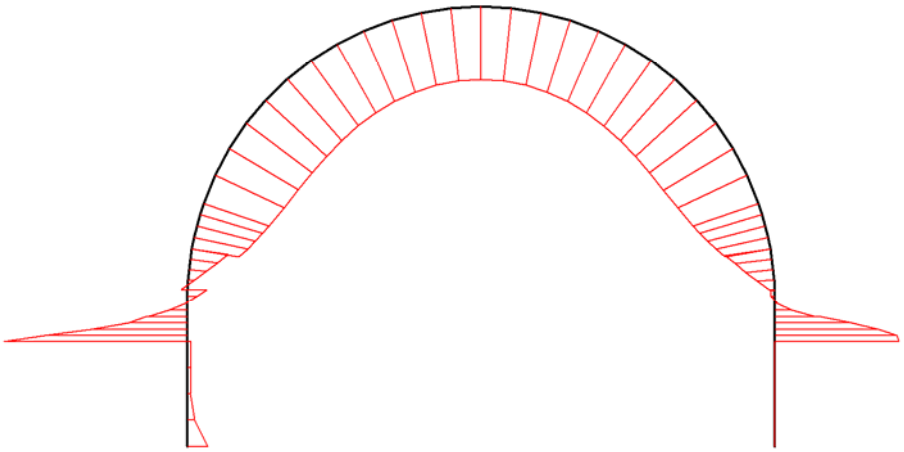


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value 377,24 kN/m (Phase: 6)

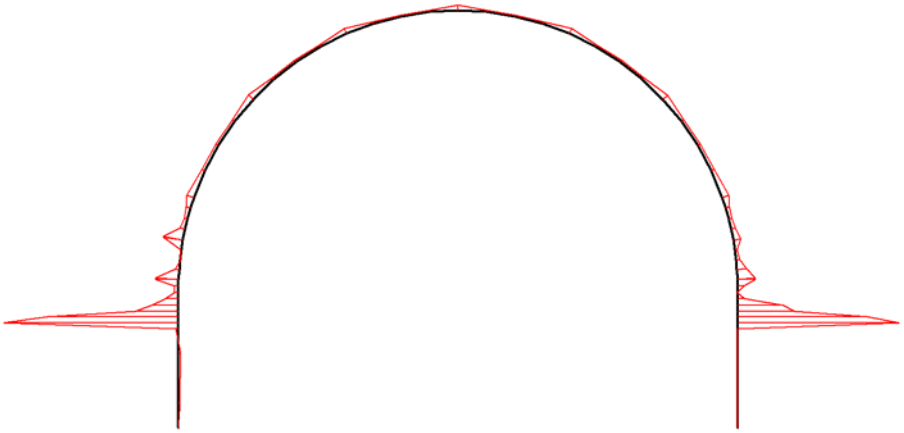


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -3,36 kNm/m (Phase: 6)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	11,162	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	6,736	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	5,984	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	6,062	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	6,153	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	6,061	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	5,982	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	6,728	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	11,271	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

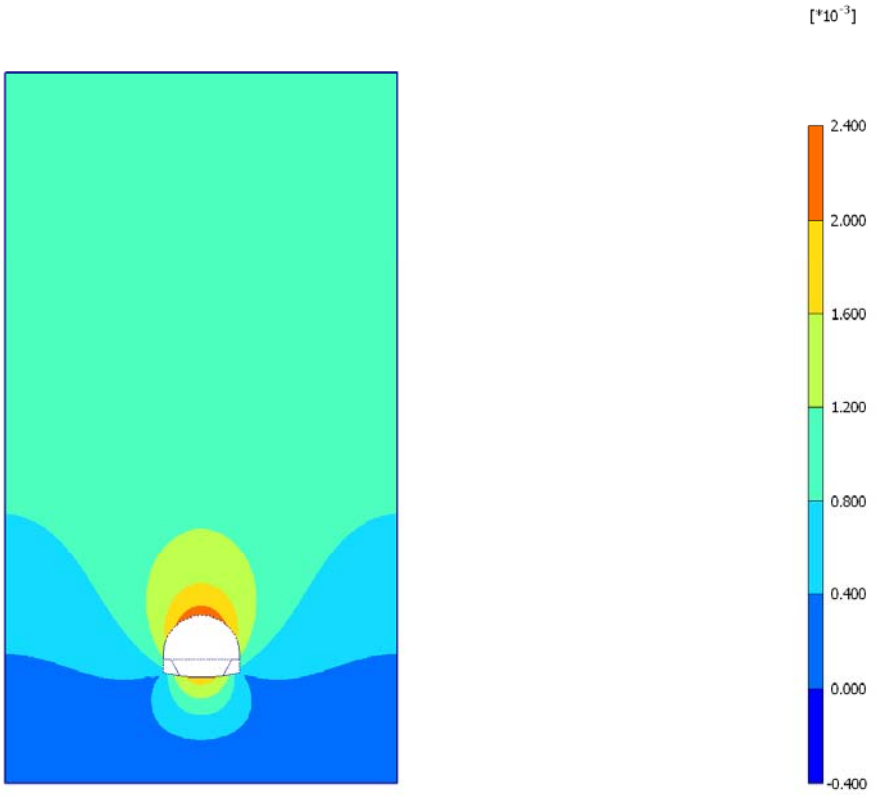


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 33 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

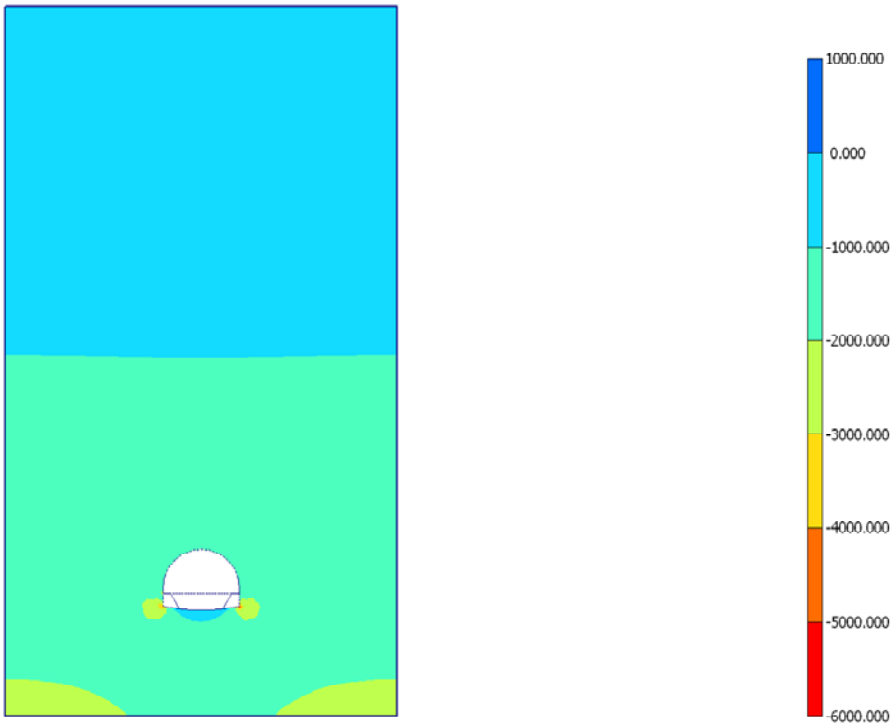


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 33 - (Phase: 7)

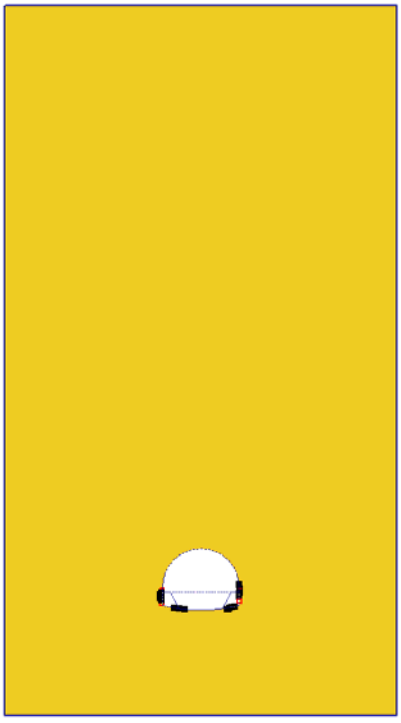


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 33 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

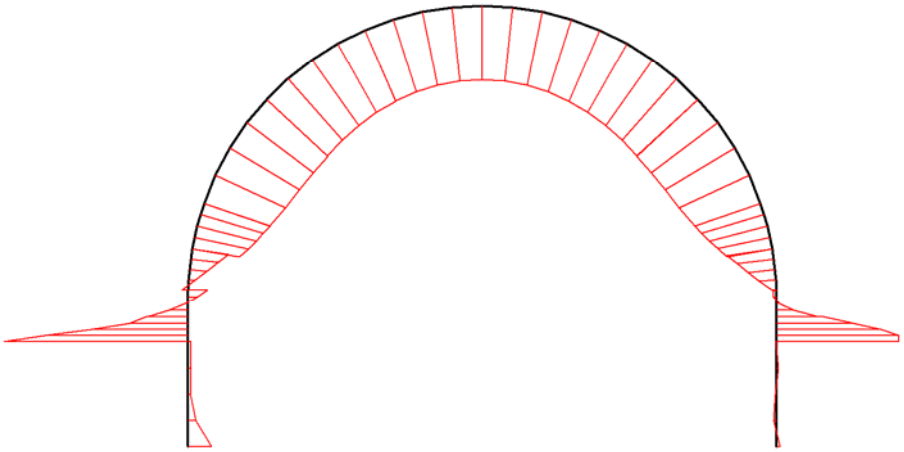


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value 376,48 kN/m (Phase: 7)

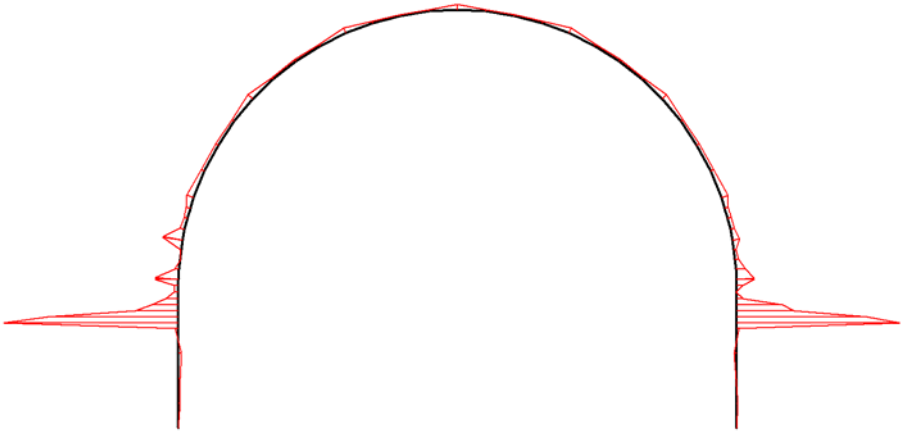


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -3,38 kNm/m (Phase: 7)

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	1805 1263	-8,800 -4,799	2,682 3,046	11,164	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017
2	2311 1767	-8,350 -4,536	6,112 4,911	6,736	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
3	2815 2235	-6,510 -3,519	9,262 6,606	5,985	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
4	3335 2443	-3,560 -1,917	11,392 7,742	6,062	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
5	3863 3069	0,000 0,000	12,142 8,142	6,153	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
6	3731 2879	3,560 1,917	11,392 7,742	6,061	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
7	3989 3111	6,510 3,519	9,262 6,606	5,983	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	3899 3121	8,350 4,536	6,112 4,911	6,731	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	3889 3085	8,800 4,799	2,682 3,046	11,276	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,017

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-III, CS-5 Areniscas

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	77,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

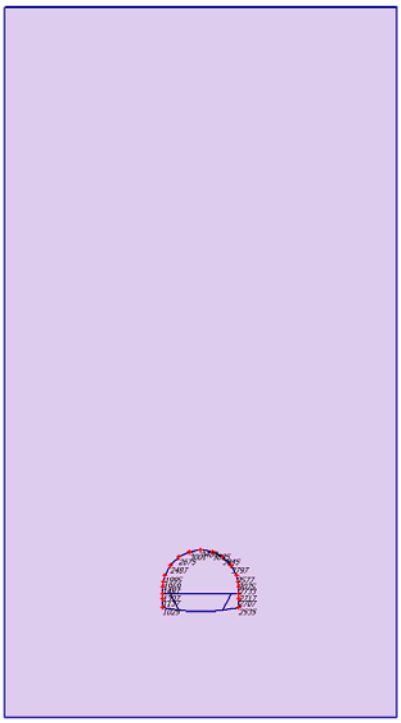


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

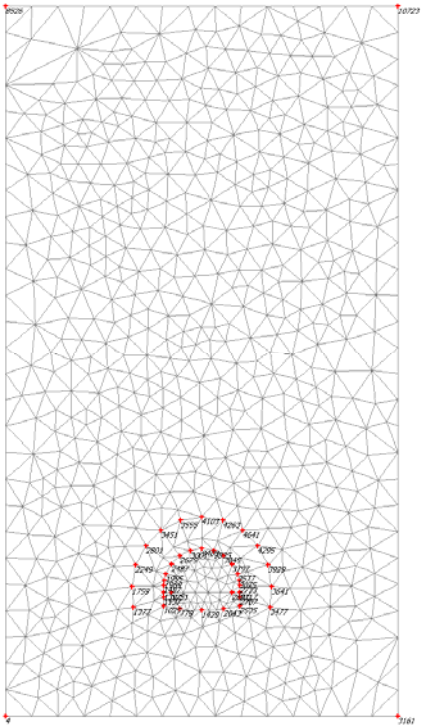


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

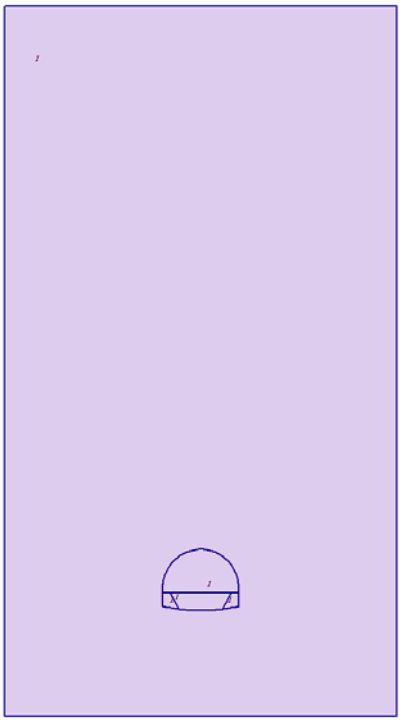


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

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]	3915000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	1505769,231
E_{oed}	[kN/m²]	5270192,308
c_{ref}	[kN/m²]	479,00
φ	[°]	50,00
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	8
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	9	35
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	36	38
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	39	40
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	41	43
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	44	51

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

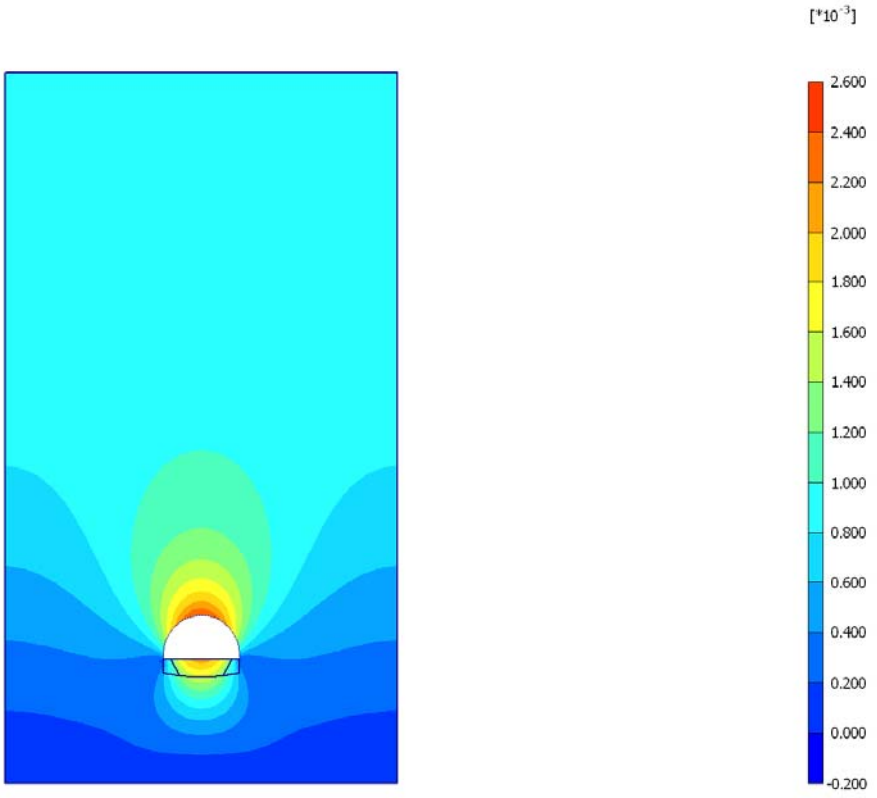


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

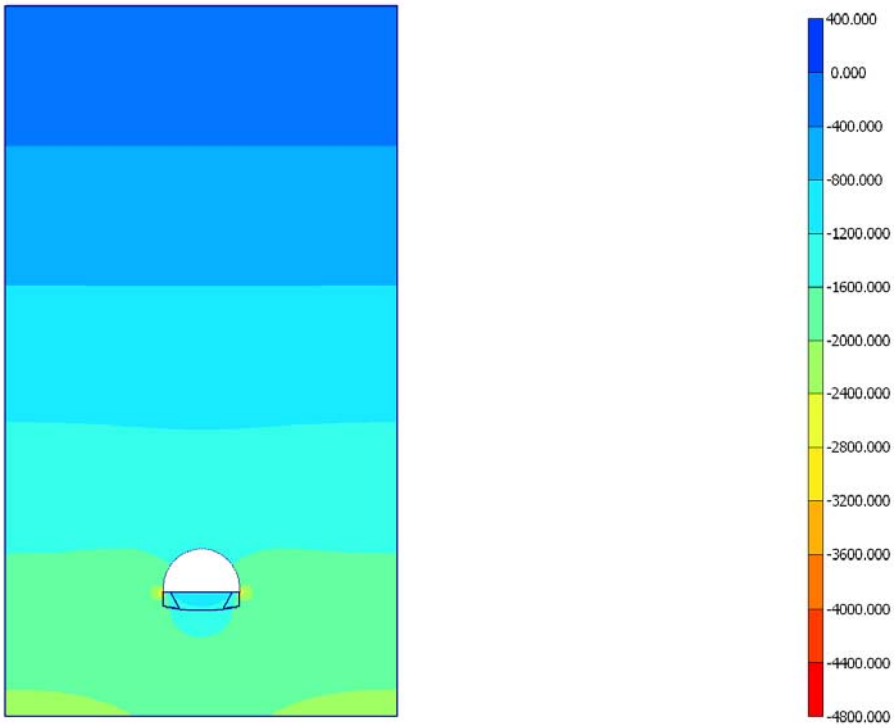


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

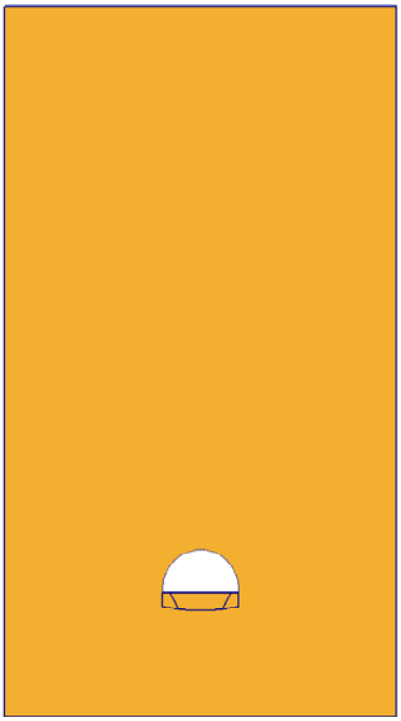


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

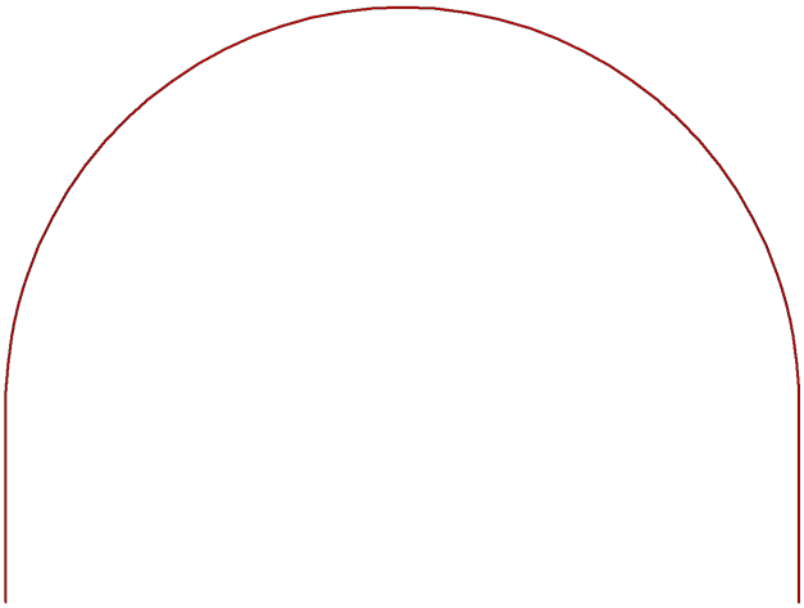


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

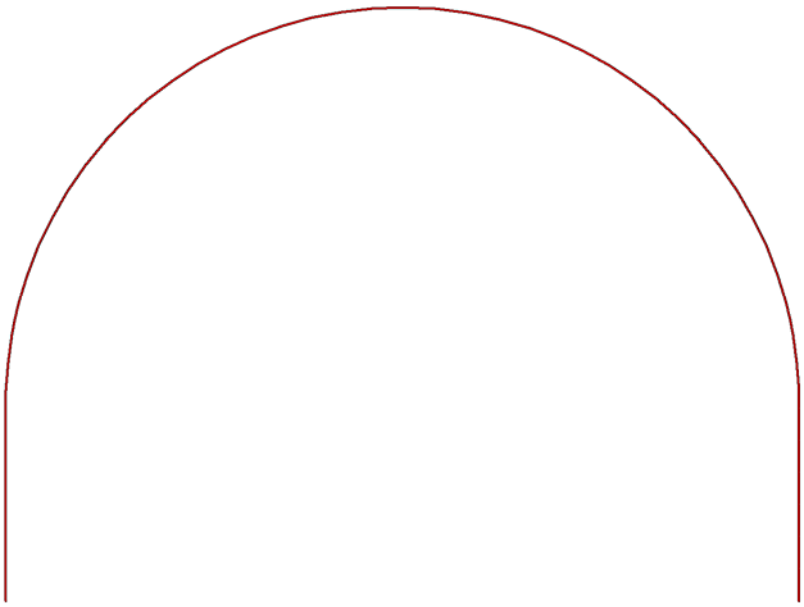


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

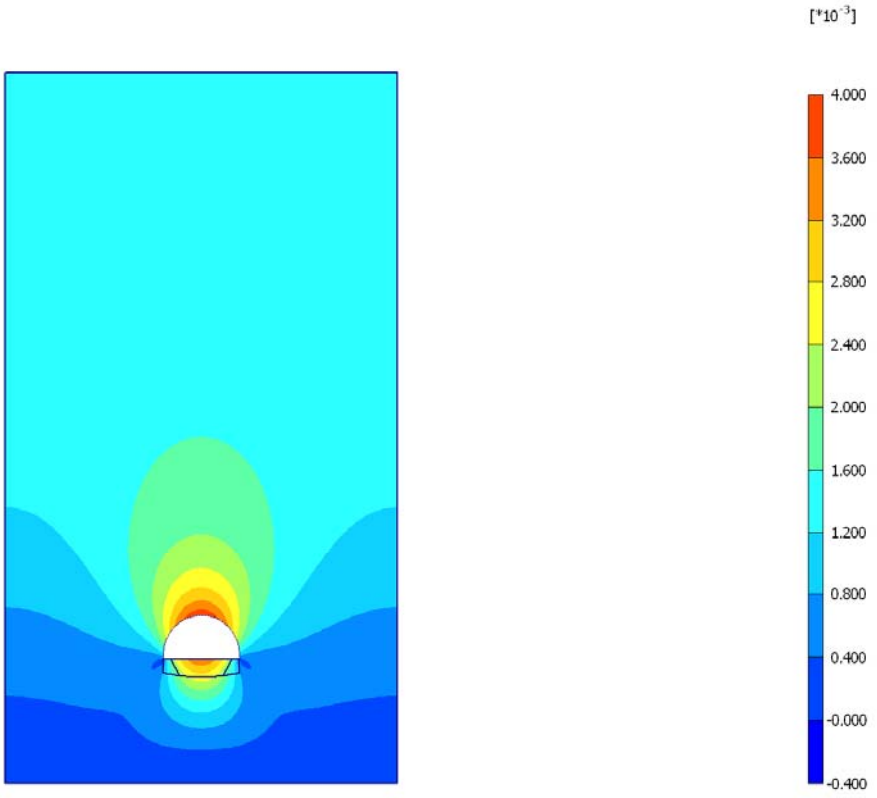


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

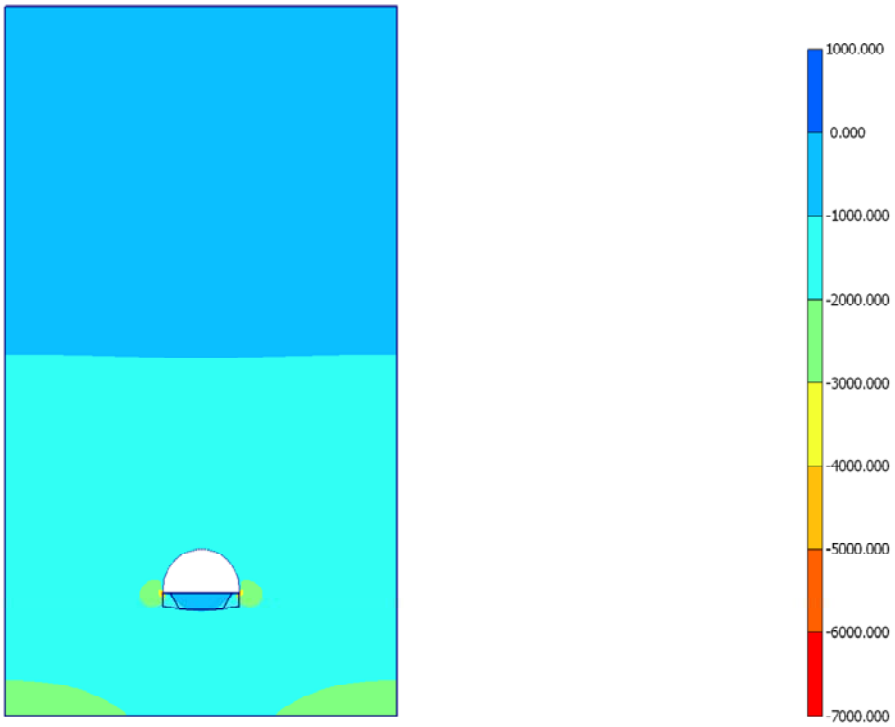


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 2)

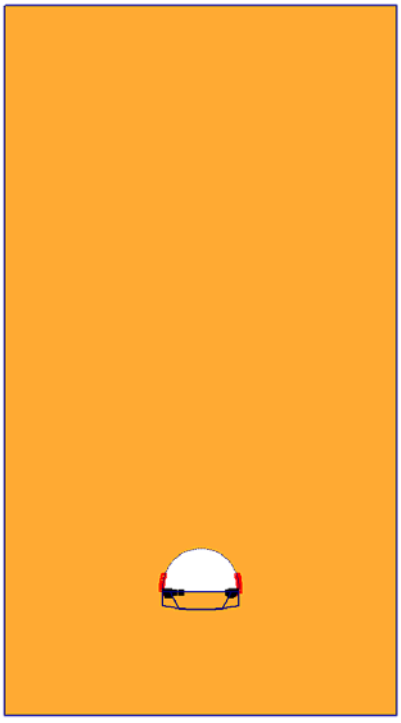


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 8 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

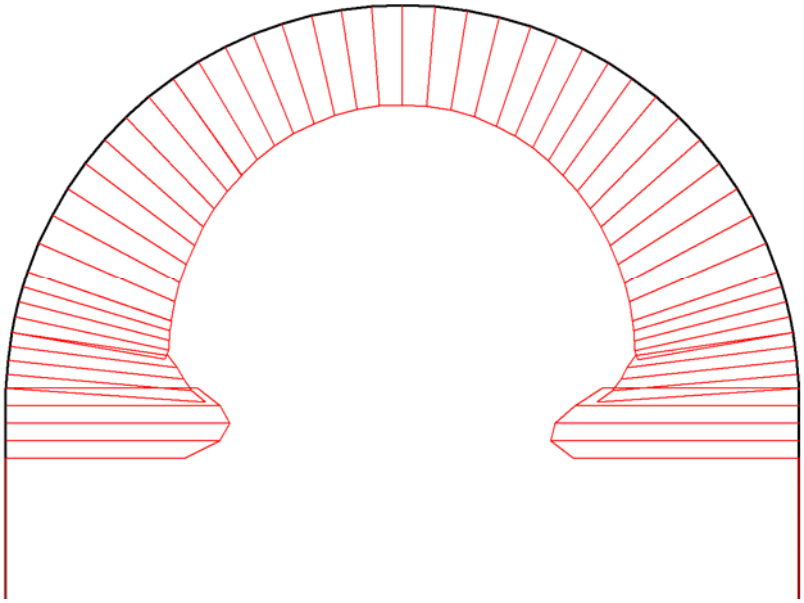


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -609,44 kN/m (Phase: 2)

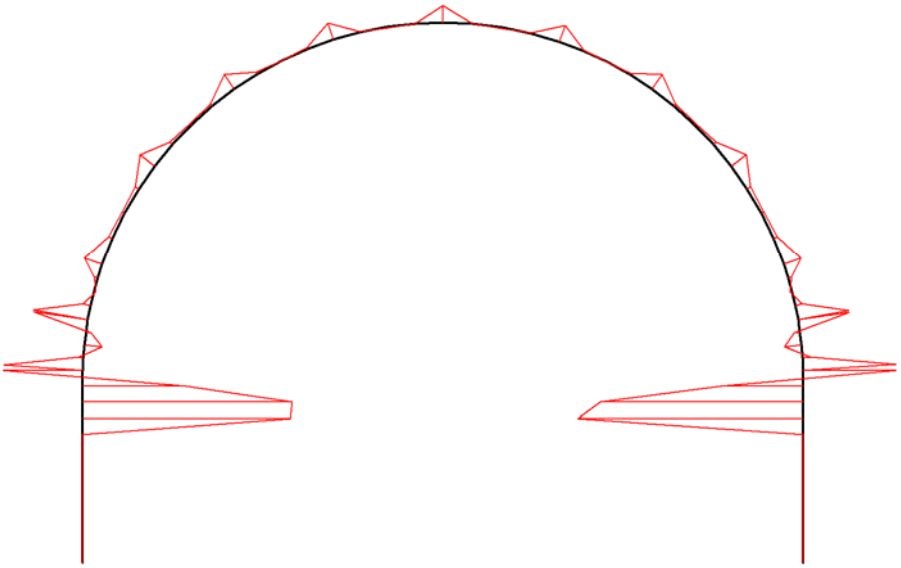


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value 3,76 kNm/m (Phase: 2)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	8,162	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	9,571	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	10,452	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	11,158	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	11,697	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	11,893	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	11,646	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	11,153	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	10,442	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	9,551	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	8,061	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

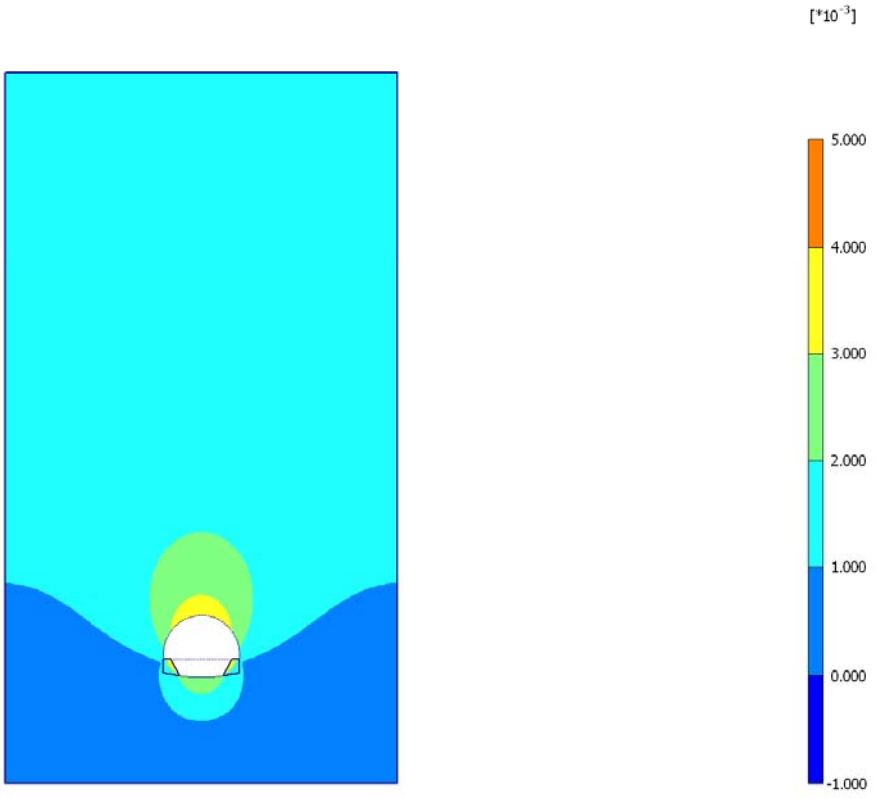


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 35 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

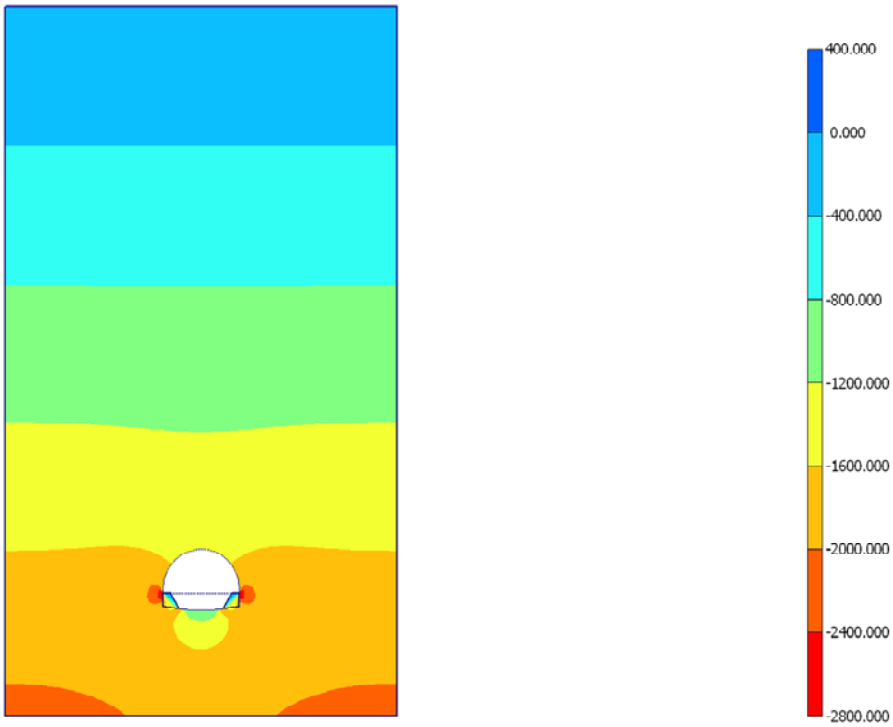


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 35 - (Phase: 3)

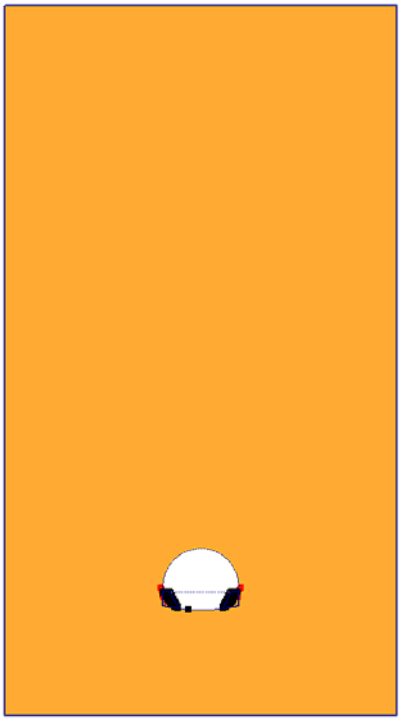


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 35 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

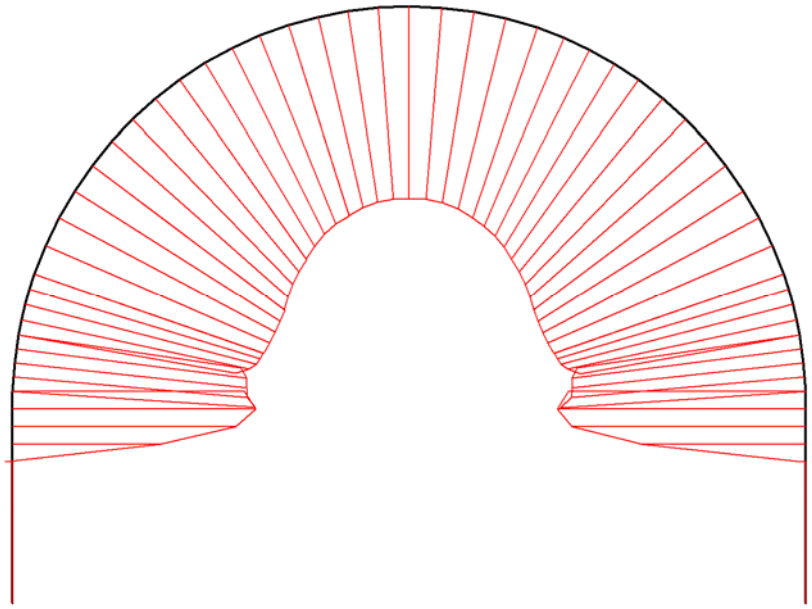


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -394,14 kN/m (Phase: 3)

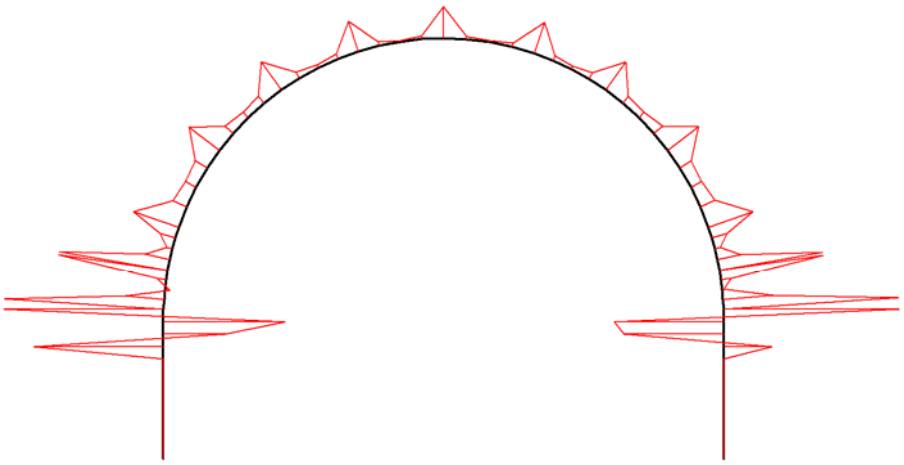


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value -1,75 kNm/m (Phase: 3)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	13,281	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	11,166	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	10,958	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	11,295	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	11,697	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	11,858	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	11,656	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	11,293	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	10,955	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	11,165	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	13,310	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

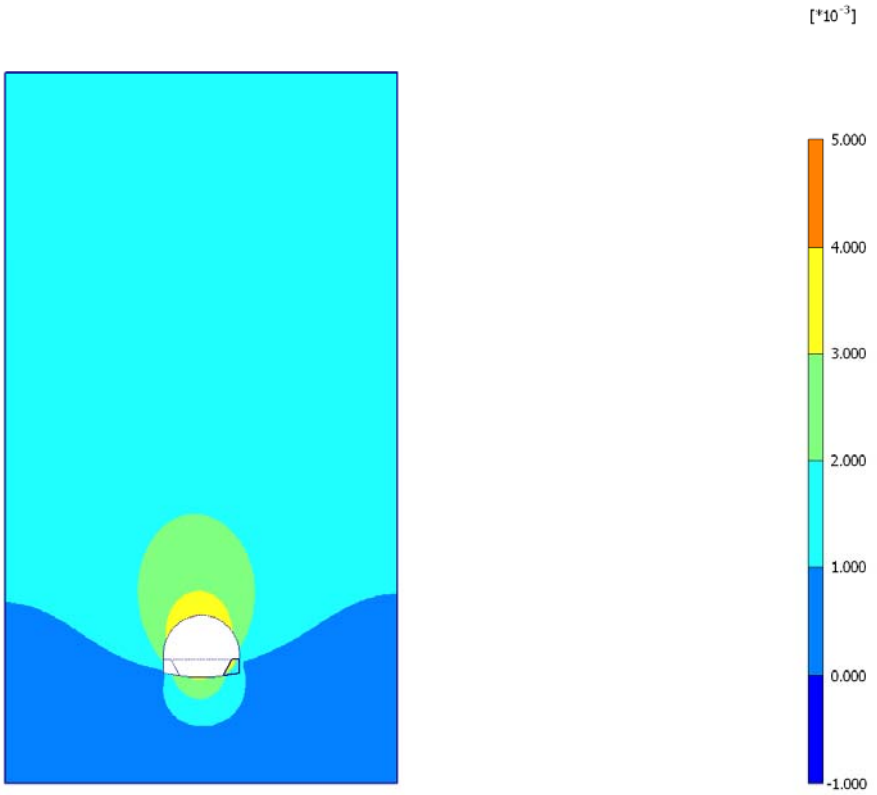


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 38 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

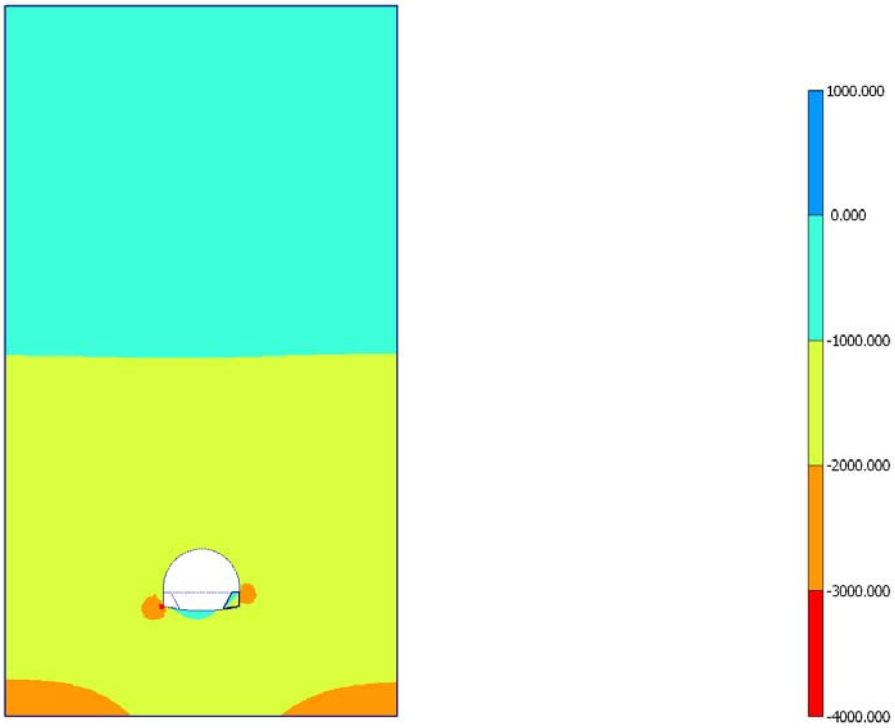


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 38 - (Phase: 4)

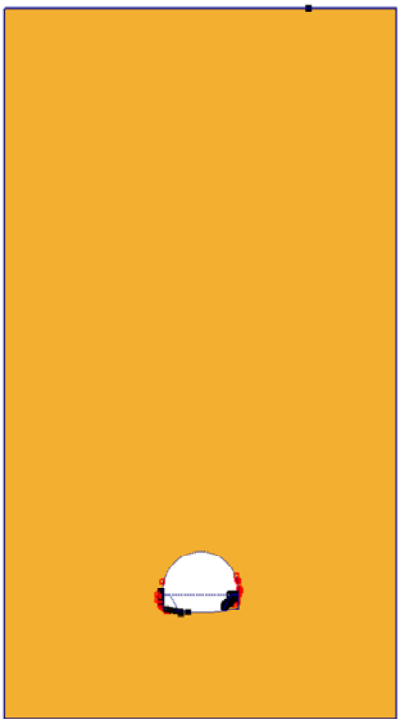


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 38 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

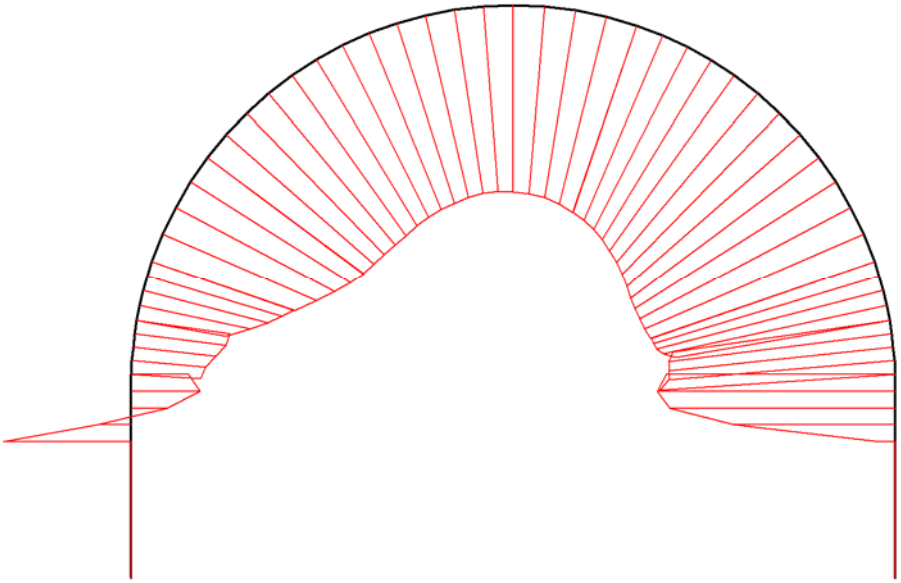


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -418,53 kN/m (Phase: 4)

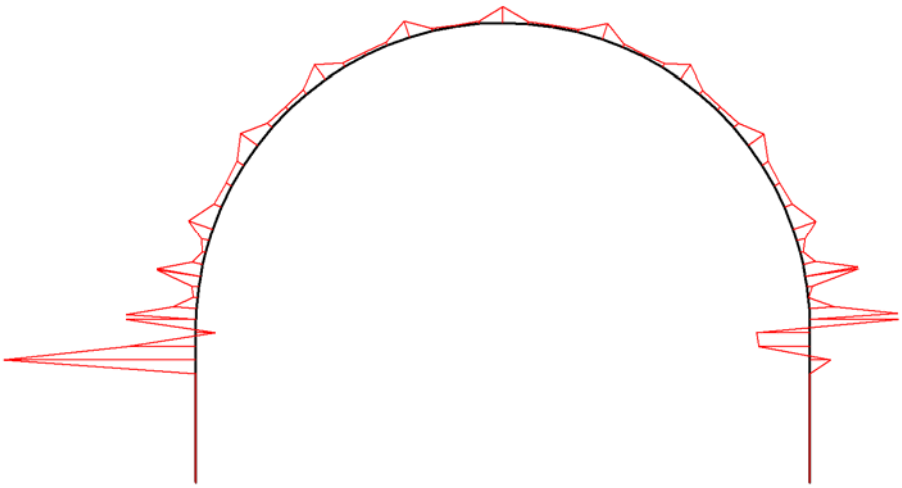


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -3,95 kNm/m (Phase: 4)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	18,058	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	13,324	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	11,915	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	11,743	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	11,911	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	11,964	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	11,702	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	11,331	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	10,989	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	11,211	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	13,370	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

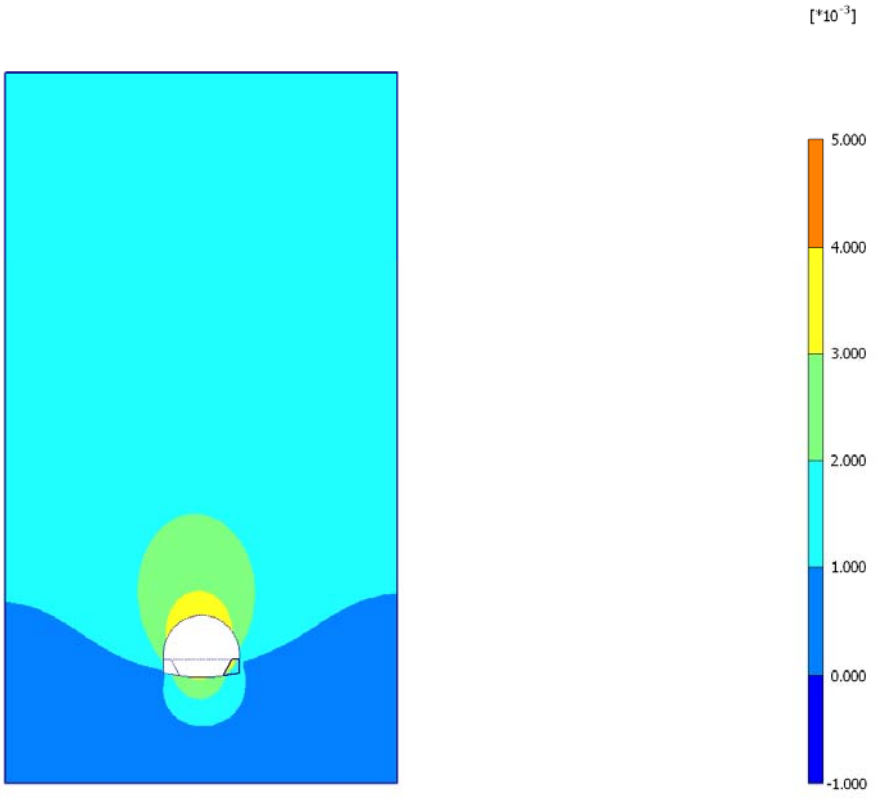


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 40 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

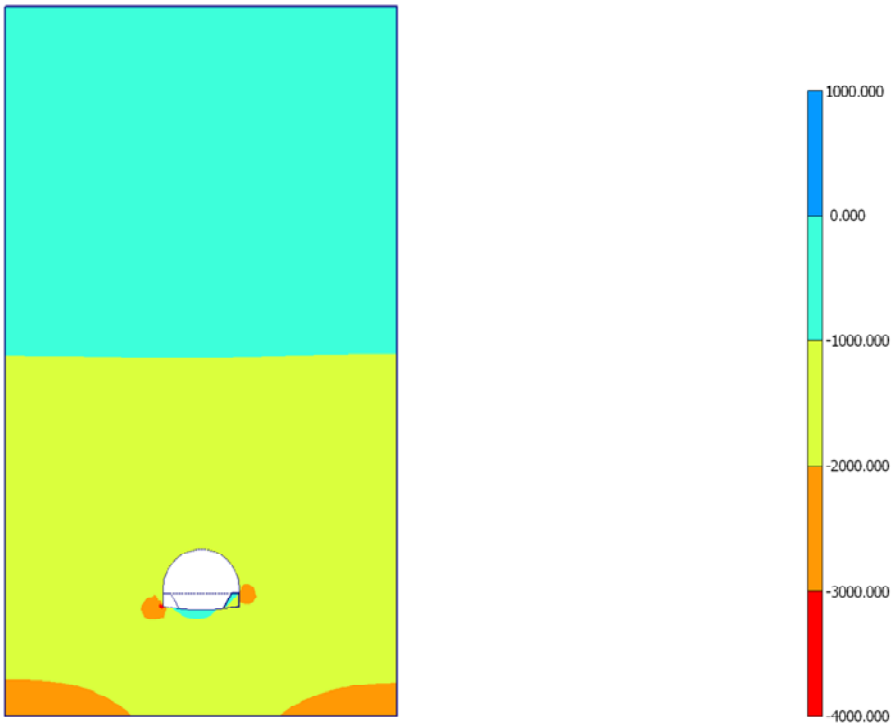


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 40 - (Phase: 5)

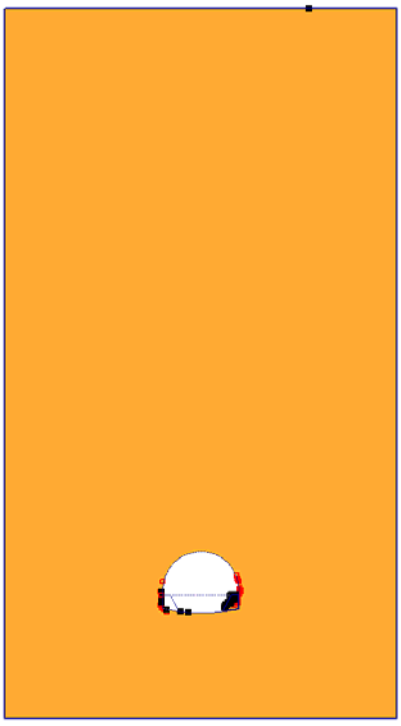


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 40 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

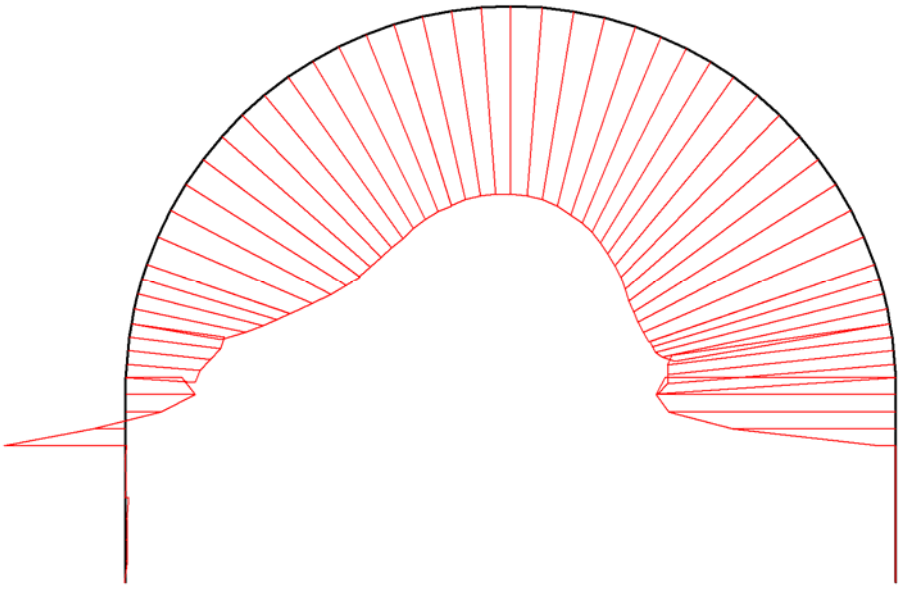


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -418,65 kN/m (Phase: 5)

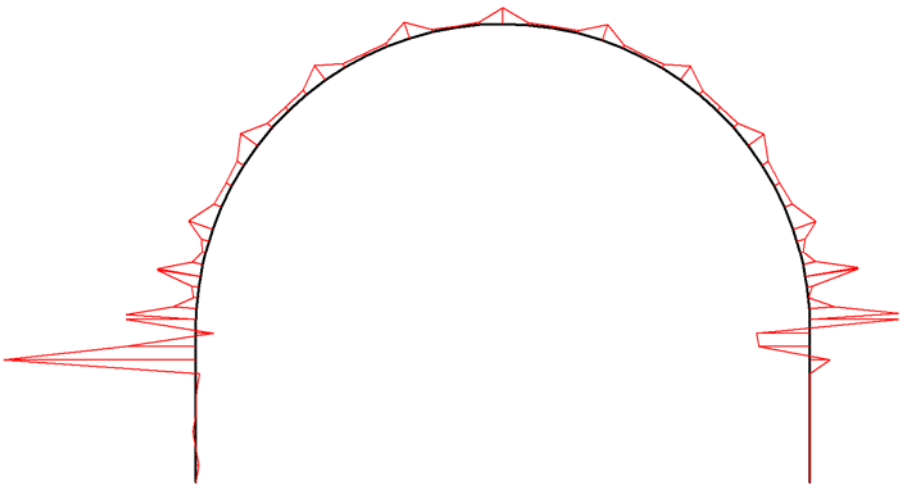


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -3,95 kNm/m (Phase: 5)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	0,056	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	18,064	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	13,334	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	11,920	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	11,745	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	11,913	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	11,964	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	11,702	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	11,332	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	10,990	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	11,212	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	13,372	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

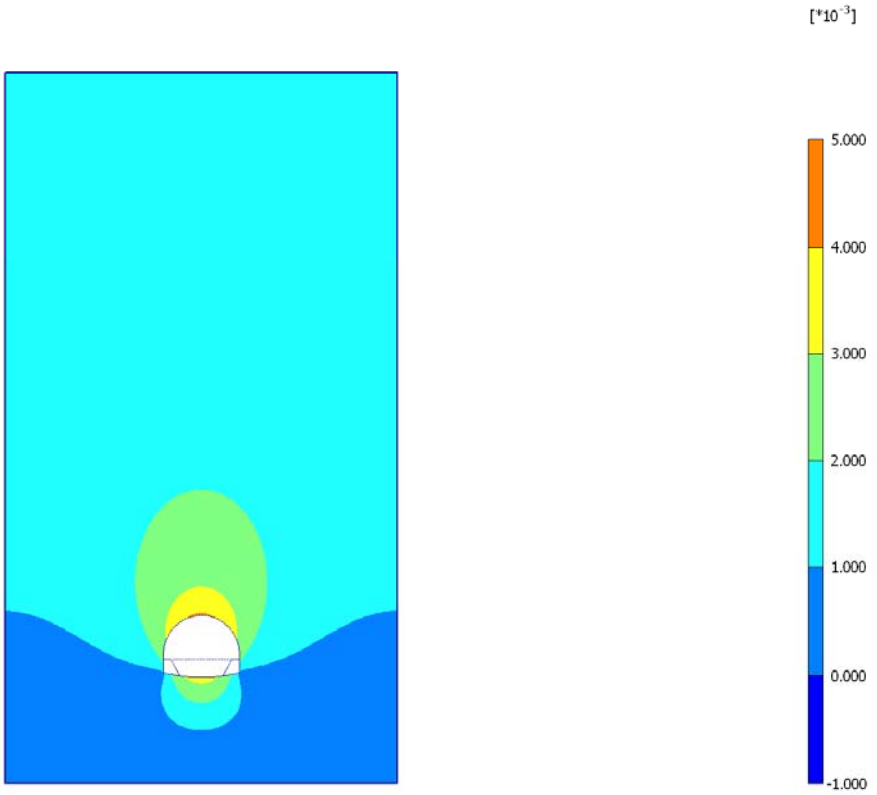


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 43 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

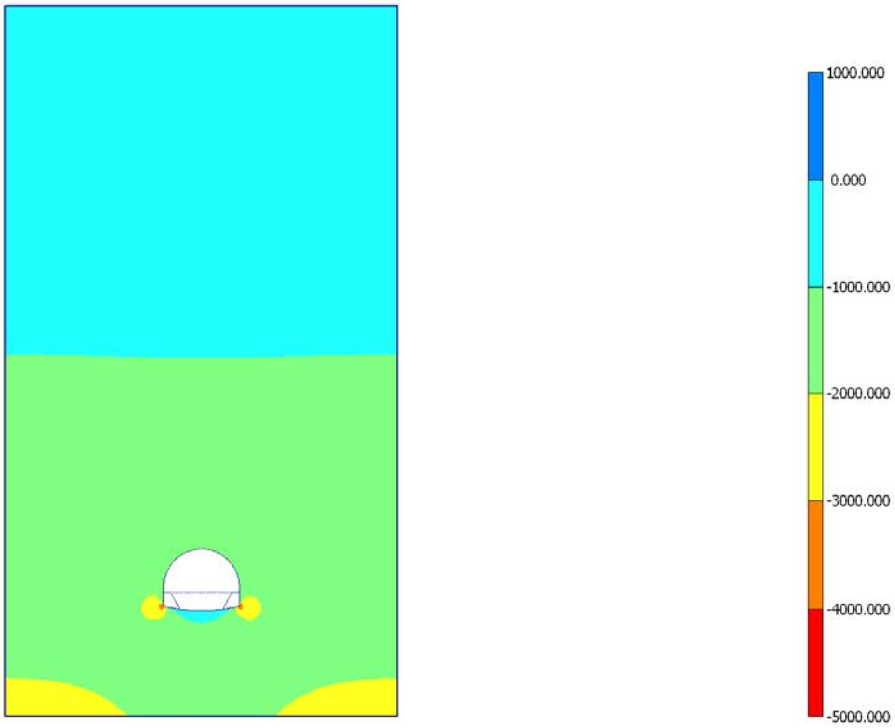


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 43 - (Phase: 6)

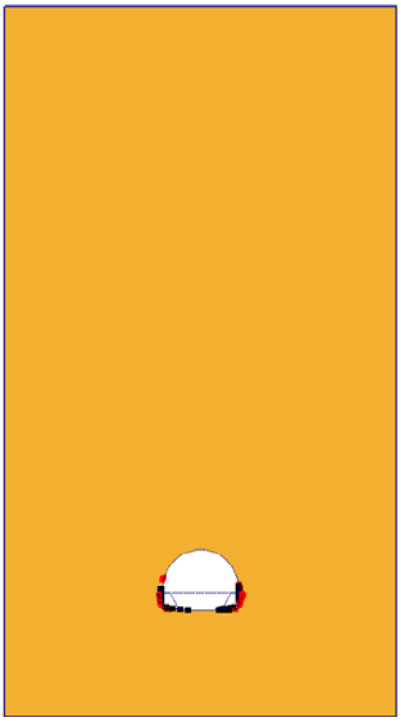


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 43 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

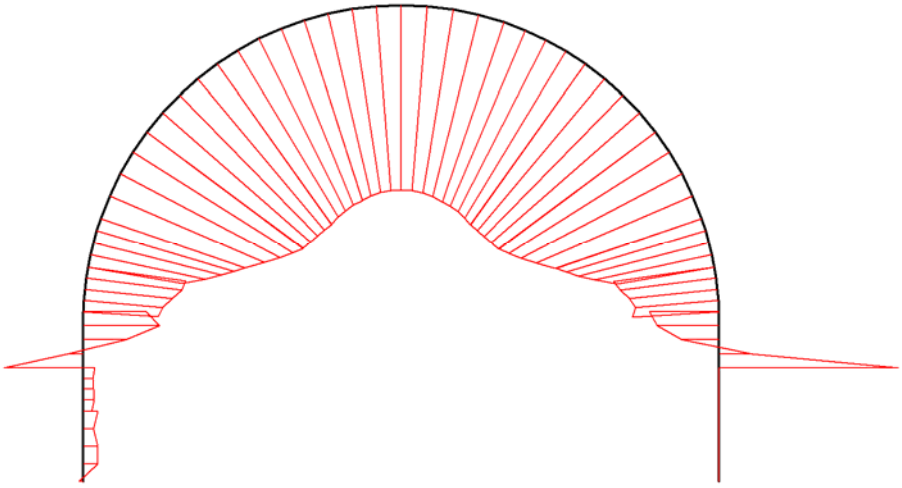


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -376,95 kN/m (Phase: 6)

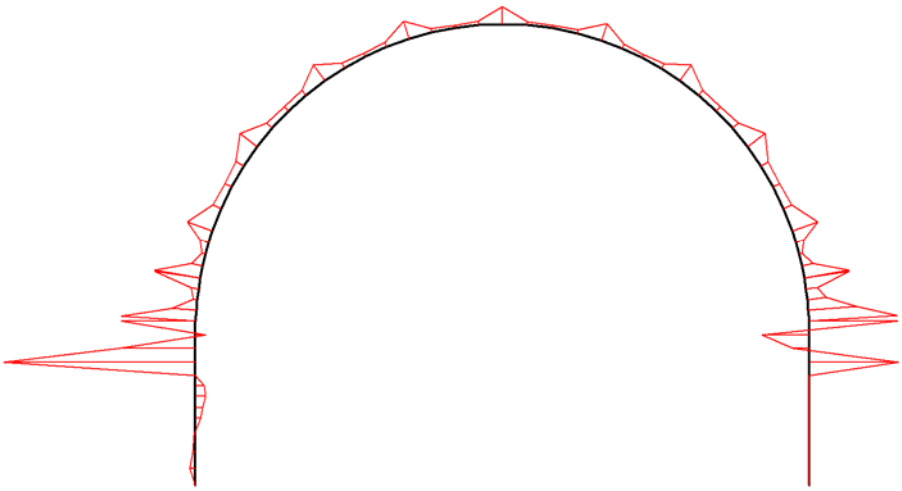


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -3,93 kNm/m (Phase: 6)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	0,728	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	18,166	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	13,406	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	11,966	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	11,789	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	11,973	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	12,071	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	11,962	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	11,779	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	11,950	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	13,384	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	18,548	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

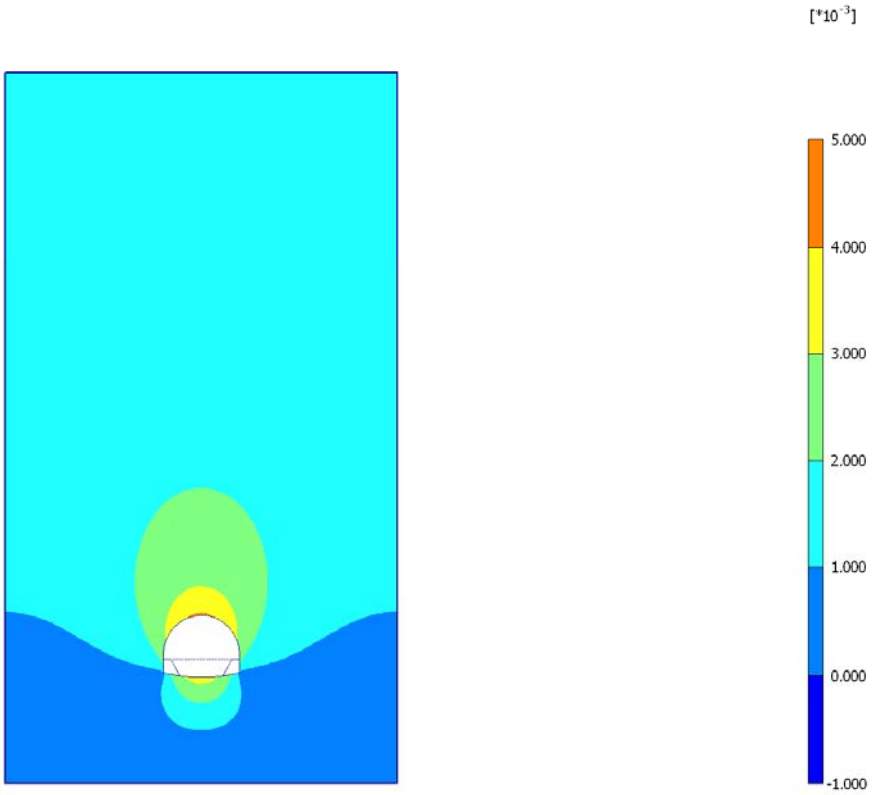


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 51 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

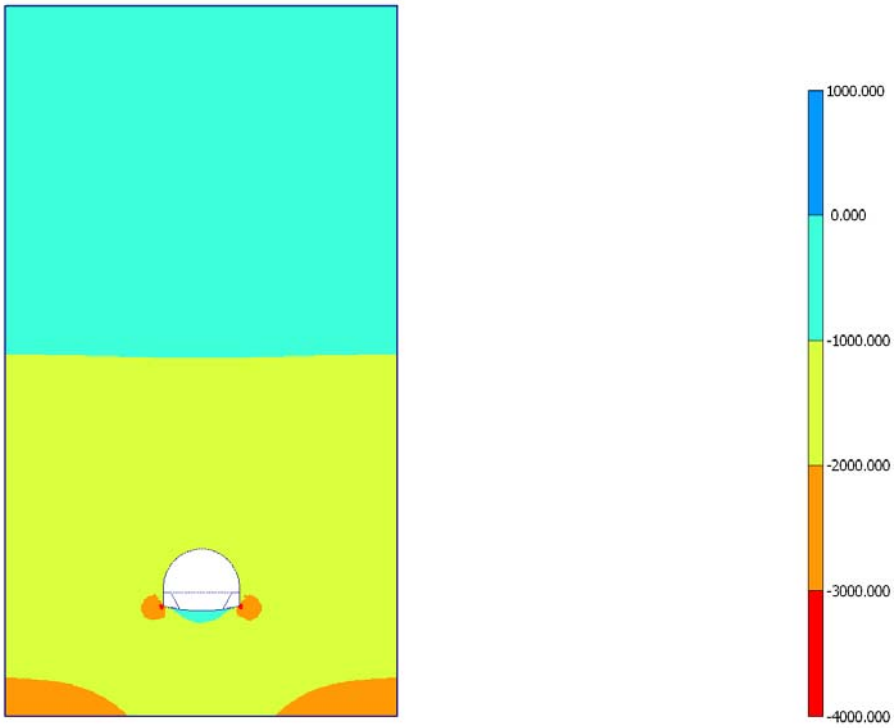


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 51 - (Phase: 7)

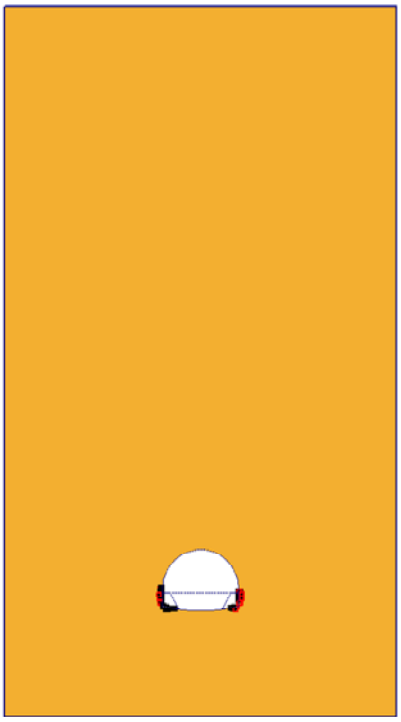


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 51 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

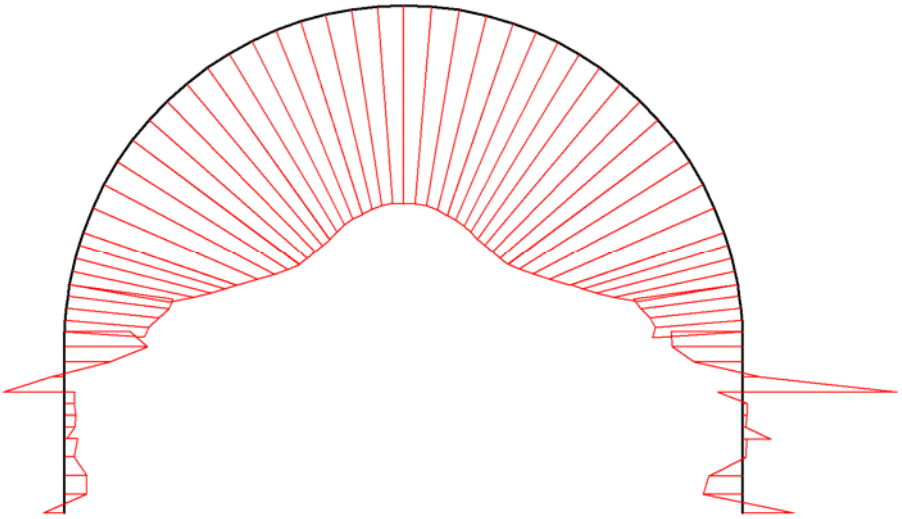


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -376,33 kN/m (Phase: 7)

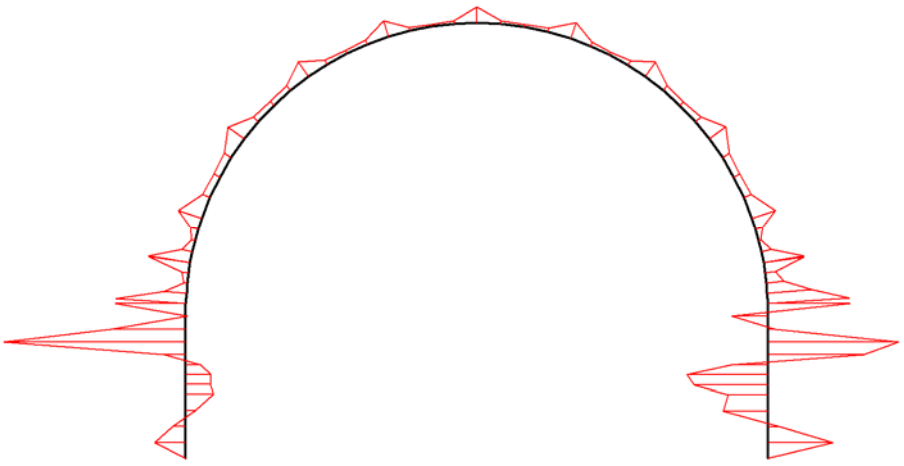


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -4,05 kNm/m (Phase: 7)

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	1377 1137	-8,617 -4,799	0,789 1,992	1,925	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
2	1759 1487	-8,800 -4,799	3,382 3,492	18,193	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
3	2249 1995	-8,350 -4,536	6,112 4,911	13,432	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
4	2801 2487	-7,090 -3,837	8,552 6,226	11,981	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
5	3451 2675	-5,150 -2,777	10,482 7,257	11,798	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
6	3555 3001	-2,710 -1,460	11,712 7,914	11,980	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,998
7	4103 3403	0,000 0,000	12,142 8,142	12,078	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
8	4263 3835	2,710 1,551	11,712 7,884	11,975	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
9	4641 3845	5,150 2,777	10,482 7,257	11,799	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
10	4295 3797	7,090 3,837	8,552 6,226	11,987	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
11	3929 3577	8,350 4,536	6,112 4,911	13,452	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
12	3641 2733	8,800 4,799	3,382 3,492	18,596	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,002
13	3477 2707	8,617 4,799	0,789 1,982	3,904	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-IV, CS-5 Areniscas

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	77,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

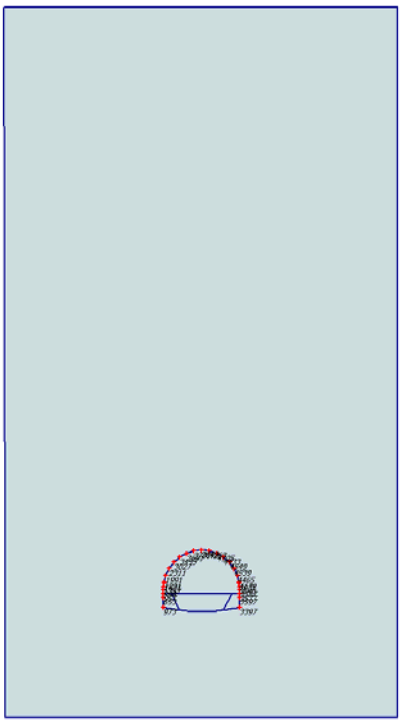


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

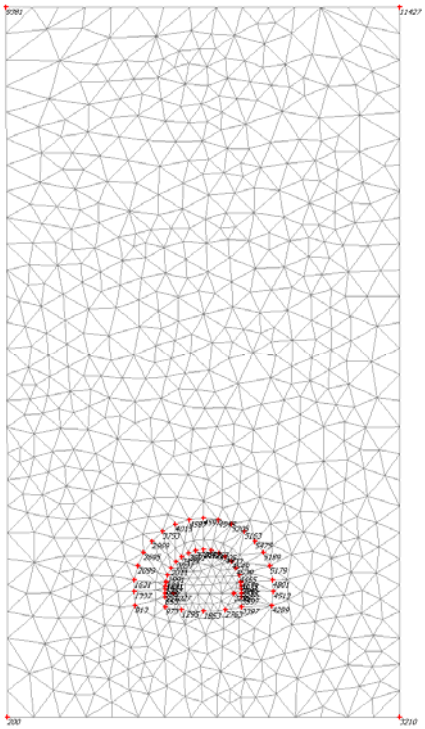


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

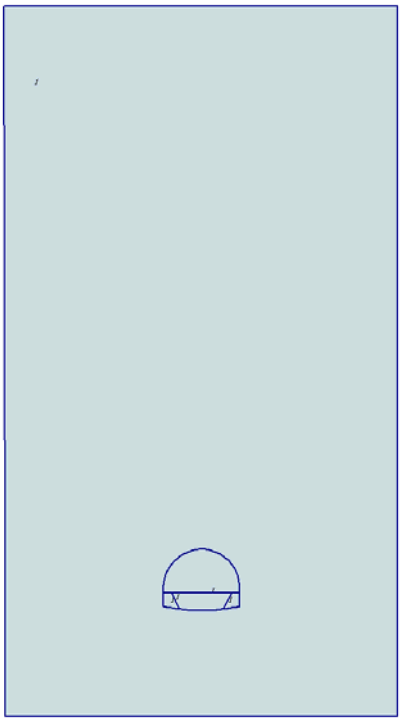


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

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]	800000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	307692,308
E_{oed}	[kN/m²]	1076923,077
c_{ref}	[kN/m²]	230,00
φ	[°]	41,15
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	15
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	16	24
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	25	28
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	29	35
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	36	37

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

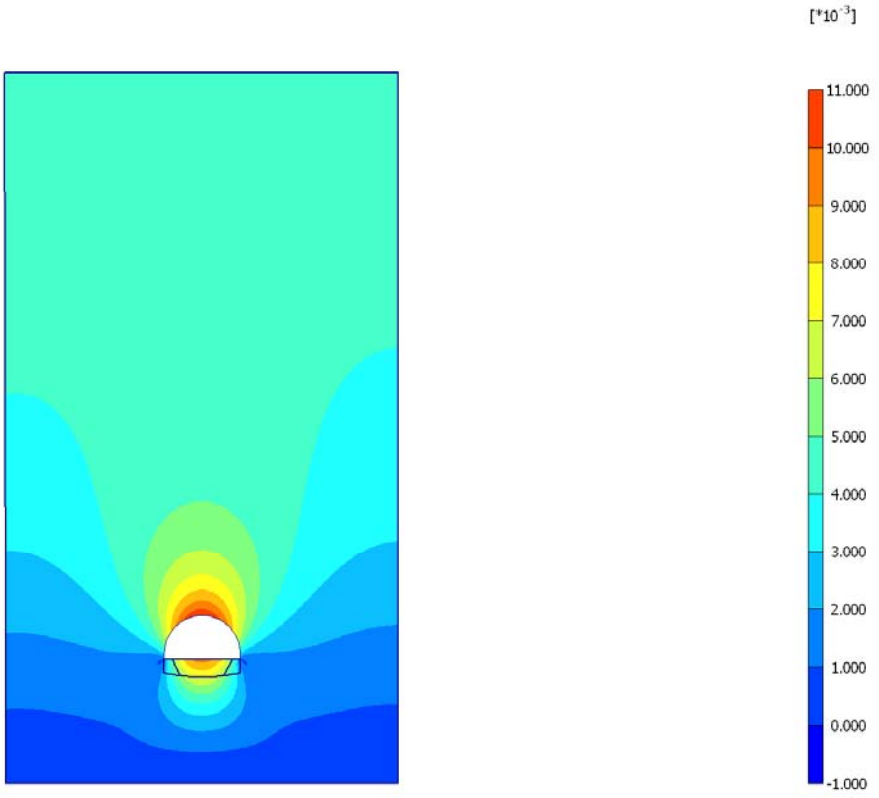


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

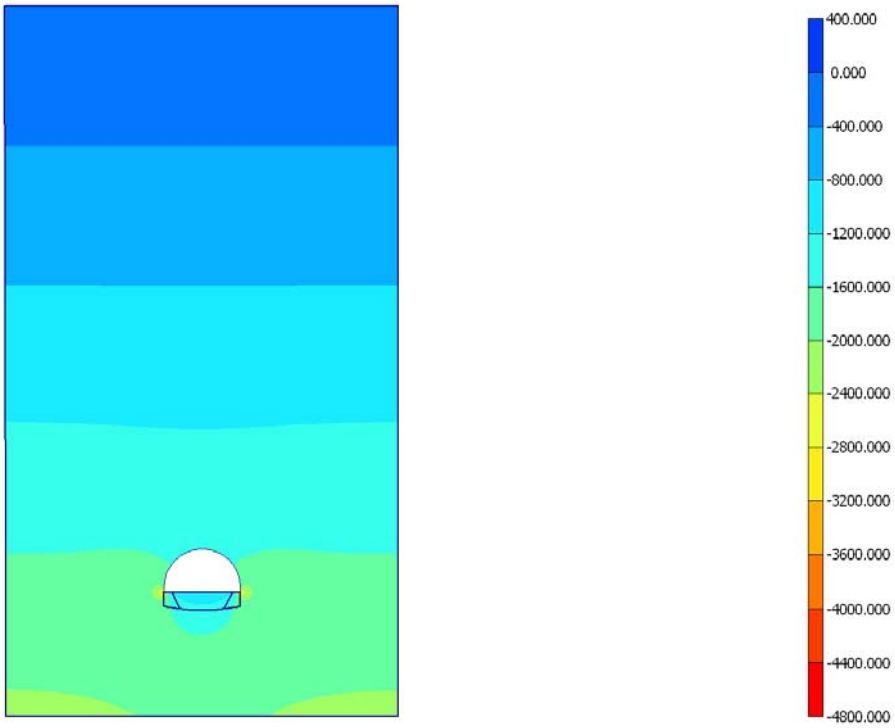


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

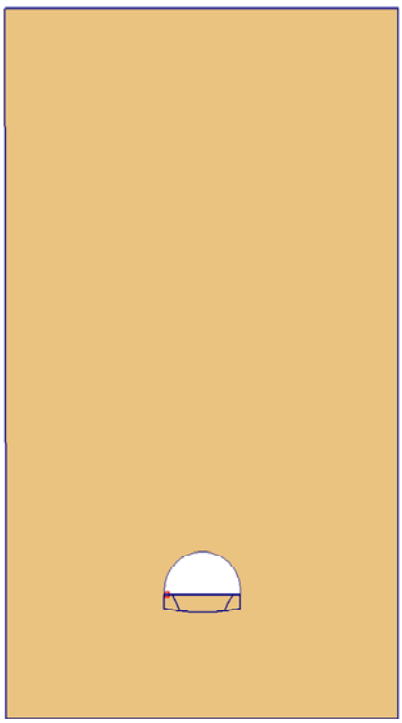


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

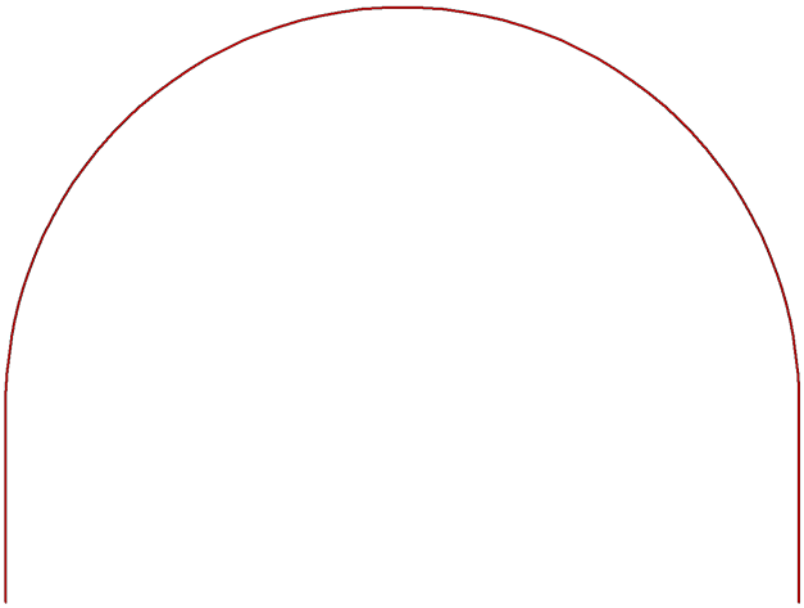


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

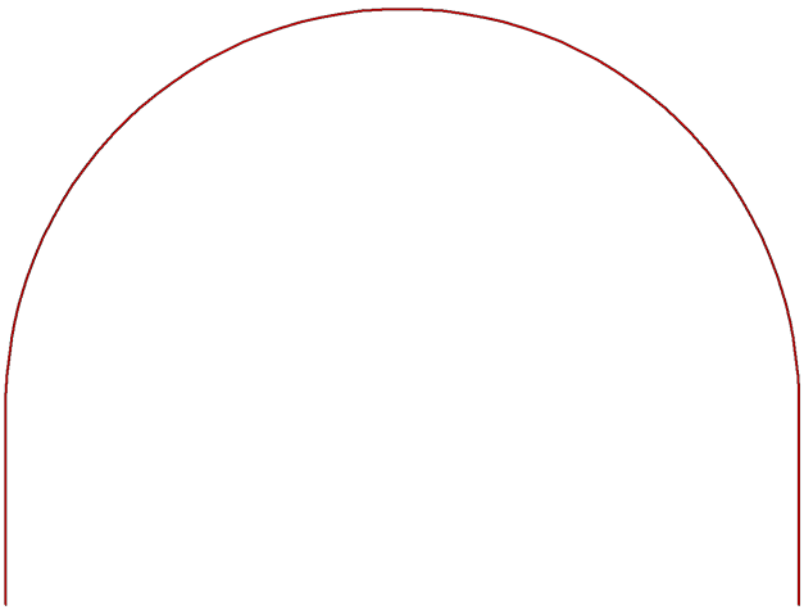


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4015 3691	-3,560 -1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

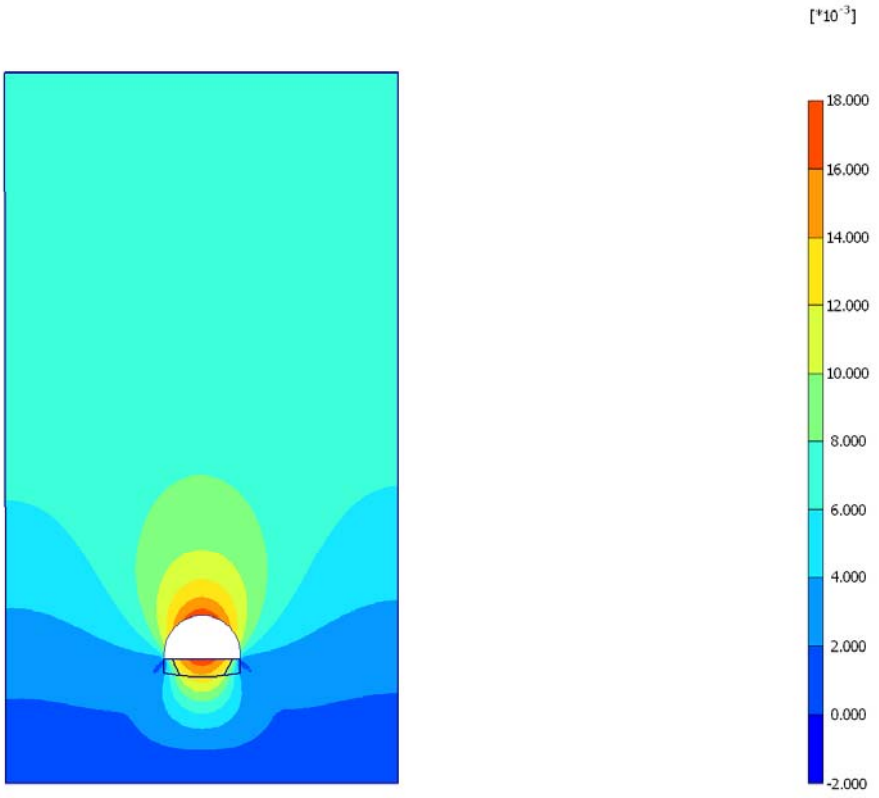


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

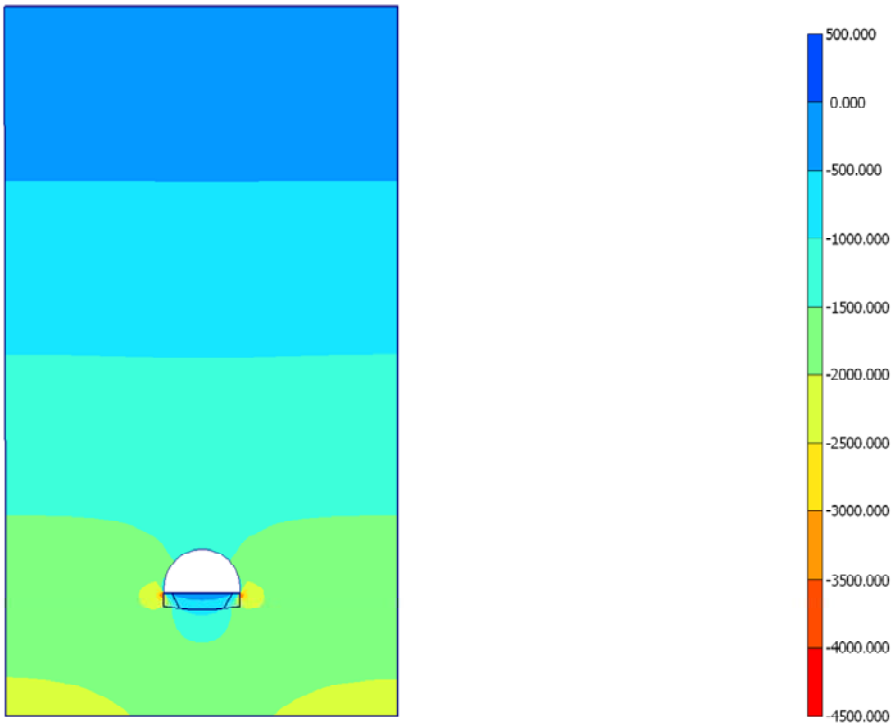


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 8 - (Phase: 2)

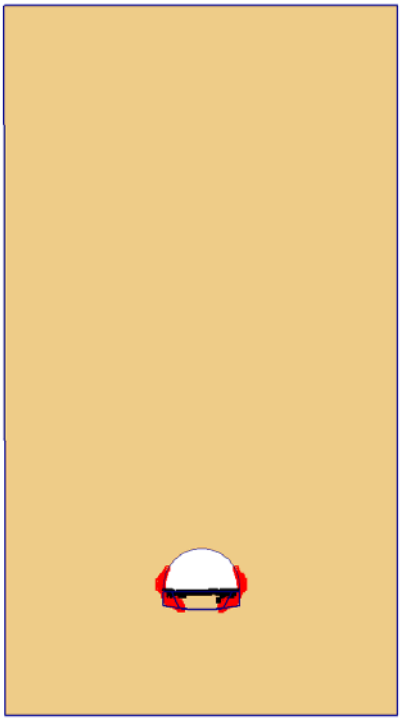


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 8 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

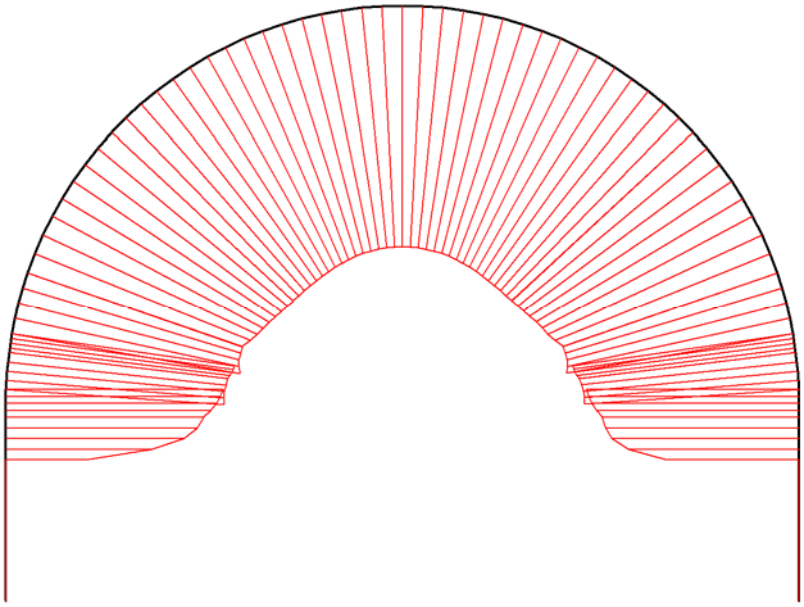


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -1,61*10^3 kN/m (Phase: 2)

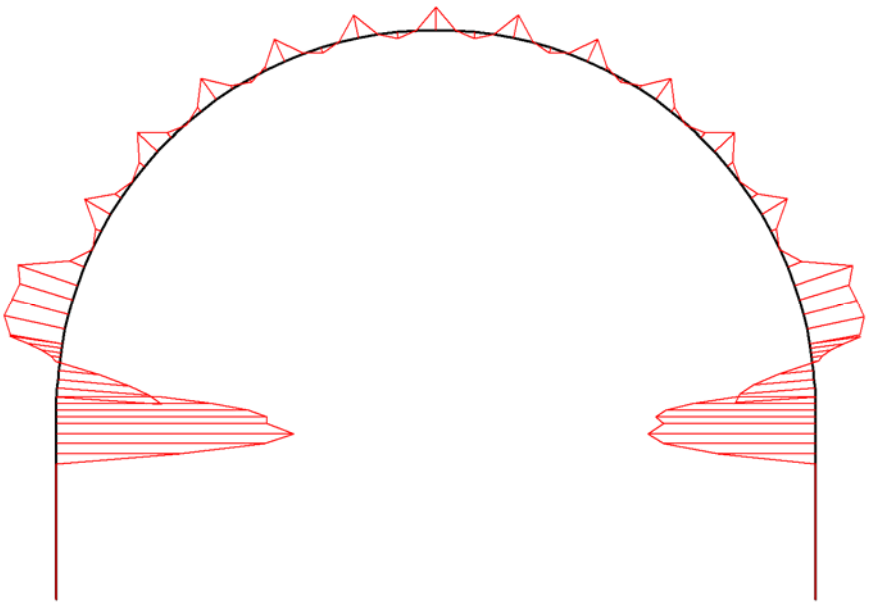


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value 31,72 kNm/m (Phase: 2)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	56,760	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	52,886	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	39,300	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	37,715	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	37,463	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	38,040	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	39,846	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	39,844	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	39,049	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	38,120	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	37,544	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	39,383	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	37,823	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	52,199	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	56,901	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4015 3691	-3,560 -1,917	11,392 7,742	39,048	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	40,172	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

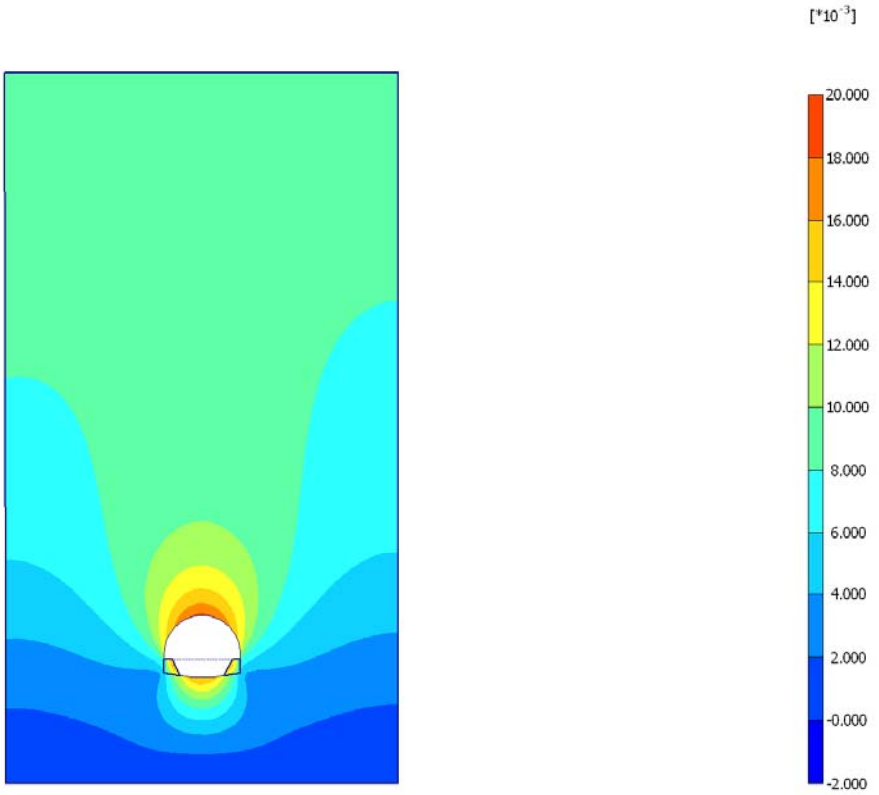


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 15 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

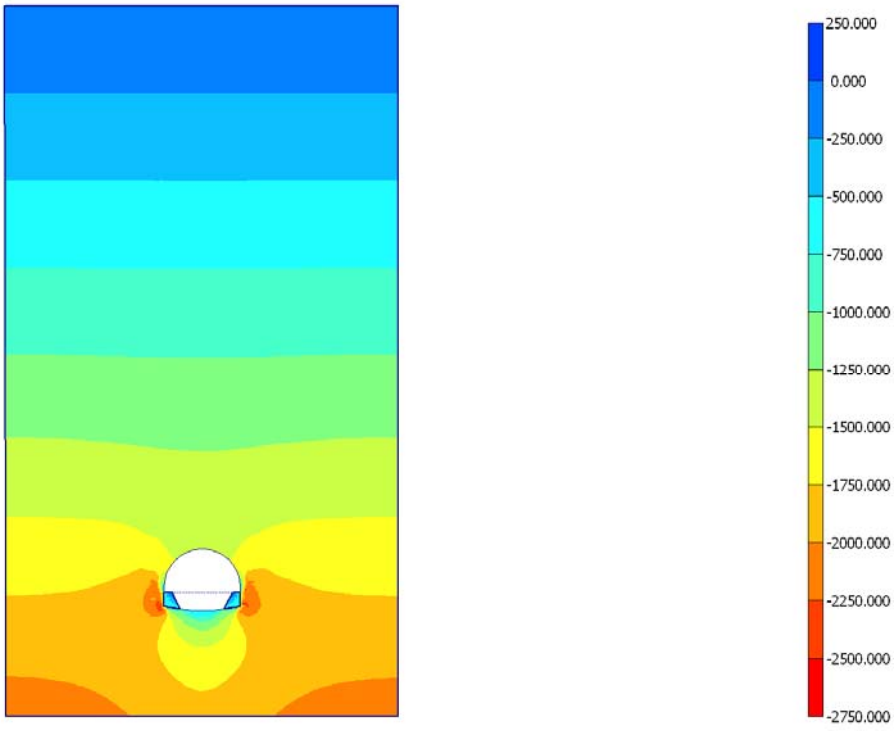


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 15 - (Phase: 3)

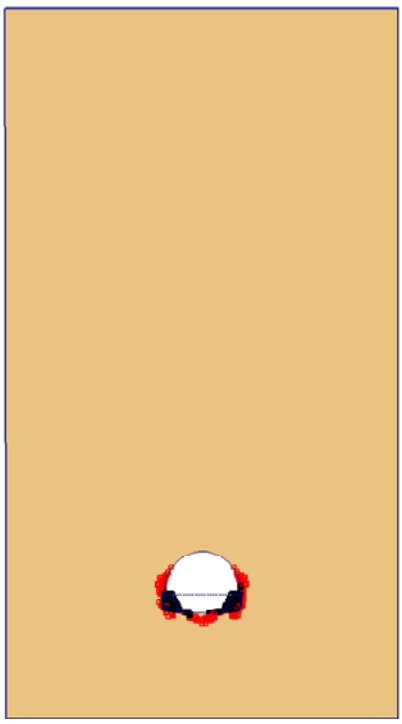


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 15 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

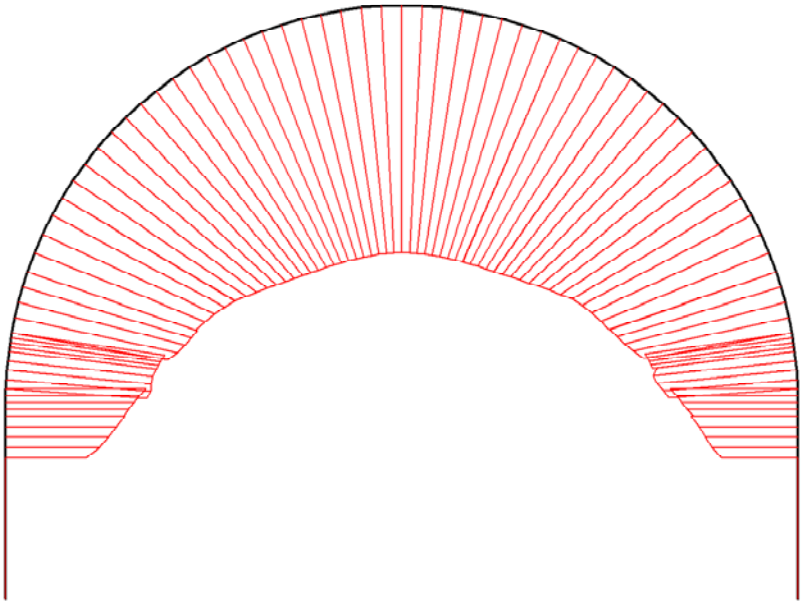


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -1,80*10^3 kN/m (Phase: 3)

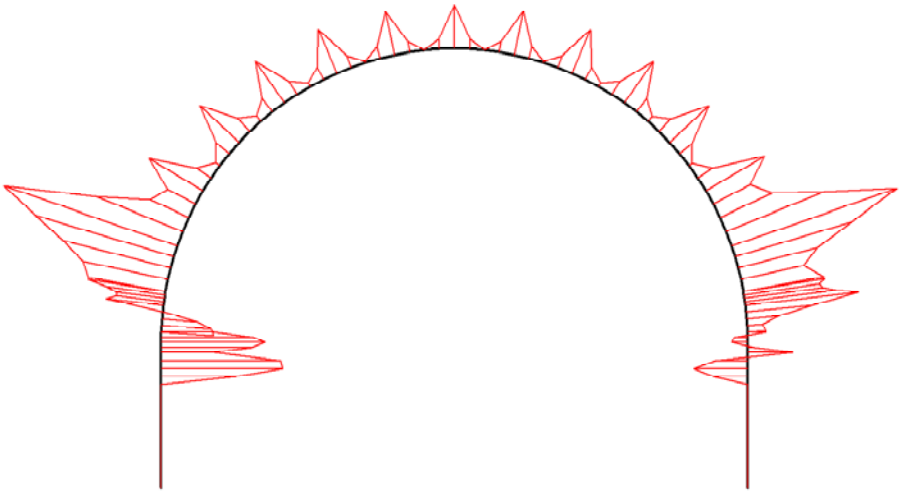


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value -16,50 kNm/m (Phase: 3)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	113,943	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	86,866	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	54,081	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	45,539	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	42,239	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	40,393	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	39,652	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	39,731	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	39,942	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	40,758	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	42,717	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	55,879	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	46,029	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	87,668	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	119,836	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4015 3691	-3,560 -1,917	11,392 7,742	39,770	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	39,707	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

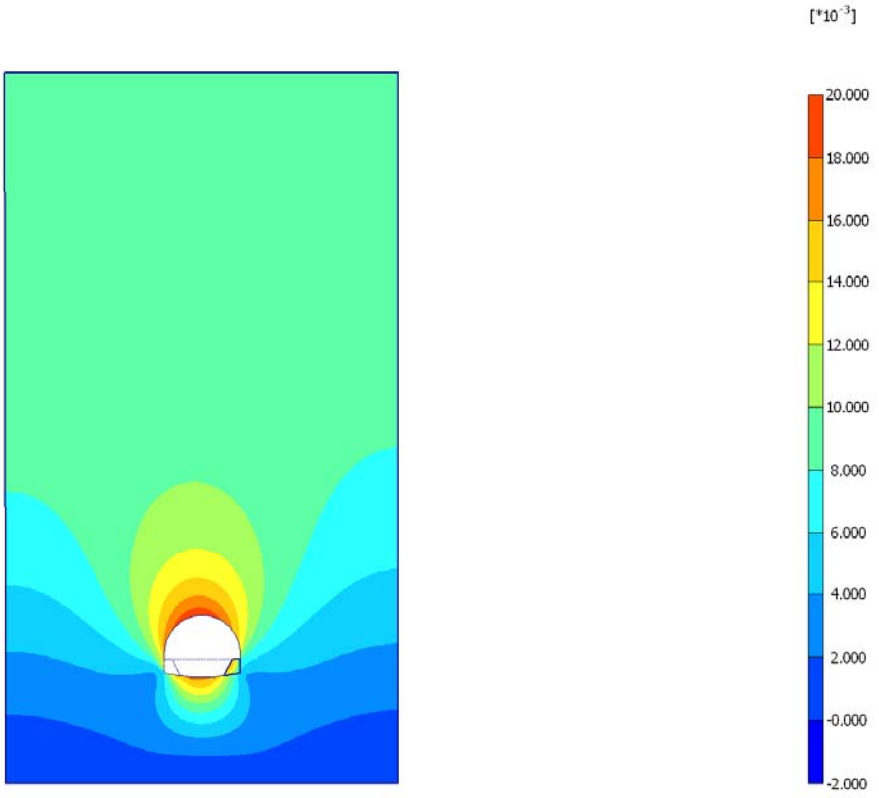


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 24 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

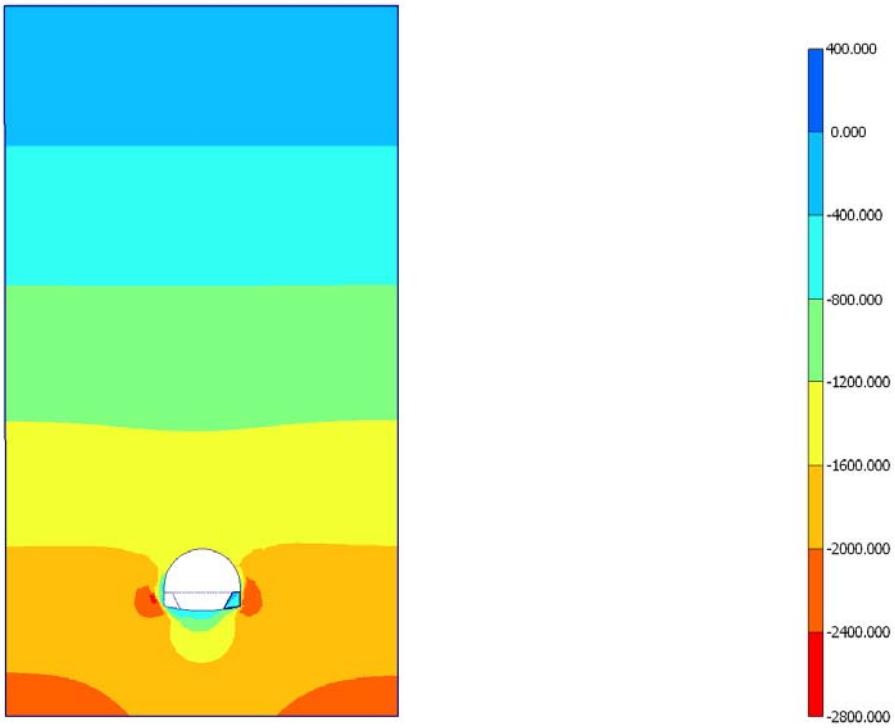


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 24 - (Phase: 4)

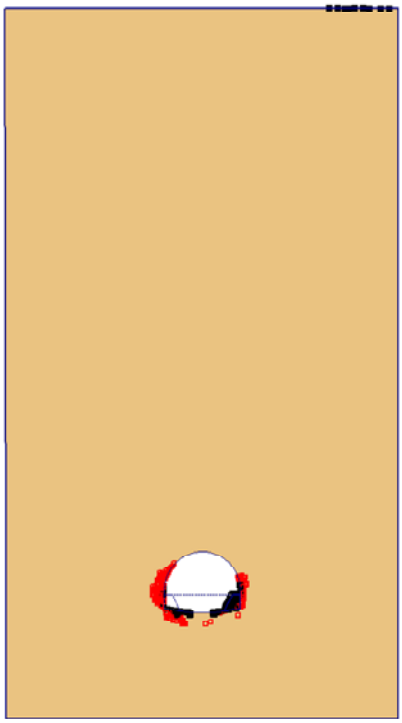


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 24 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

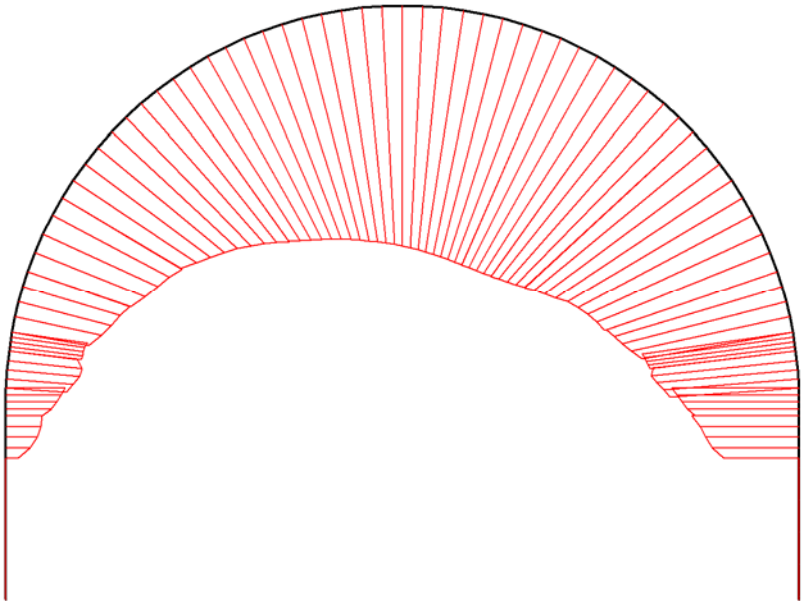


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -1,85*10^3 kN/m (Phase: 4)

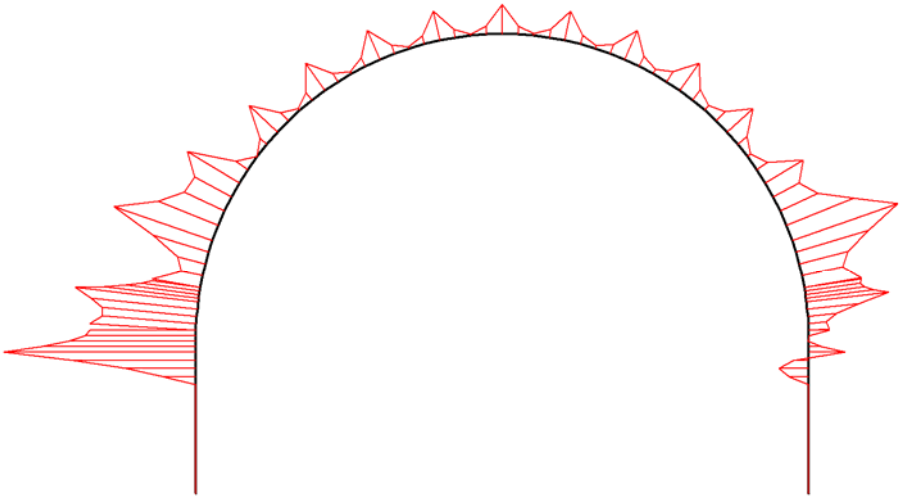


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -28,59 kNm/m (Phase: 4)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	165,359	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	114,491	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	75,075	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	57,033	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	50,826	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	46,930	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	42,876	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	41,017	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	40,711	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	41,264	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	43,184	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	57,028	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	46,545	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	90,441	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	125,356	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	4015	-3,560	11,392	44,487	184,00	184,00	103000,0	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
	3691	-1,917	7,742				0		
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	41,799	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

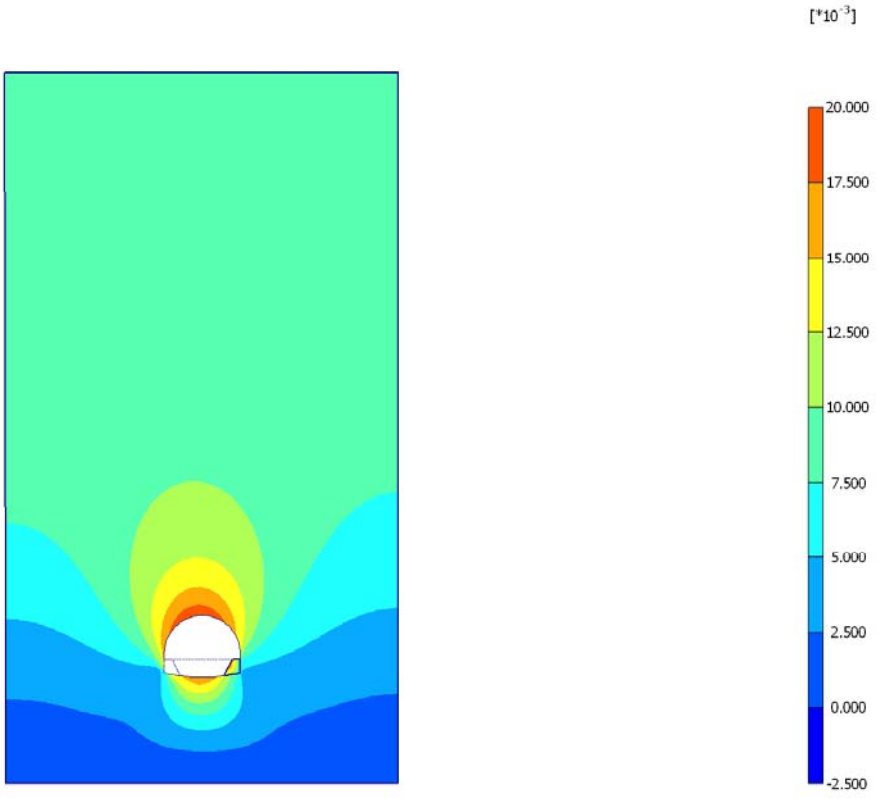


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

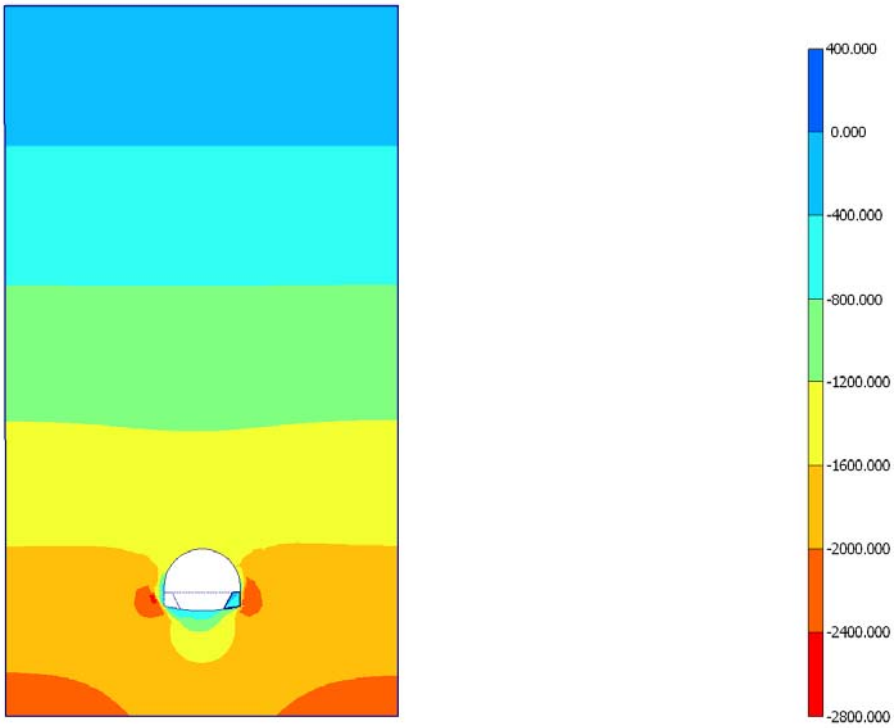


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 5)

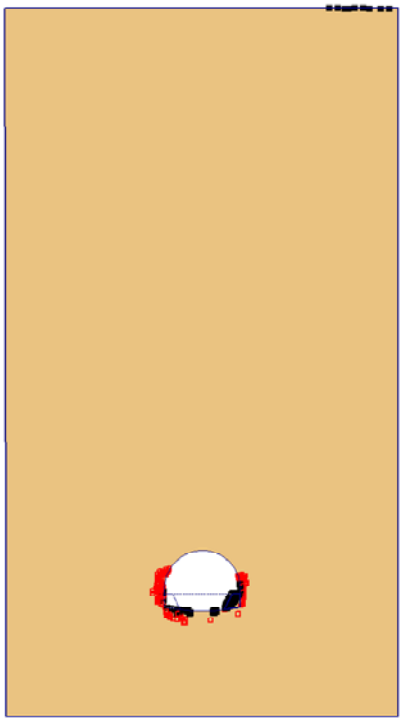


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 28 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

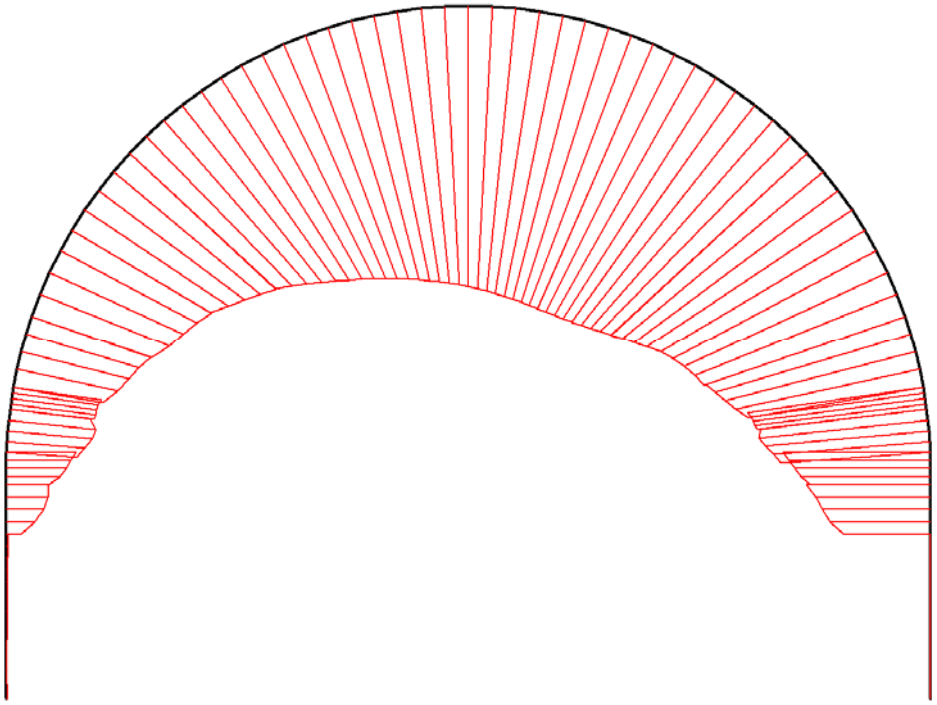


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -1,85*10^3 kN/m (Phase: 5)

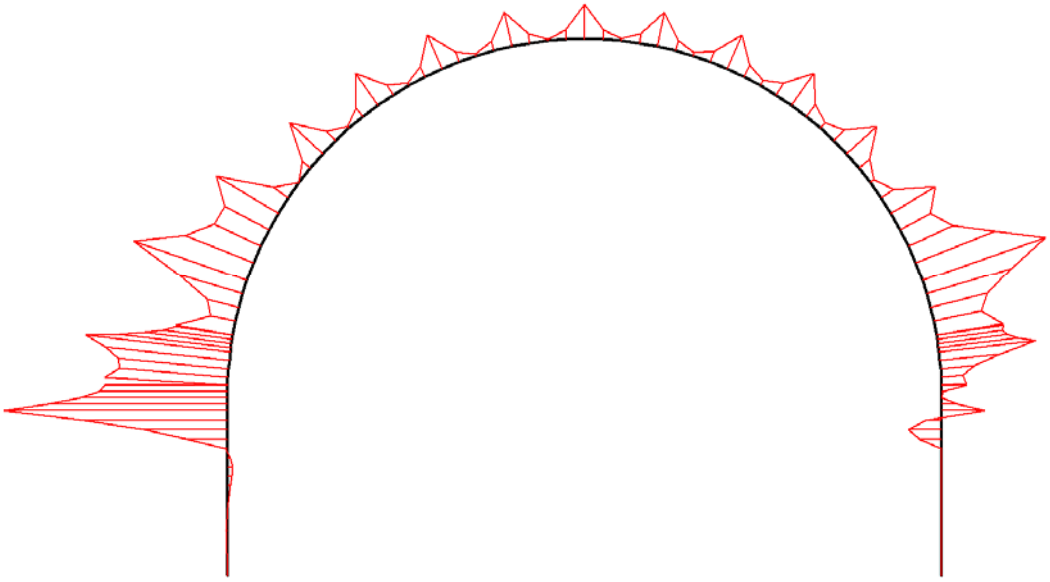


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -28,63 kNm/m (Phase: 5)

10.3.2 10.15.20. 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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,638	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	165,794	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	114,862	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	75,439	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	57,110	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	50,873	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	46,978	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	42,910	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	41,046	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	40,744	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	41,305	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	43,238	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	57,146	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	46,604	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	90,657	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	125,744	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4015 3691	-3,560 -1,917	11,392 7,742	44,528	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	41,829	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

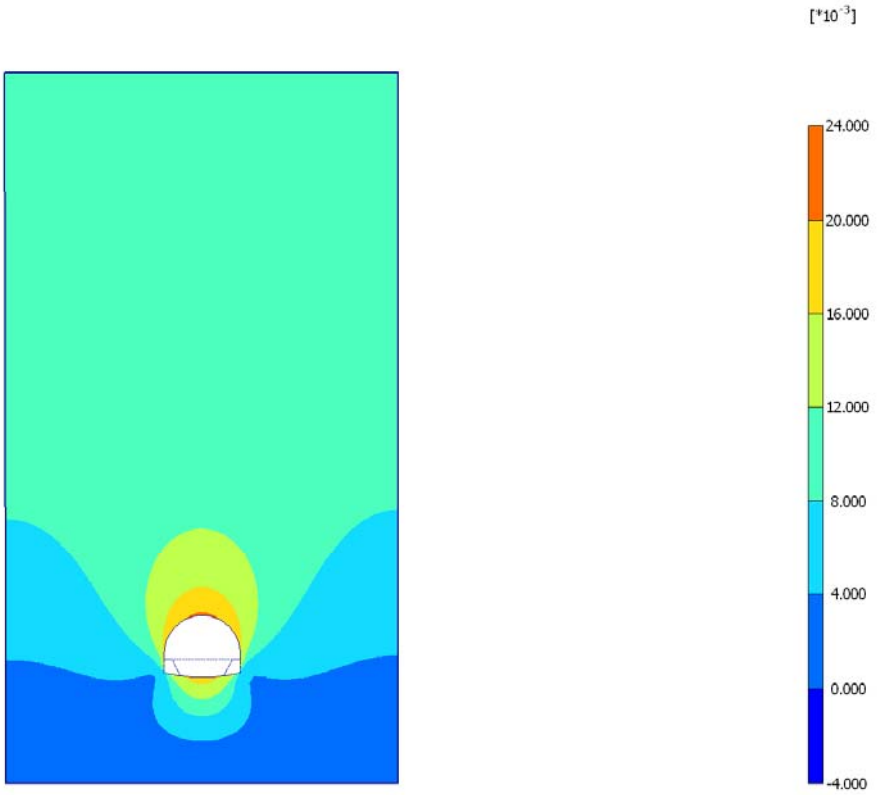


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 35 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

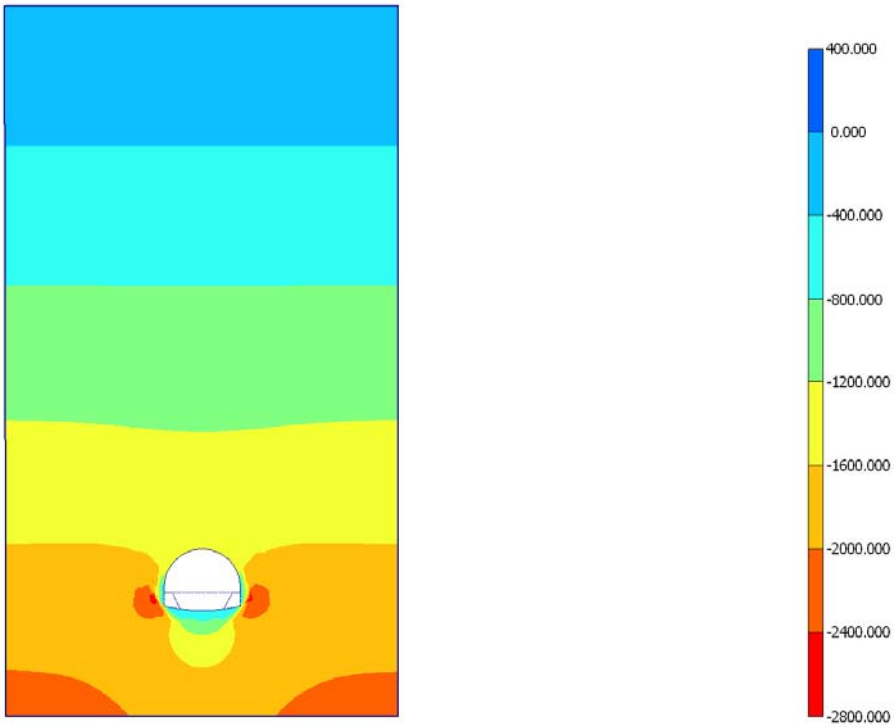


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 35 - (Phase: 6)

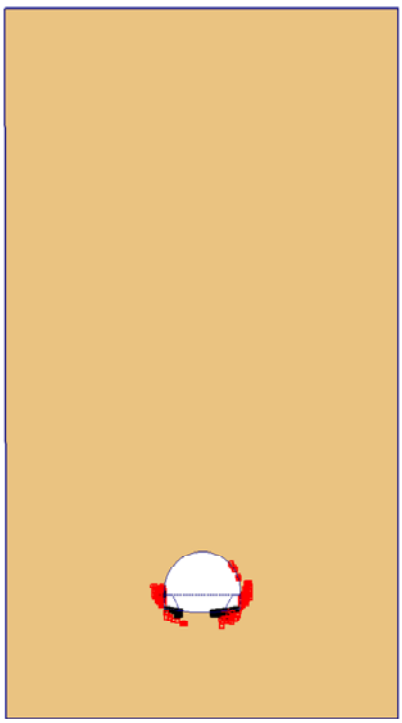


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 35 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

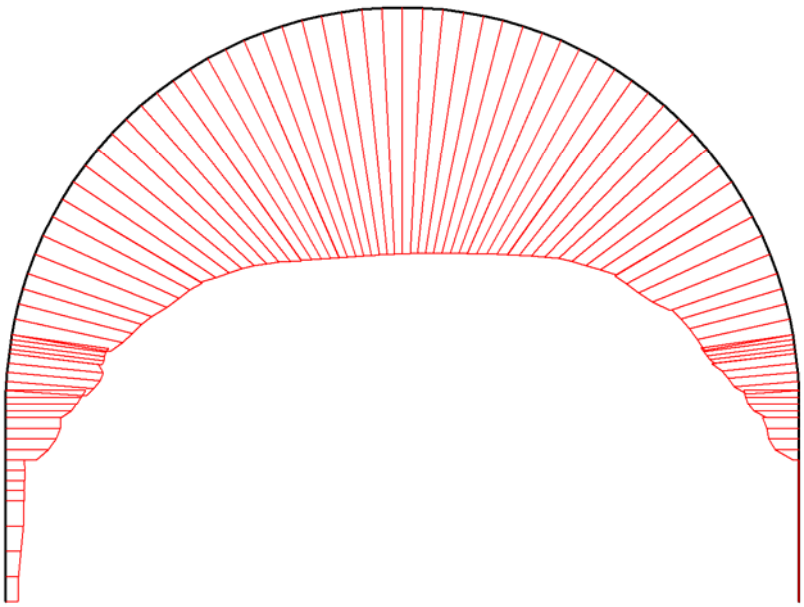


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -1,80*10^3 kN/m (Phase: 6)

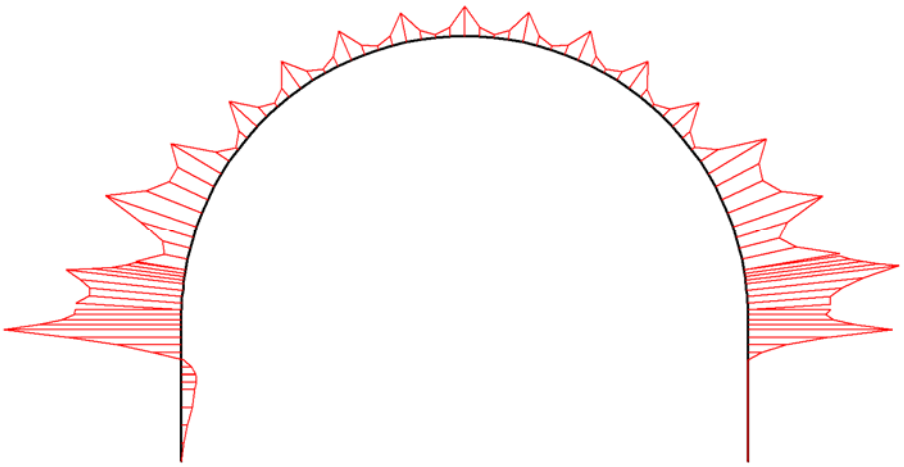


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -28,92 kNm/m (Phase: 6)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	2,868	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	166,676	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	114,389	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	74,664	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	56,377	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	50,303	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	46,720	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	43,825	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	44,148	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	45,437	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	47,918	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	51,824	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	78,638	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	58,073	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	122,632	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	183,504	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4015 3691	-3,560 -1,917	11,392 7,742	44,753	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	43,686	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

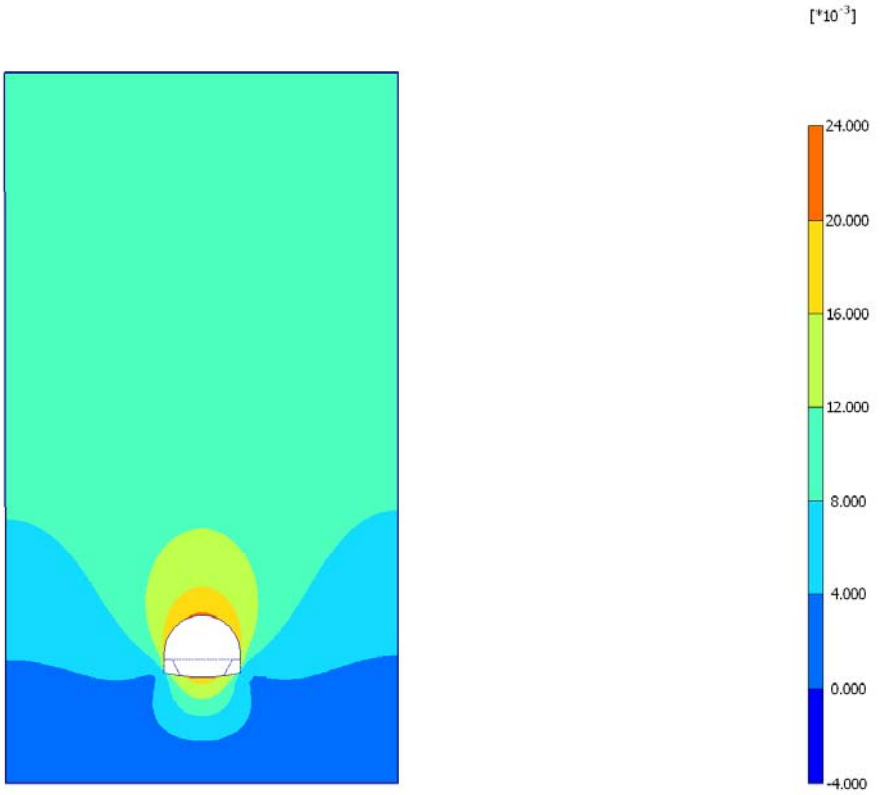


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 37 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

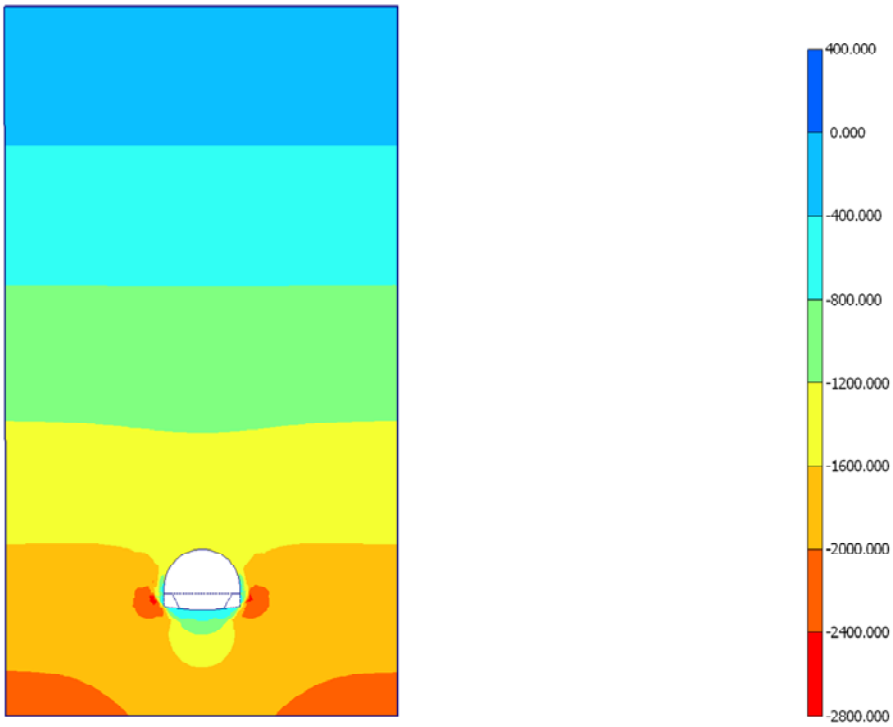


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 37 - (Phase: 7)

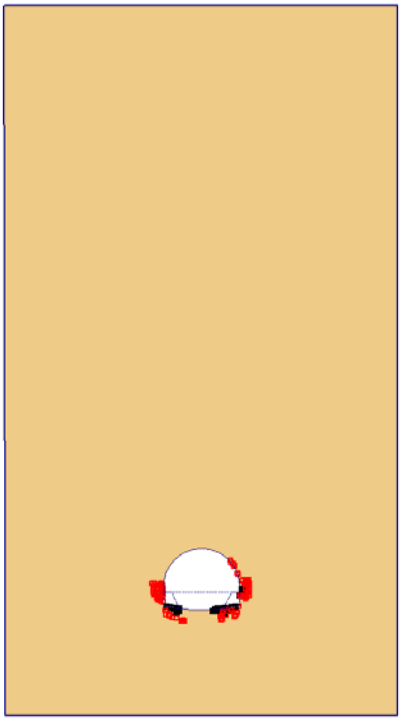


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 37 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

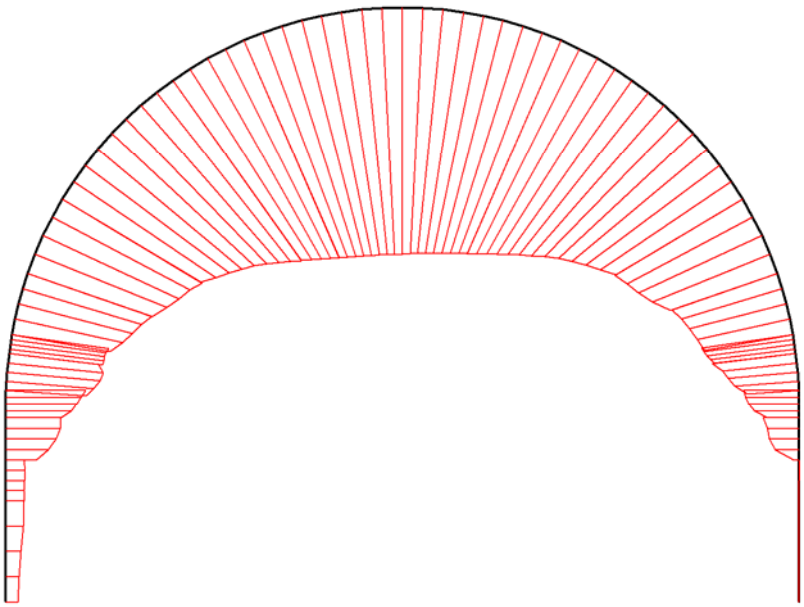


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -1,80*10^3 kN/m (Phase: 7)

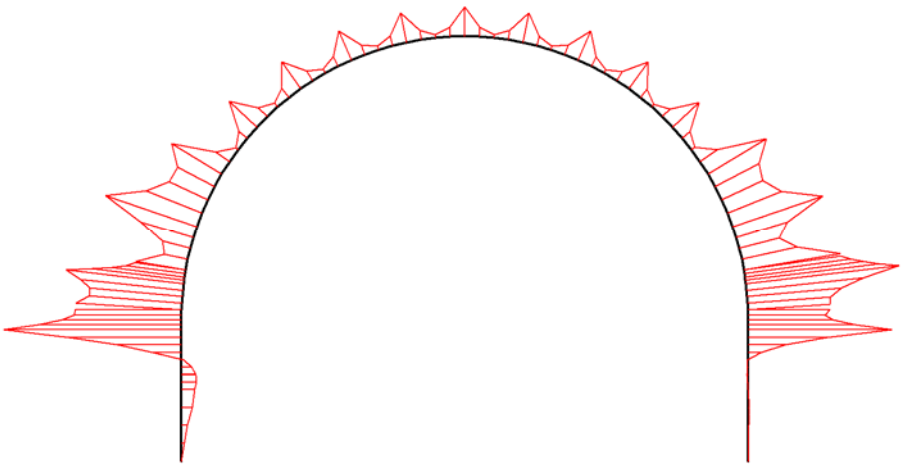


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -28,92 kNm/m (Phase: 7)

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	813 653	-8,654 -4,799	1,089 2,155	2,872	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1337 999	-8,800 -4,799	2,882 3,155	166,681	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1631 1431	-8,740 -4,758	4,322 3,939	114,389	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2099 1991	-8,350 -4,536	6,112 4,911	74,662	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2695 2311	-7,600 -4,116	7,782 5,811	56,375	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2969 3027	-6,510 -3,519	9,262 6,606	50,302	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3753 3455	-5,150 -2,777	10,482 7,257	46,720	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4587 3701	-1,820 -0,980	11,952 8,041	43,829	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4945 4263	1,820 0,980	11,952 8,041	44,159	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	5205 4305	3,560 1,917	11,392 7,742	45,453	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	5163 4433	5,150 2,777	10,482 7,257	47,937	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5475 4549	6,510 3,519	9,262 6,606	51,851	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	4465 5179	4,536 8,350	4,911 6,112	78,677	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	5189 4539	7,600 4,116	7,782 5,811	58,099	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3931 4801	4,758 8,740	3,939 4,322	122,764	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4513 3587	8,800 4,799	2,882 3,155	183,705	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	4289 3597	8,654 4,799	1,089 2,155	0,061	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	4015 3691	-3,560 -1,917	11,392 7,742	44,755	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4597 3899	0,000 0,000	12,142 8,142	43,694	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

REPORT

06/17/2013

User: EPTISA

Title: ST-V, CS-5 Areniscas

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	77,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

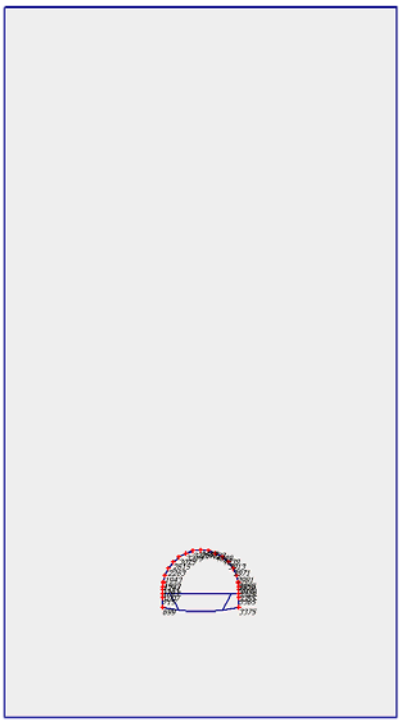


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

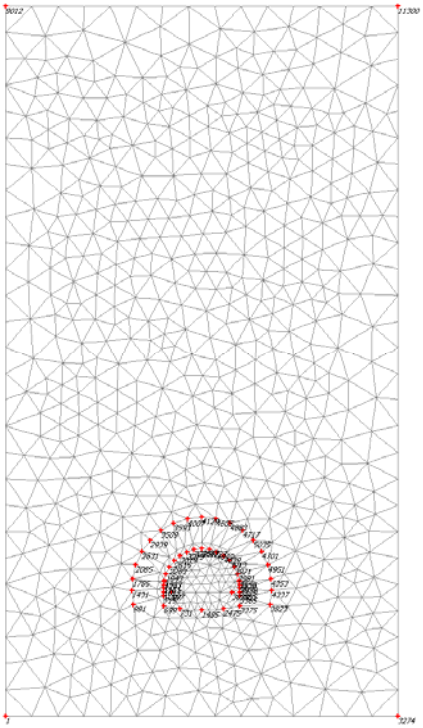


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

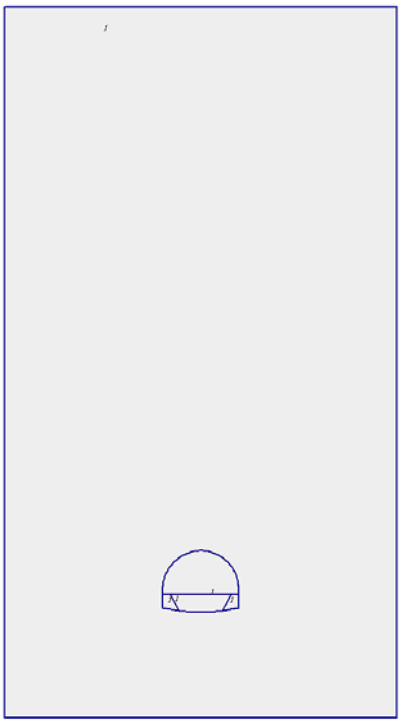


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

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]	530000,000
ν	[-]	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	203846,154
E_{oed}	[kN/m²]	713461,538
c_{ref}	[kN/m²]	148,00
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	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	27
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	28	66
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	67	81
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	82	83
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	84	94
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	95	96

6. 6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

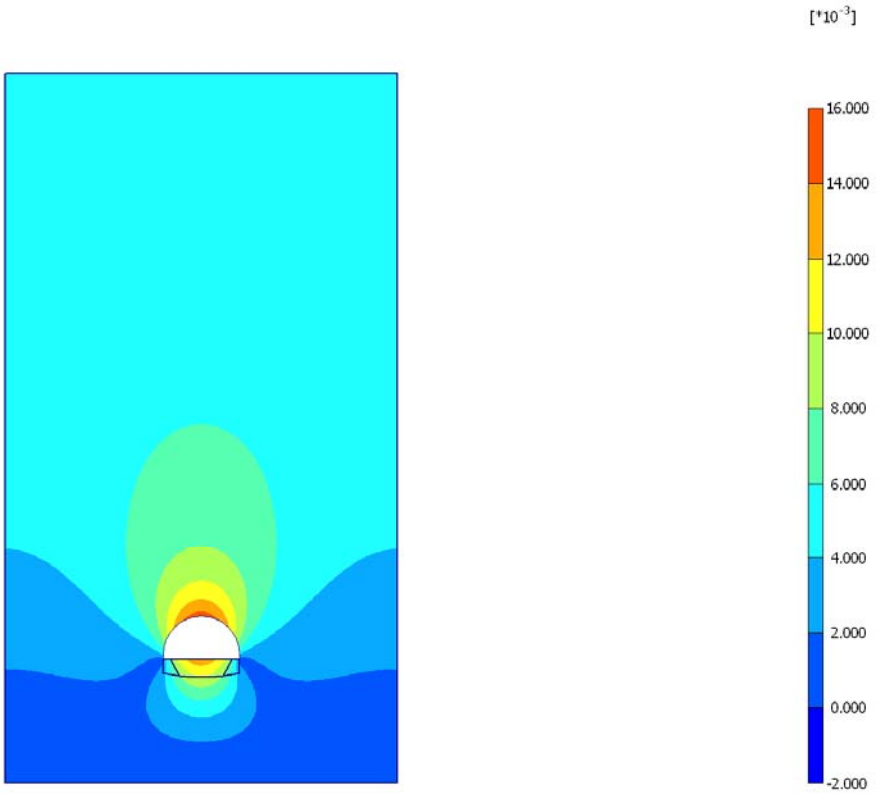


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

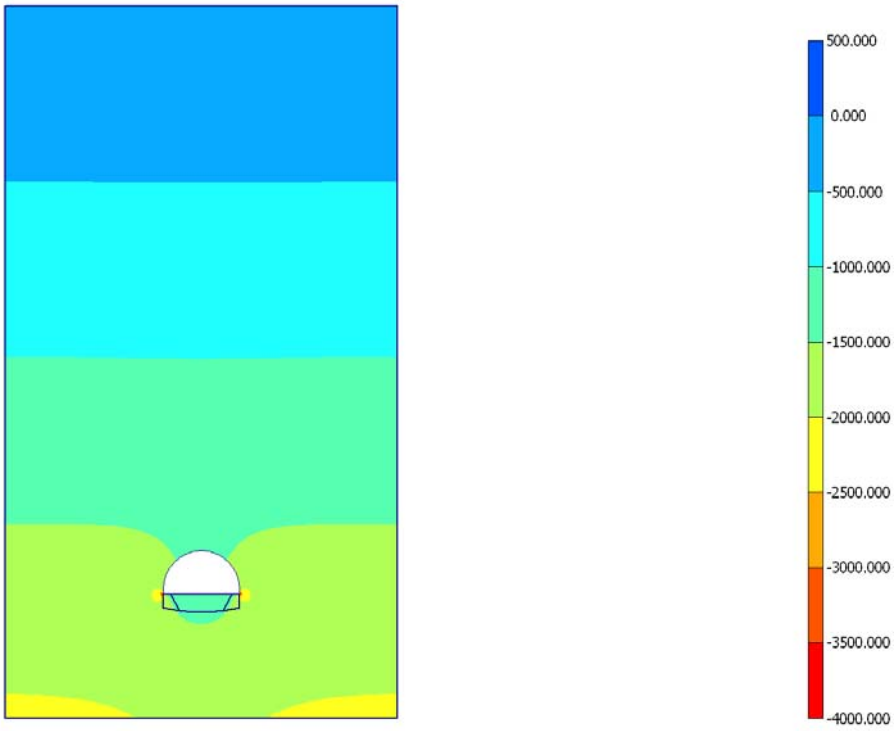


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 2 - (Phase: 1)

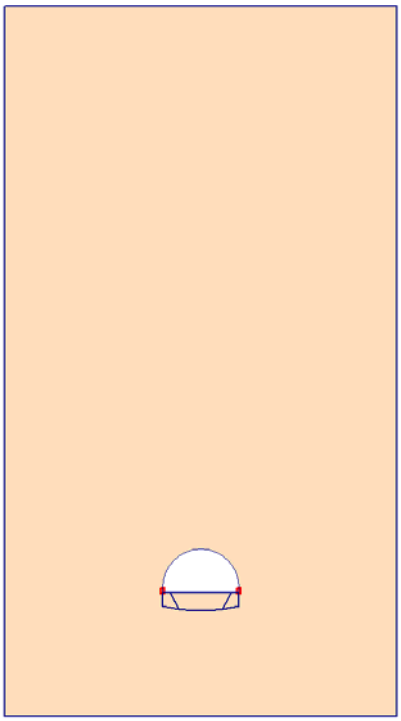


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 2 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

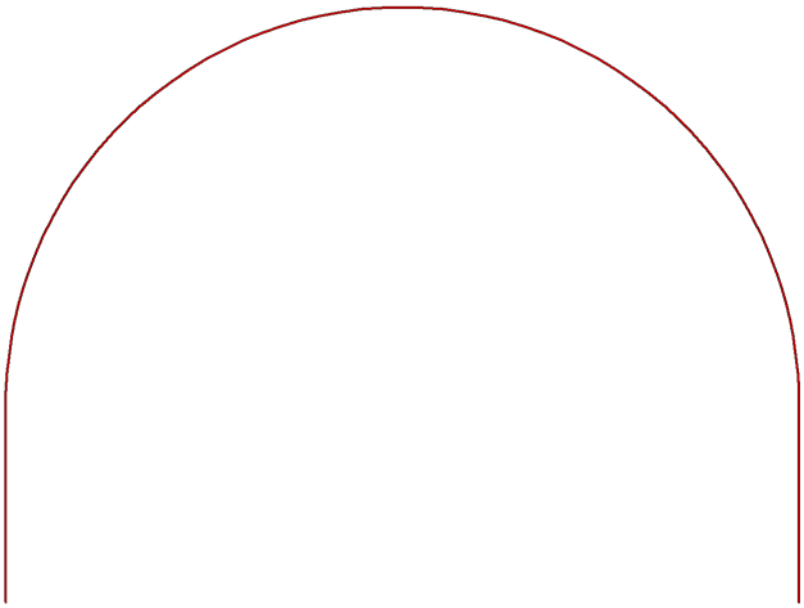


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

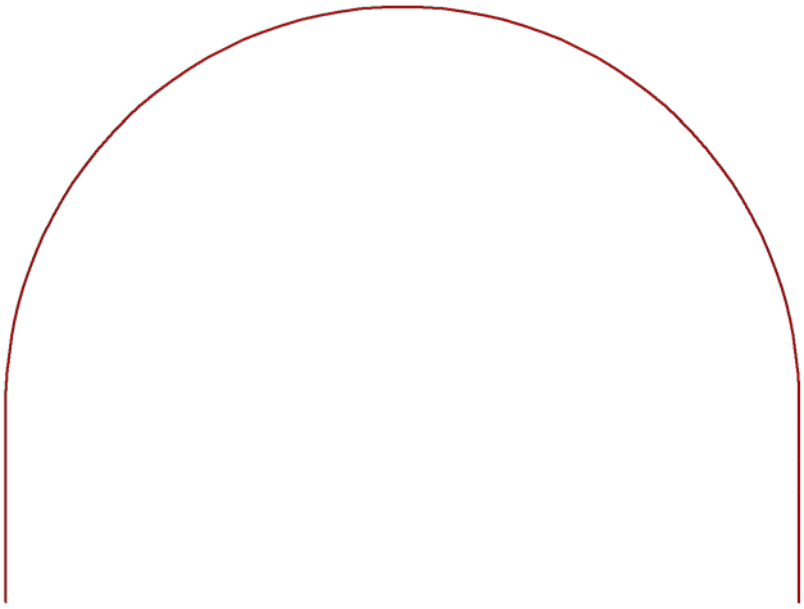


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

7. 7. Results for phase 2

7.1 *Plot of total displacements*

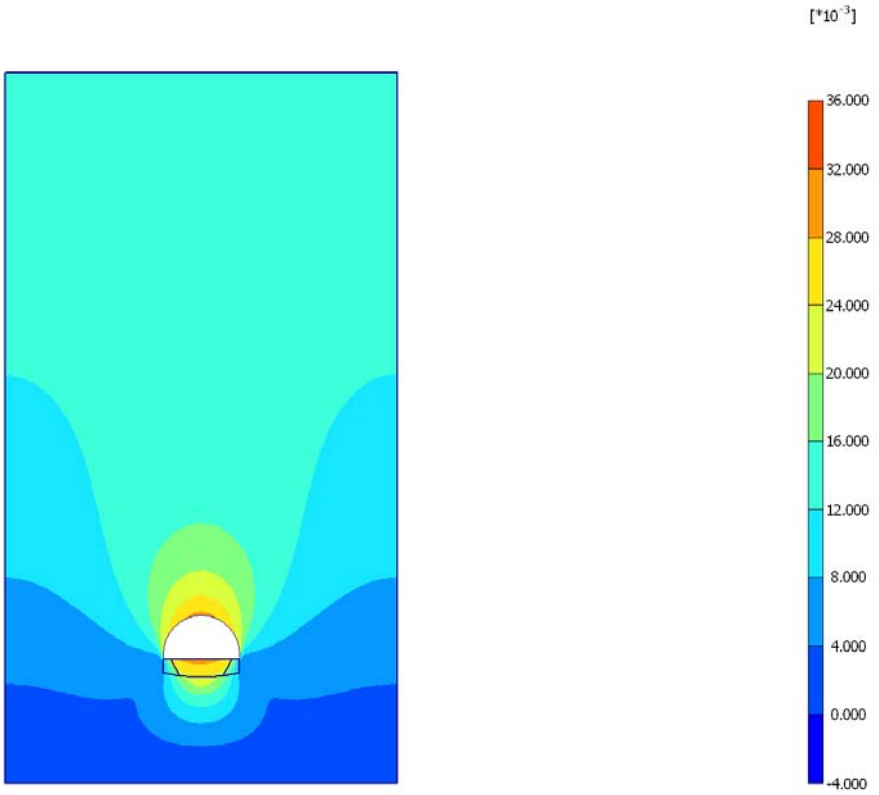


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 27 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

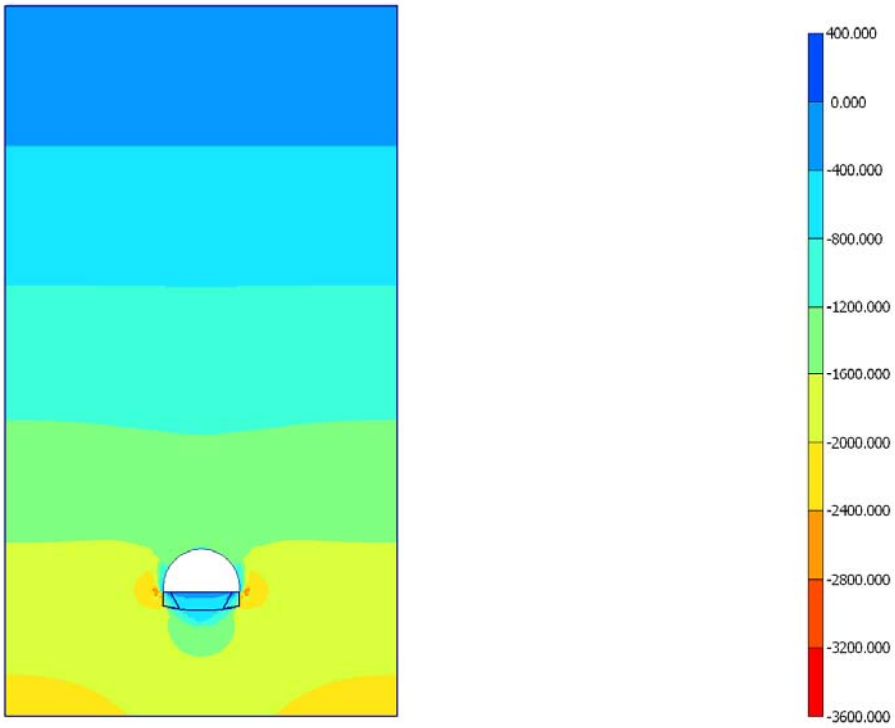


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 27 - (Phase: 2)

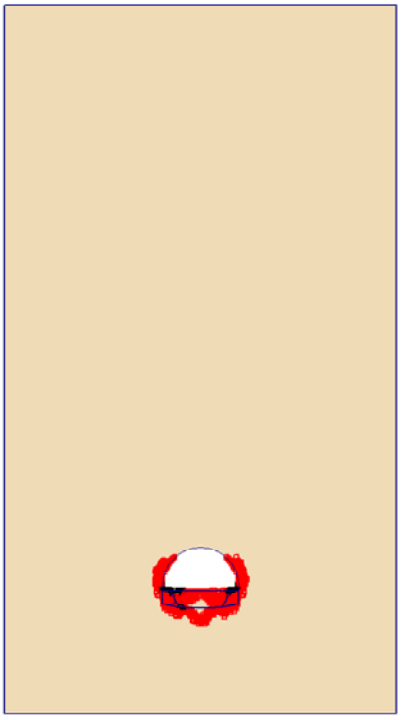


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 27 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

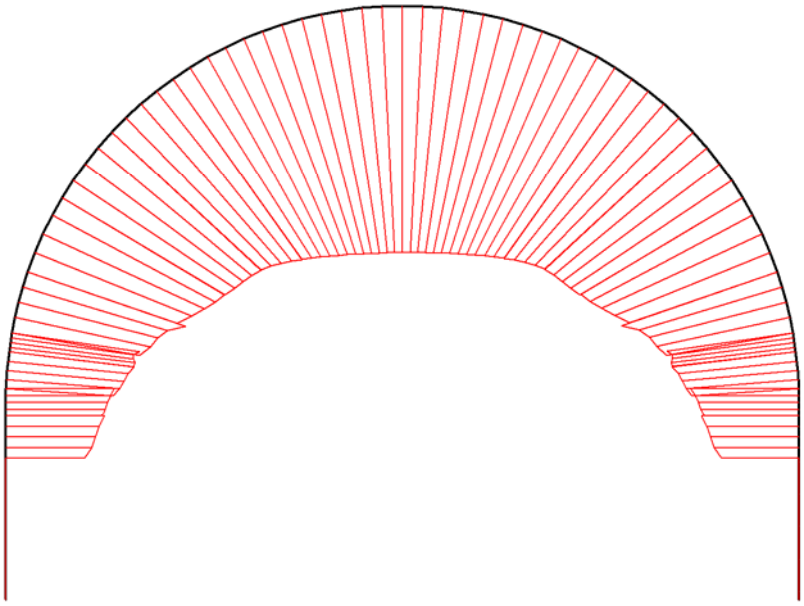


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -2,13*10^3 kN/m (Phase: 2)

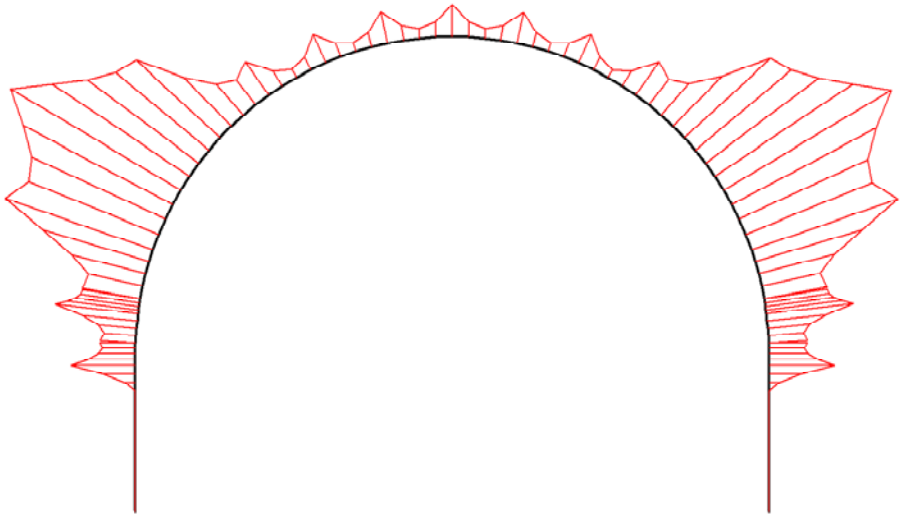


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value -67,46 kNm/m (Phase: 2)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	183,900	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	139,704	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	95,418	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	73,310	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	67,720	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	65,280	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	65,381	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	66,260	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	68,003	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	73,670	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	140,362	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	96,833	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	66,148	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	65,139	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

8. Results for phase 3

8.1 *Plot of total displacements*

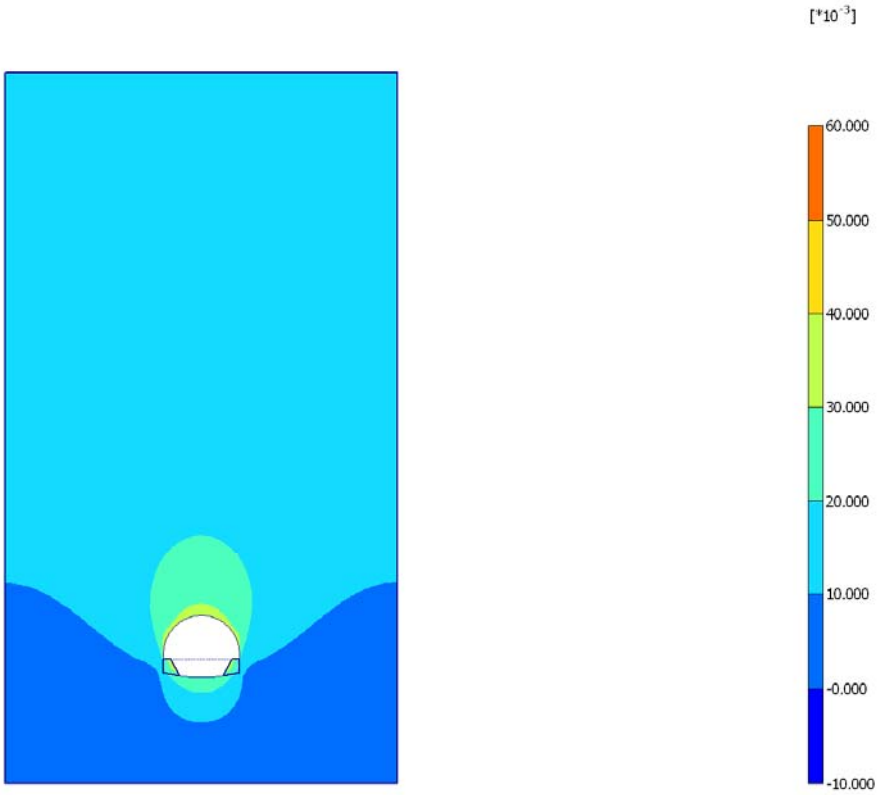


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 66 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

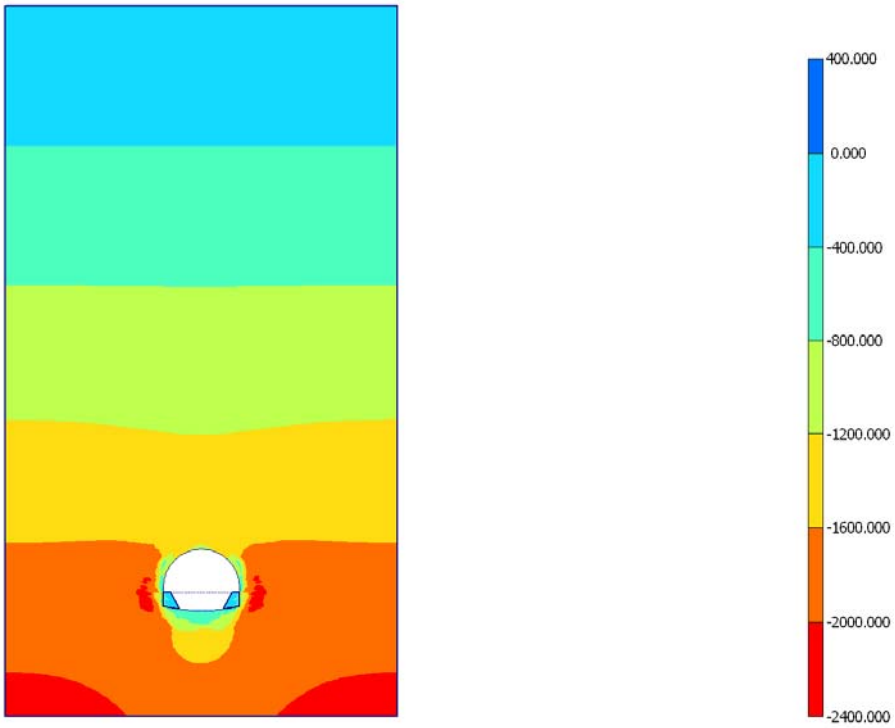


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 66 - (Phase: 3)

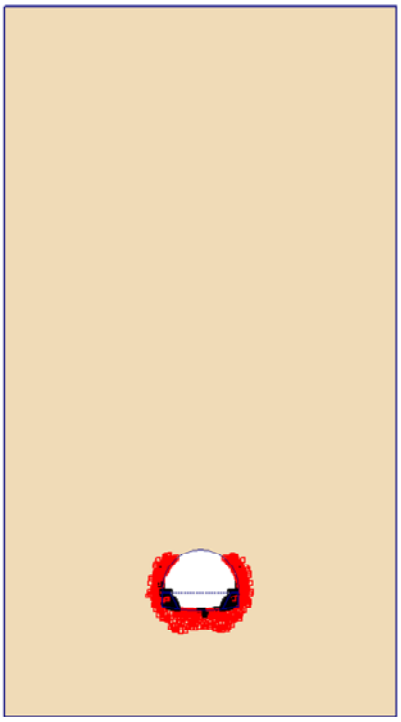


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 66 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

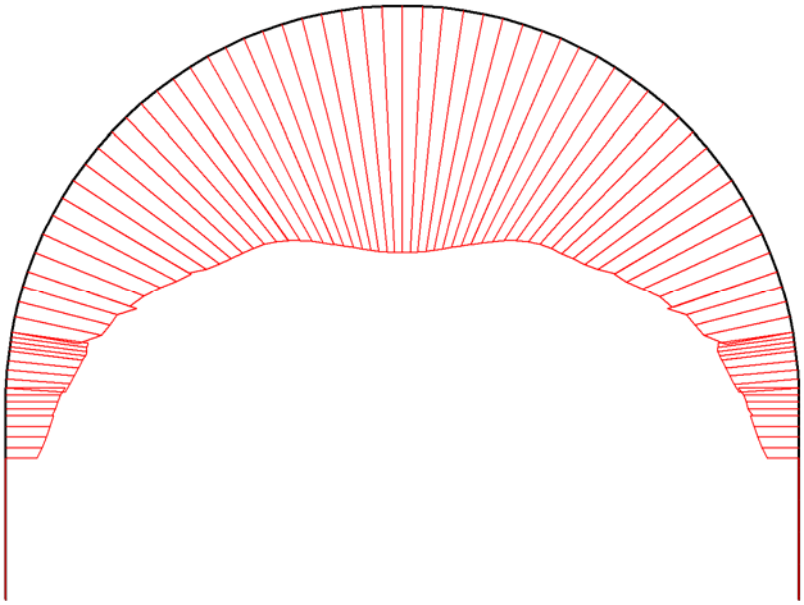


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -1,99*10^3 kN/m (Phase: 3)

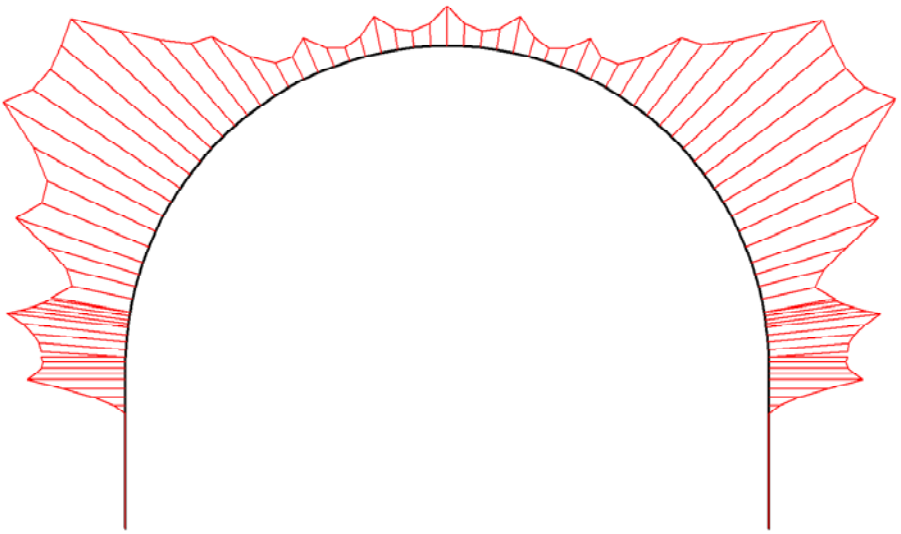


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value -85,60 kNm/m (Phase: 3)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	146,377	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	101,708	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	83,803	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	77,389	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	77,403	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	79,162	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	83,472	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	100,718	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	145,473	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	79,294	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	76,826	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

9. Results for phase 4

9.1 *Plot of total displacements*

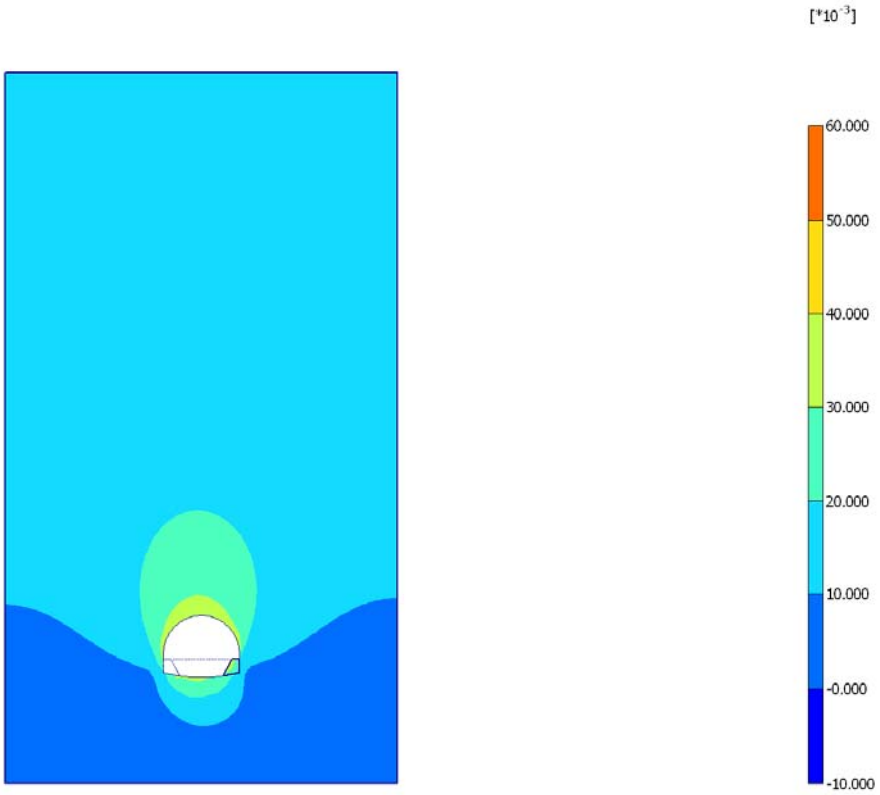


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 81 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

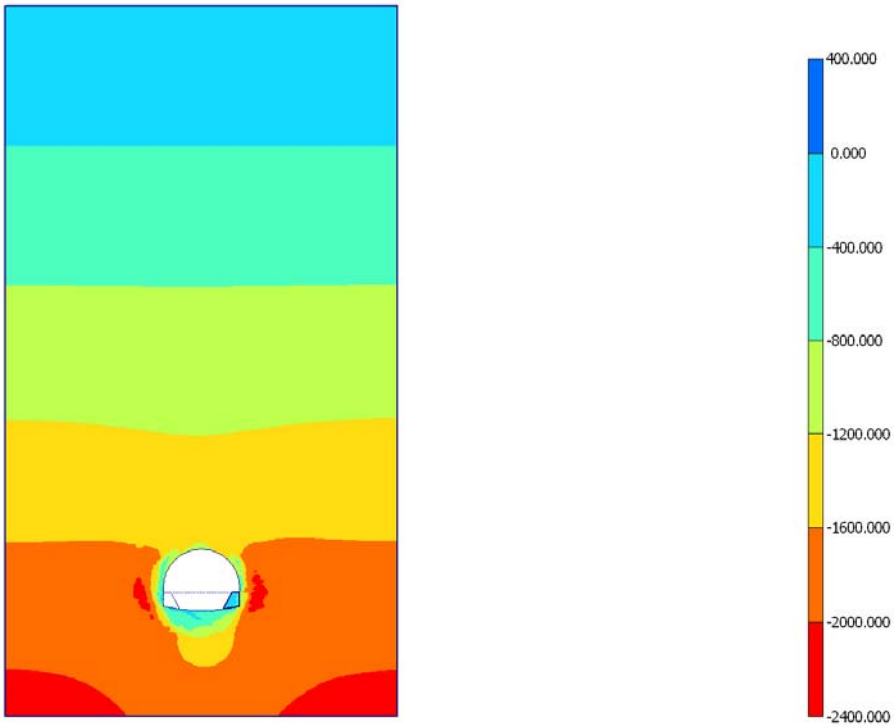


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 81 - (Phase: 4)

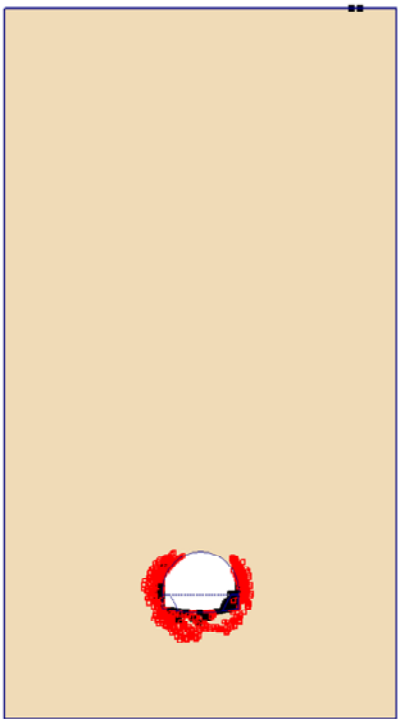


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 81 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

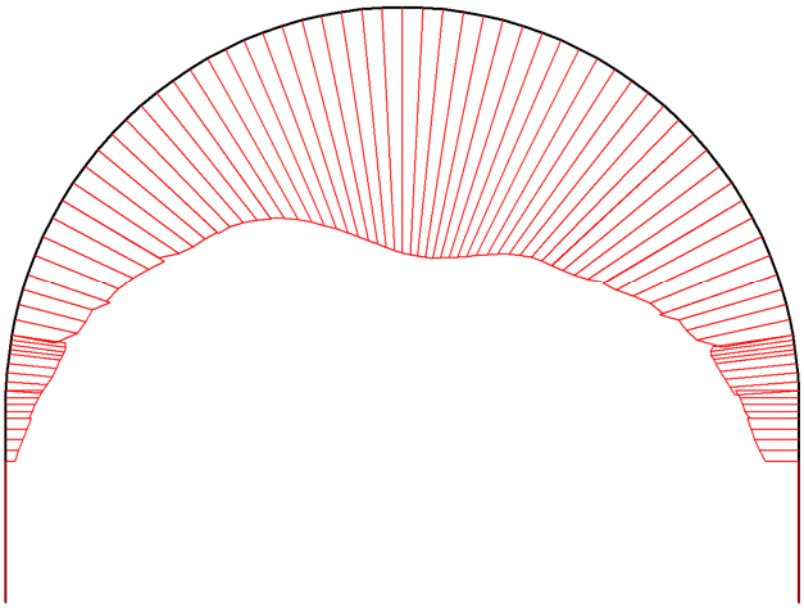


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -1,91*10^3 kN/m (Phase: 4)

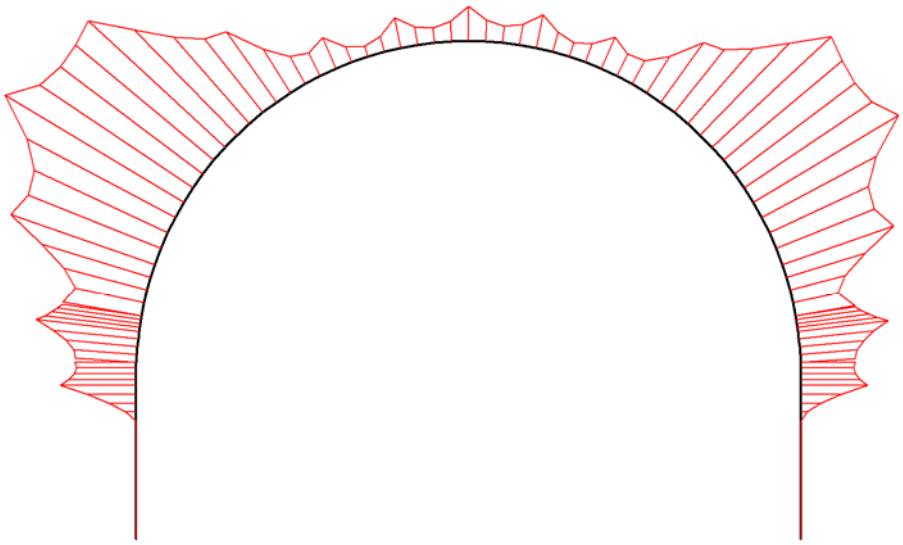


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -110,69 kNm/m (Phase: 4)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	170,362	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	114,200	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	92,003	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	83,471	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	81,151	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	82,021	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	85,872	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	103,522	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	149,725	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	86,197	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	81,740	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

10.Results for phase 5

10.1 *Plot of total displacements*

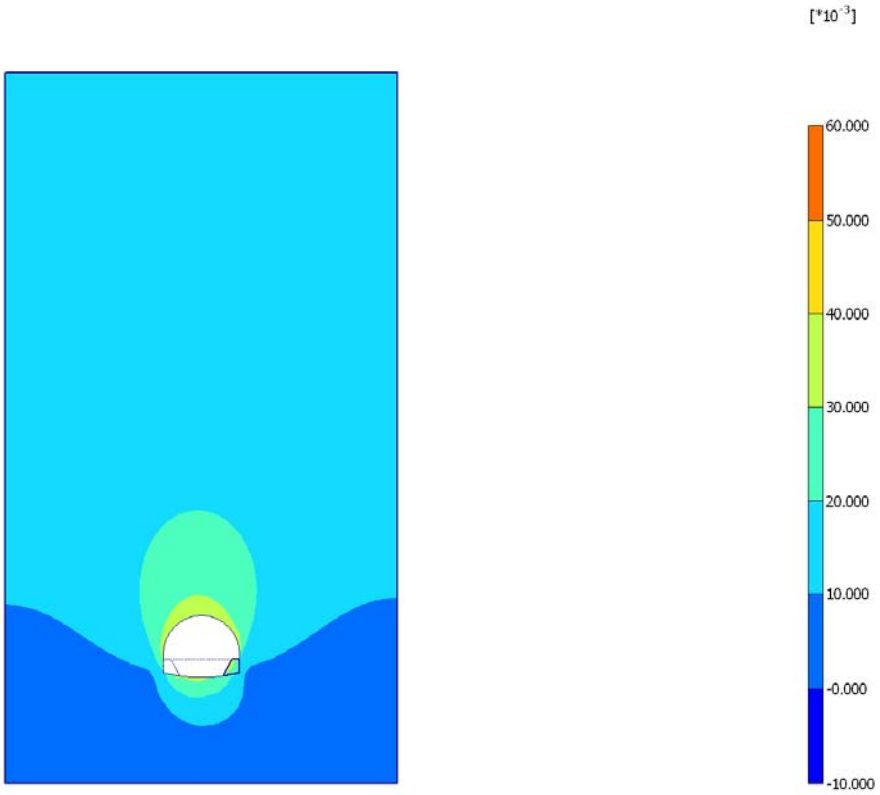


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 83 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

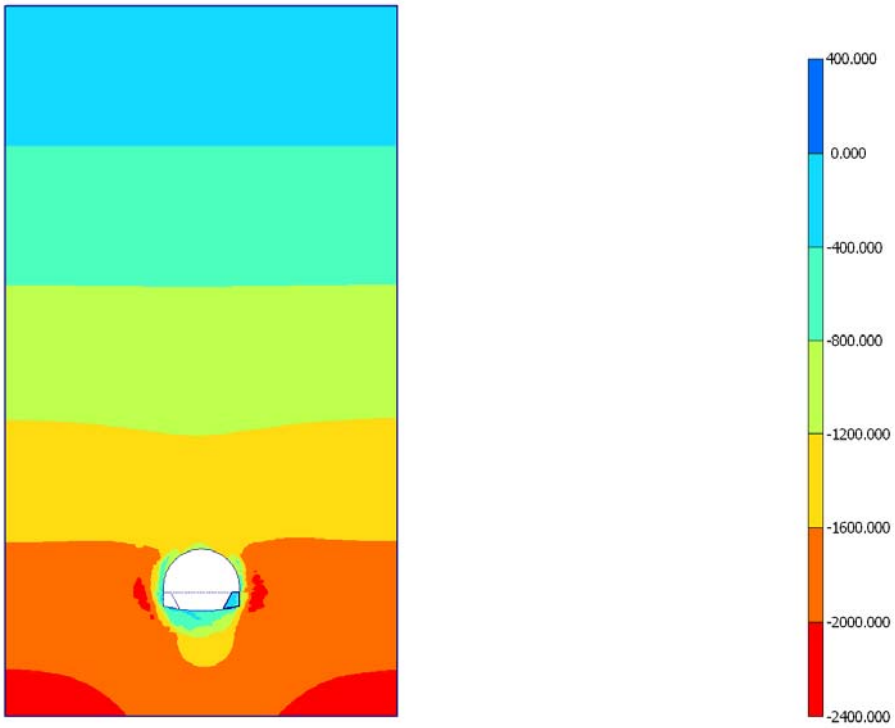


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 83 - (Phase: 5)

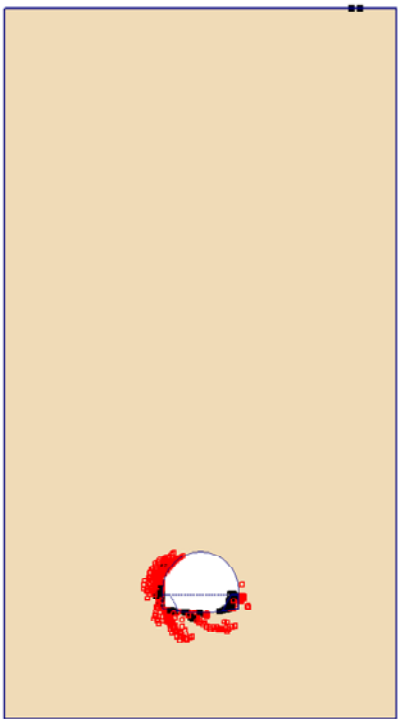


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 83 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

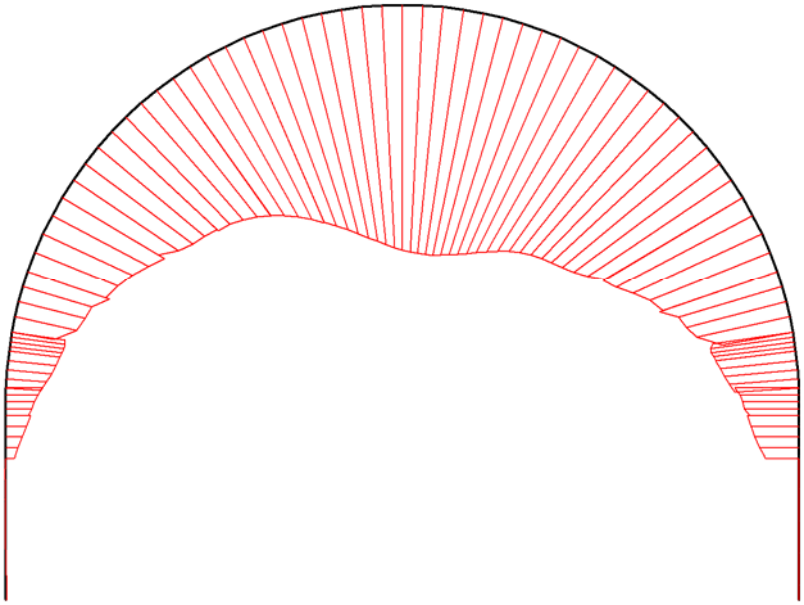


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -1,92*10^3 kN/m (Phase: 5)

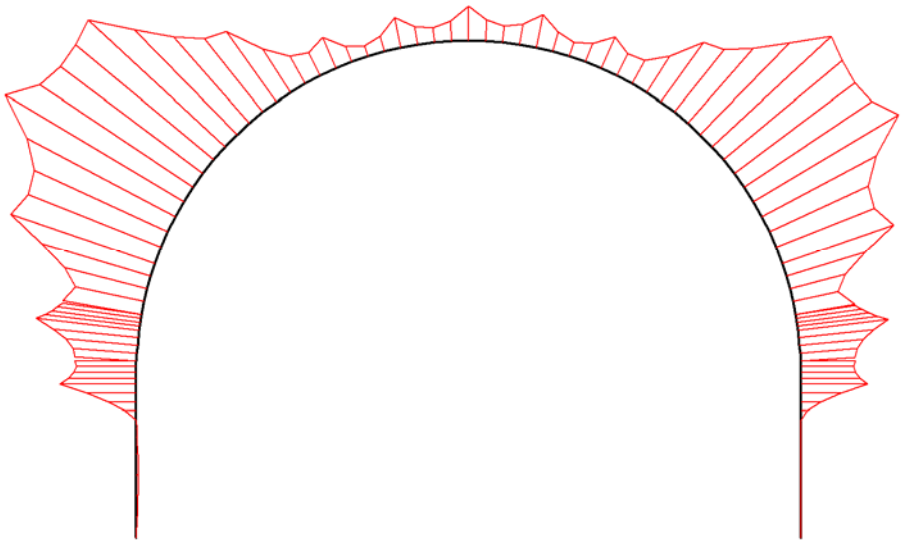


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -110,70 kNm/m (Phase: 5)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	0,253	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	170,604	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	114,322	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	92,051	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	83,491	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	81,158	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	82,022	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	85,870	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	103,515	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	183,987	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	149,714	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	183,986	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	183,984	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	86,222	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	81,755	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

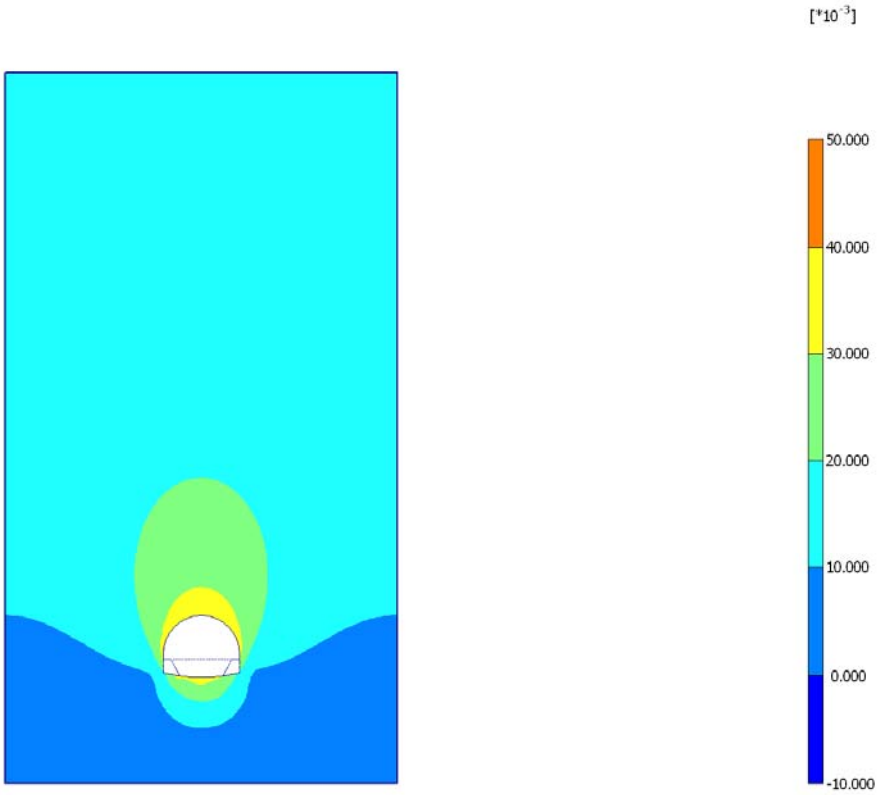


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 94 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

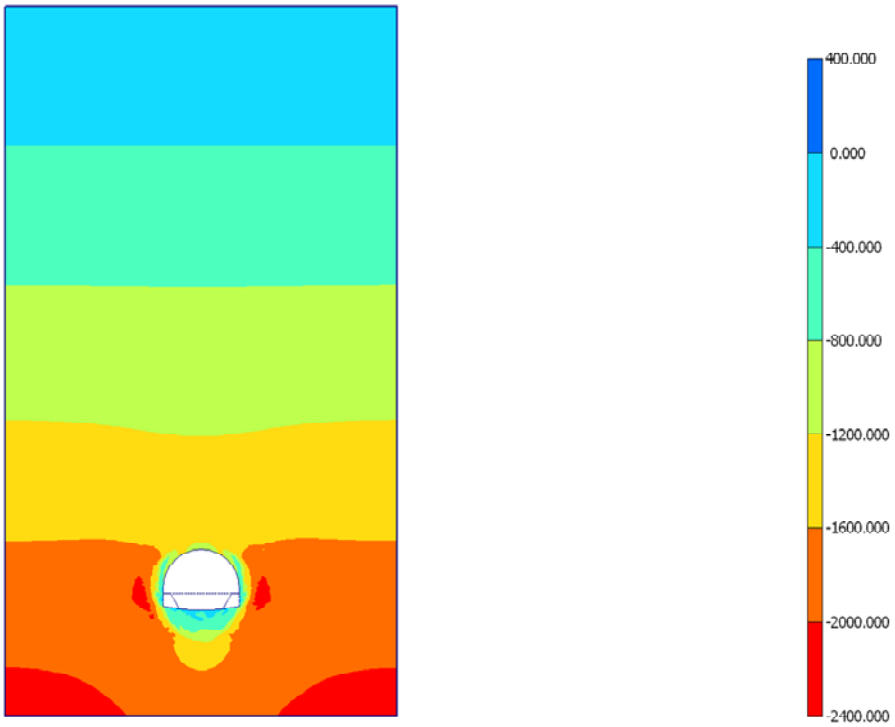


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 94 - (Phase: 6)

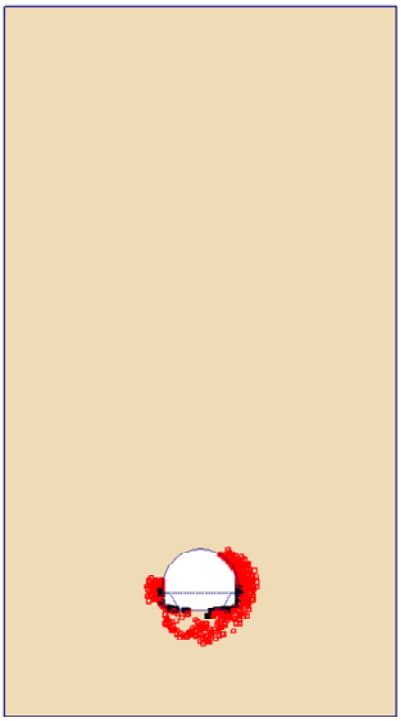


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 94 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

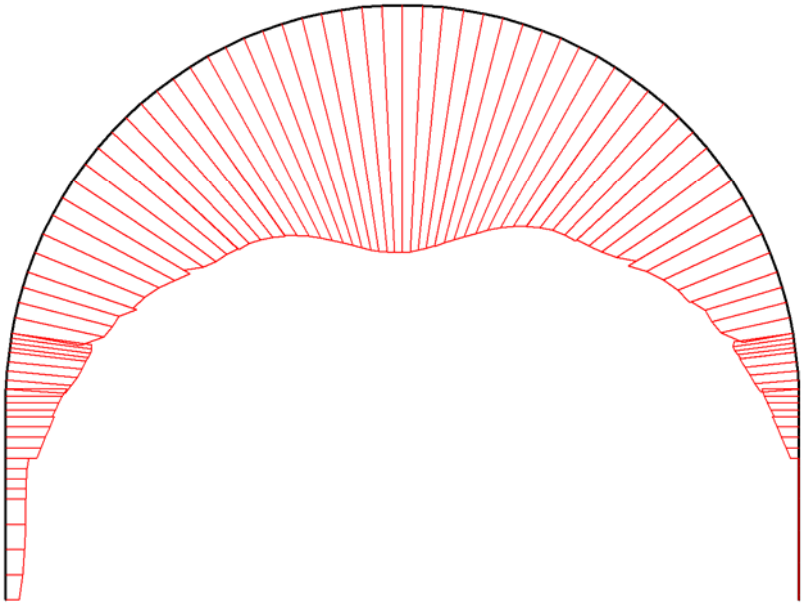


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -1,82*10^3 kN/m (Phase: 6)

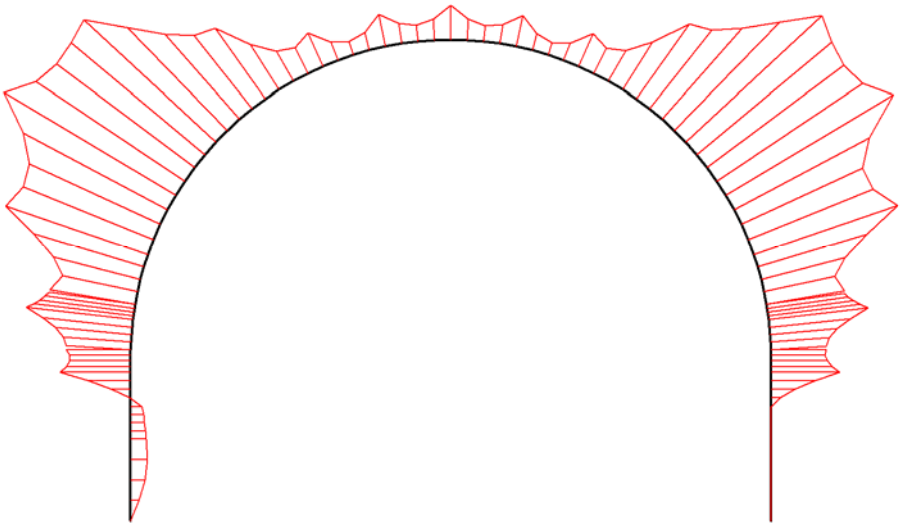


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -113,96 kNm/m (Phase: 6)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	2,005	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	183,844	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	182,775	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	169,487	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	113,683	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	92,153	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	85,938	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	86,551	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	88,303	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	93,755	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	117,612	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	178,344	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
18	3593	-3,560	11,392	87,352	184,00	184,00	103000,0	N/A	4,003

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
	3215	-1,917	7,742				0		
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	85,734	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

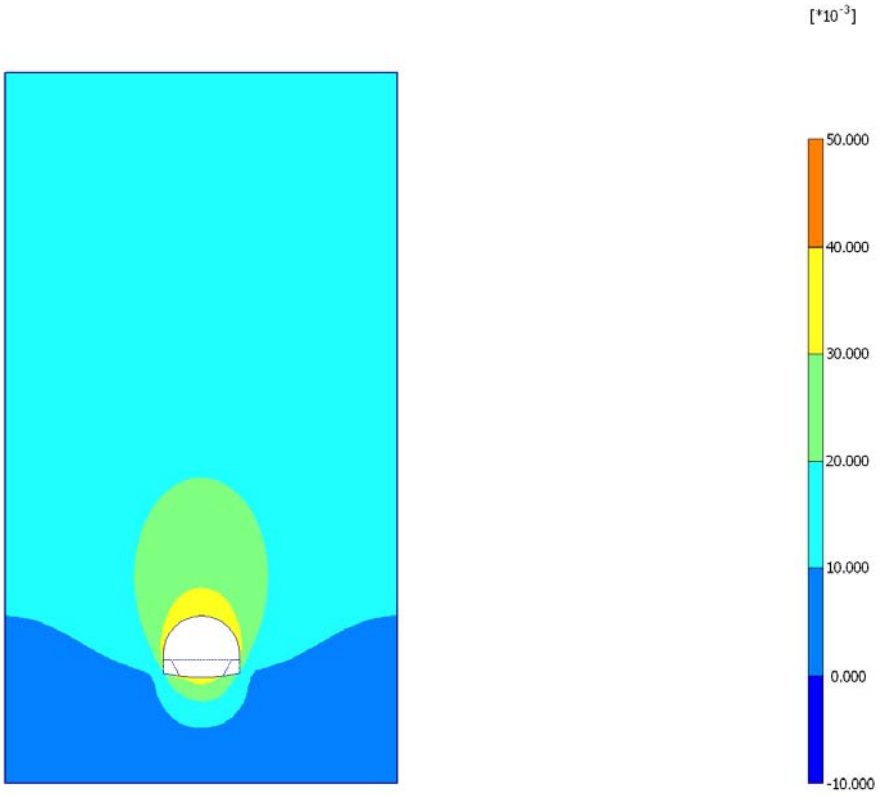


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 96 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

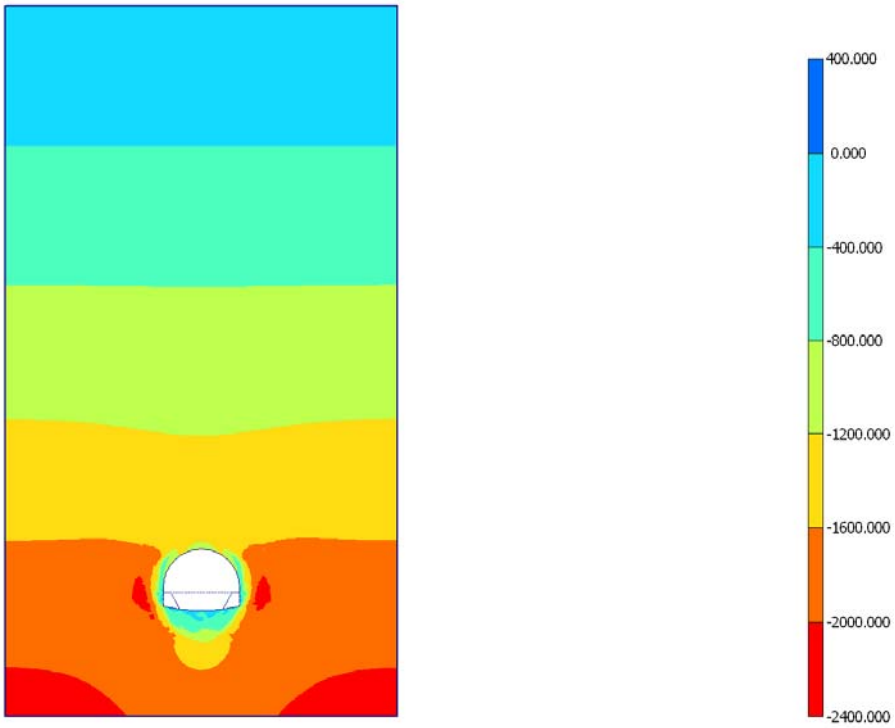


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 96 - (Phase: 7)

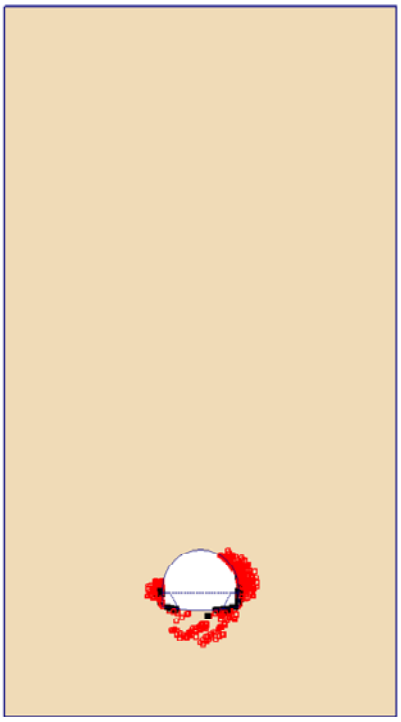


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 96 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

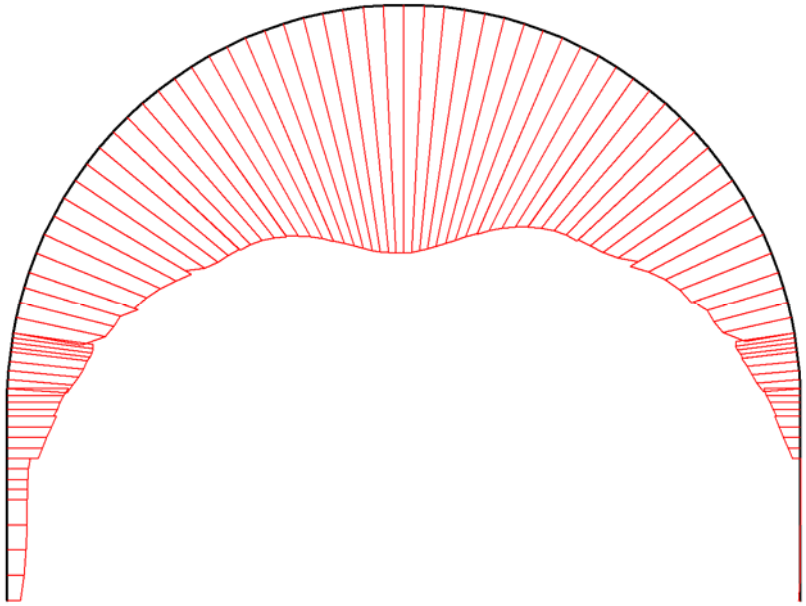


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -1,82*10^3 kN/m (Phase: 7)

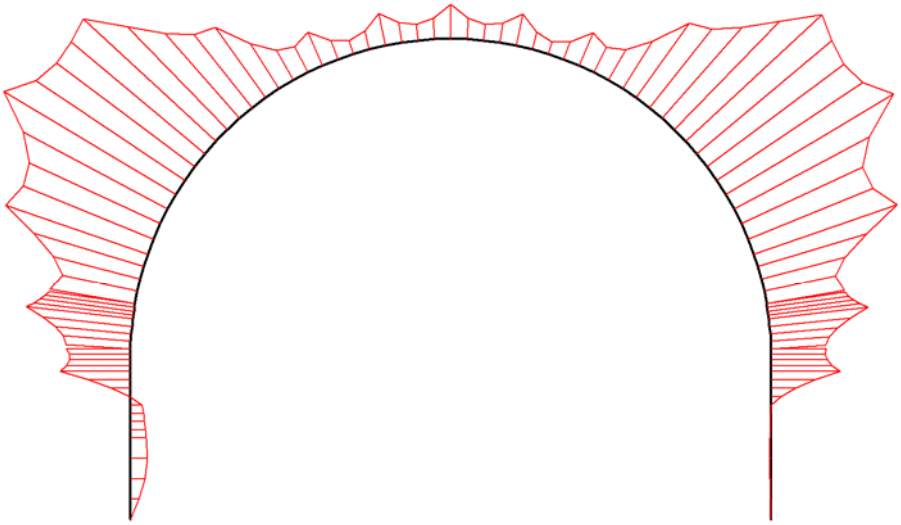


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -113,98 kNm/m (Phase: 7)

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	981 715	-8,654 -4,799	1,089 2,155	2,006	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
2	1431 1017	-8,800 -4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
3	1785 1241	-8,740 -4,758	4,322 3,939	183,839	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
4	2065 1943	-8,350 -4,536	6,112 4,911	182,766	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
5	2631 2263	-7,600 -4,116	7,782 5,811	169,480	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
6	2939 2615	-6,510 -3,519	9,262 6,606	113,679	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
7	3509 3015	-5,150 -2,777	10,482 7,257	92,153	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
8	4007 3225	-1,820 -0,980	11,952 8,041	85,950	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
9	4605 4023	1,820 0,980	11,952 8,041	86,581	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
10	4883 4049	3,560 1,917	11,392 7,742	88,344	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
11	4717 4039	5,150 2,777	10,482 7,257	93,822	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,004
12	5035 3913	6,510 3,519	9,262 6,606	117,724	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000
13	3981 4951	4,536 8,350	4,911 6,112	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999
14	4701 3971	7,600 4,116	7,782 5,811	178,523	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
15	3929 4353	4,758 8,740	3,939 4,322	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,001
16	4337 3329	8,800 4,799	2,882 3,155	184,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,010
17	3823 3365	8,654 4,799	1,089 2,155	0,299	184,00	184,00	103000,00	N/A	3,999

Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
18	3593 3215	-3,560 -1,917	11,392 7,742	87,356	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,003
19	4129 3657	0,000 0,000	12,142 8,142	85,755	184,00	184,00	103000,00	N/A	4,000

TÚNEL DE LÍNEA

CS-5 Lutitas y areniscas RESUMEN DE RESULTADOS PARA CÁLCULOS CON K0 = 1,2

FORMACIÓN	SECCIÓN TIPO	COBERTERA (m)	Descenso max en clave (m)	Tensión ppal max (kN/m2/m)	σmax cercha (kN/m2)	σmax gunita (kN/m2)	F max bulon (kN)	COMENTARIOS
CS-5 Lutitas y areniscas	II	69	2,49E-03	8530	-	5046,50	23,29	
	III	69	4,71E-03	7570	-	6879,50	50,68	
	IV	69	2,82E-02	3990	195157,56	14036,68	184,00	Gunita fisurada
		59	2,24E-02	3480	258996,98	11232,26	184,00	Redistribución de esfuerzos gunita fisurada - cerchas
		40	1,27E-02	2670	257005,80	6683,56	184,00	Redistribución de esfuerzos gunita fisurada - cerchas
	V	69	7,70E-02	3620	141198,53	13510,49	184,00	Gunita fisurada
		59	5,38E-02	3270	237621,53	6588,09	184,00	Redistribución de esfuerzos gunita fisurada - cerchas
		40	2,74E-02	2460	77991,67	7267,49	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 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.	**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	5,35	55,029	411,83	1,55	0,00	0,00	0,00	0,00			5,35	55,03	411,83	1,55	**5046,50**	OK	**-2659,71**	OK
	Fase final	-5,32	60,403	337,22	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00			-5,32	60,40	337,22	-0,01	**3796,03**	OK	**-2587,97**	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 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.	**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	6,13	478,90	807,54	-0,36	0,00	0,00	0,00	0,00			6,13	478,90	807,54	-0,36	6879,50	OK	No tracciones	OK
	Fase final	5,66	188,04	807,54	-0,36	0,00	0,00	0,00	0,00			5,66	188,04	807,54	-0,36	6879,50	OK	-791,32	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 IV **COBERTERA MÁXIMA (69 m)**

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.	**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	-62,66	767,60	2870,77	-3,99	-5,78	136,99	512,35	-0,37	195157,56	OK	-34012,84	OK	-56,88	630,60	2358,42	-3,62	14036,68	OK	-7029,99	Rotura
	Fase final	-60,17	448,87	2158,50	-5,73	-5,55	80,11	385,23	-0,53	150430,15	OK	-51712,53	OK	-54,62	368,76	1773,28	-5,20	12163,44	OK	-8066,07	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:								Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				49,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-34,79	458,60	1715,14	-2,22	679951,64	Plastifica	-340247,97	Rotura	-27,87	309,00	1155,63	-1,78	6877,97	OK	-3444,69	OK
	Fase final					-33,41	268,18	1289,60	-3,18	589155,01	Plastifica	-390503,63	Rotura	-26,76	180,69	868,90	-2,55	5960,08	OK	-3952,38	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 IV **COBERTERA 59 m**

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. 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	-38,65	450,13	2525,16	-5,68	-3,57	80,33	450,67	-0,52	174599,74	OK	-22522,45	OK	-35,08	369,80	2074,49	-5,16	12480,29	OK	-4442,76	Rotura
	Fase final	-38,58	450,31	2042,63	-7,20	-3,56	80,37	364,55	-0,66	144762,09	OK	-22416,20	OK	-35,02	369,94	1678,08	-6,54	10533,71	OK	-4430,19	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:								Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				90,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-7,07	117,31	658,11	-1,04	258996,98	OK	-60270,24	OK	-31,58	332,82	1867,04	-4,64	11232,26	OK	-3998,48	OK
	Fase final					-7,06	117,36	532,36	-1,32	216502,04	OK	-60065,50	OK	-31,52	332,95	1510,28	-5,89	9480,34	OK	-3987,17	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 IV **COBERTERA 40 m**

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.	**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	36,40	209,28	1806,22	-2,54	3,36	37,35	322,36	-0,23	122826,80	OK	-35399,28	OK	33,04	171,93	1483,86	-2,31	8670,67	OK	-5163,77	Rotura
	Fase final	-36,37	208,68	1735,03	-4,53	-3,35	37,24	309,65	-0,42	120810,07	OK	-35398,83	OK	-33,02	171,43	1425,38	-4,11	8679,95	OK	-5161,50	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:								Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				77,00%	de los iniciales		
	Envolvente					10,96	76,90	663,65	-0,76	257005,80	OK	-132186,24	OK	25,44	132,39	1142,57	-1,78	6676,41	OK	-3976,10	OK
	Fase final					-10,95	76,67	637,49	-1,36	256093,07	OK	-132136,42	OK	-25,42	132,00	1097,54	-3,16	6683,56	OK	-3974,35	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 **COBERTERA MÁXIMA (69 m)**

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.	**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	-182,97	1469,75	1985,15	-111,00	-36,19	352,27	475,81	-21,95	138980,36	OK	-31086,18	OK	-146,78	1117,48	1509,34	-89,04	13510,49	OK	-6060,66	Rotura
	Fase final	-182,97	1469,75	1639,49	-174,34	-36,19	352,27	392,96	-34,48	141198,53	OK	-31086,21	OK	-146,78	1117,47	1246,53	-139,86	13510,49	OK	-6060,66	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:								Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				65,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-87,56	743,39	1004,08	-53,12	319598,50	Plastifica	-91913,68	OK	-95,41	726,36	981,07	-57,88	8781,82	OK	-3939,43	OK
	Fase final					-87,56	743,39	829,24	-83,43	323037,86	Plastifica	-91913,76	OK	-95,41	726,36	810,25	-90,91	8781,82	OK	-3939,43	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 **COBERTERA 59 m**

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. **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	-143,31	654,62	1901,64	-68,49	-28,34	156,90	455,79	-13,54	101627,16	OK	-42573,79	OK	-114,97	497,72	1445,85	-54,94	9323,56	OK	-6005,41	Rotura
	Fase final	-141,46	1014,05	1556,07	-102,93	-27,98	243,05	372,96	-20,36	104949,92	OK	-28521,49	OK	-113,48	771,00	1183,10	-82,57	10135,53	OK	-4995,56	Rotura
						Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:								Redistribución de esfuerzos por fisuración de la gunita:				65,00%	de los iniciales		
	Envolvente					-68,58	331,10	961,84	-32,77	224308,90	OK	-110451,84	OK	-74,73	323,52	939,80	-35,71	6060,31	OK	-3903,52	OK
	Fase final					-67,70	512,90	787,05	-49,26	237621,53	OK	-80531,79	OK	-73,76	501,15	769,02	-53,67	6588,09	OK	-3247,11	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 **COBERTERA 40 m**

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.	**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	-87,99	1010,74	1635,97	-33,38	-17,40	242,26	392,11	-6,60	77991,53	OK	-3793,22	OK	-70,59	768,48	1243,86	-26,78	7267,48	OK	-2144,26	OK
	Fase final	-87,99	1010,74	1411,08	-42,72	-17,40	242,26	338,21	-8,45	77991,67	OK	-3793,07	OK	-70,59	768,49	1072,86	-34,27	7267,49	OK	-2144,25	OK

APÉNDICE Nº7.9:

Cálculos del Análisis Tensodeformacional. Caverna de la Estación del Hospital

Anejo nº7: Obras Subterráneas

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
euskal trenbide sarea
eptisa
FULCRUM

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	8,89E-03	1110	31709,65	2777,30	29,93
	E-3 Sección B RMR = 20	1,21E-02	1440	41522,43	3193,65	52,24

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	16,53	392,29	646,16	-1,29	1,06	69,24	114,05	-0,08	31709,65	OK	No tracciones	OK	15,47	323,04	532,11	-1,20	2777,30	OK	-192,95	OK
	Fase final	-8,92	281,68	598,83	-2,01	-0,57	49,72	105,70	-0,13	29947,09	OK	No tracciones	OK	-8,35	231,96	493,13	-1,88	2152,93	OK	No tracciones	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	16,77	512,14	845,59	-1,72	1,08	90,40	149,26	-0,11	41522,43	OK	No tracciones	OK	15,69	421,74	696,33	-1,61	3193,65	OK	No tracciones	OK
	Fase final	-13,43	484,26	775,17	-2,97	-0,86	85,48	136,83	-0,19	39016,98	OK	No tracciones	OK	-12,57	398,78	638,34	-2,77	2819,76	OK	No tracciones	OK

REPORT

06/18/2013

User: EPTISA

Title: CAVERNA ESTACION HOSPITAL.
CS-5 Lutitas y areniscas. 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	17,016

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

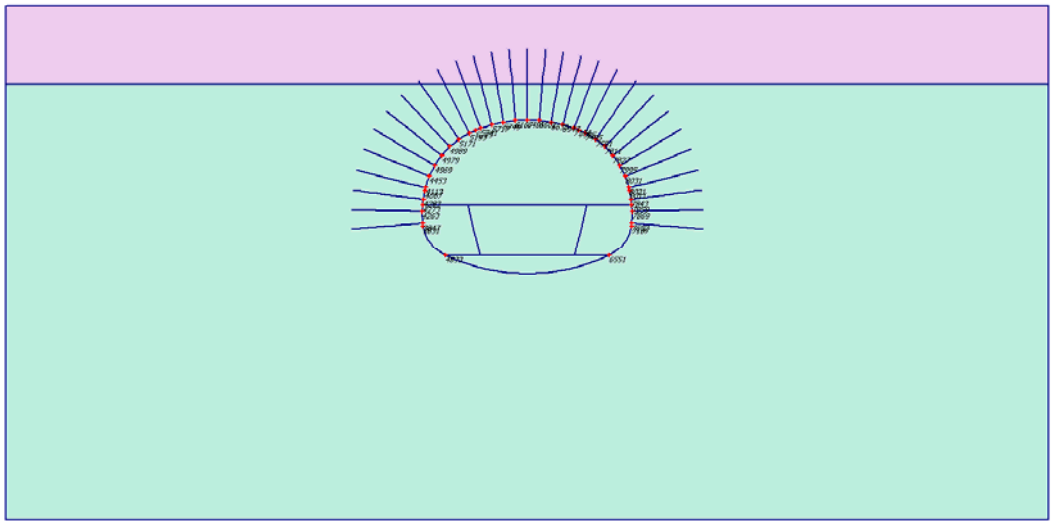


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

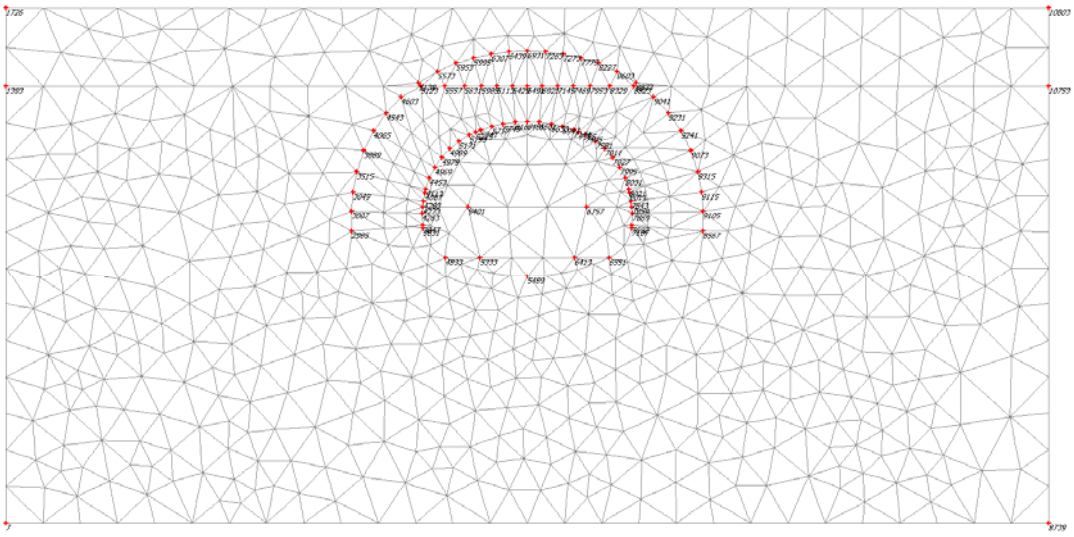


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

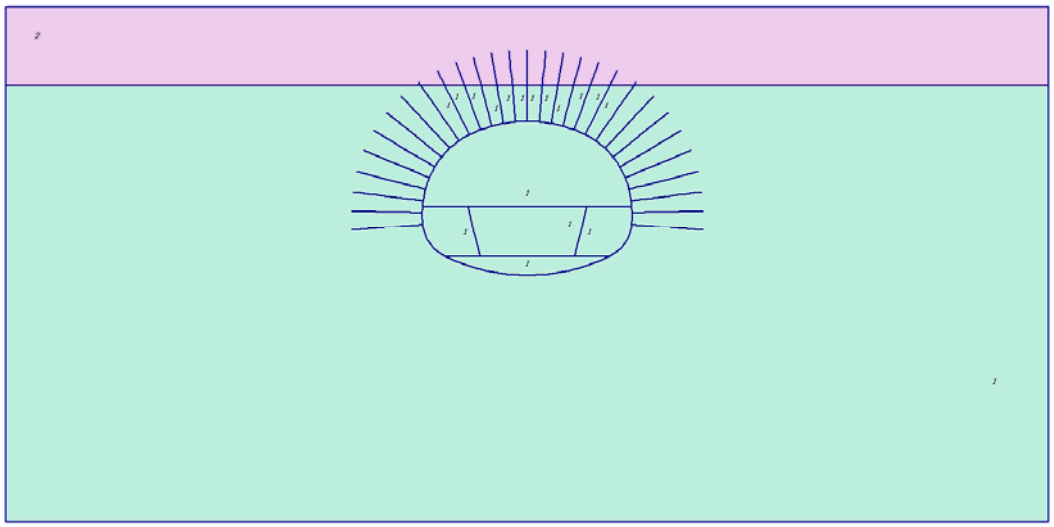


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		1 **Lut-are RMR20**	2 **Suelo_Roca alterada**
Type		Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00	21,00
γ_{sat}	[kN/m³]	26,00	21,00
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]	685000,000	457000,000
ν	[-]	0,250	0,250
G_{ref}	[kN/m²]	274000,000	182800,000
E_{oed}	[kN/m²]	822000,000	548400,000
c_{ref}	[kN/m²]	160,00	102,00
φ	[°]	33,00	27,00
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	Staged construction	1	3
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	4	6
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	7	10
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	11	13
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	14	15
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	16	18
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	19	20
<Phase 8>	8	7	Plastic analysis	Staged construction	21	22

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

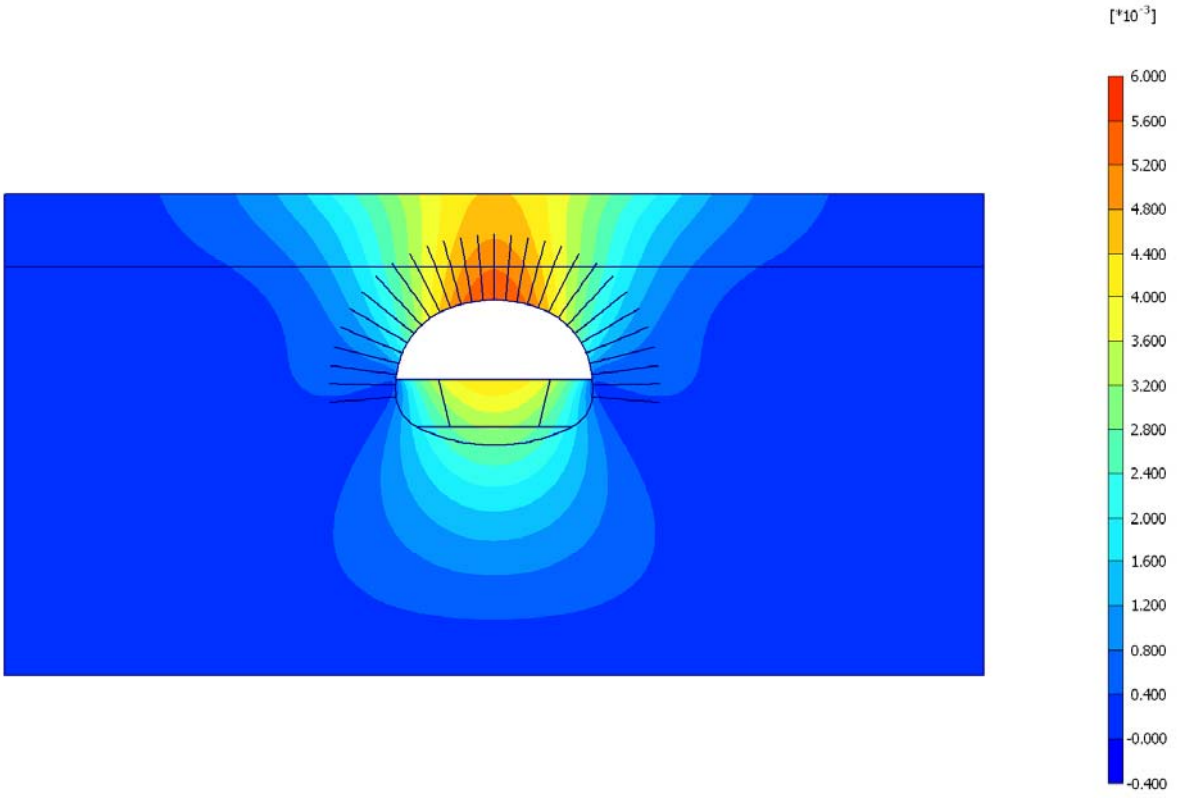


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

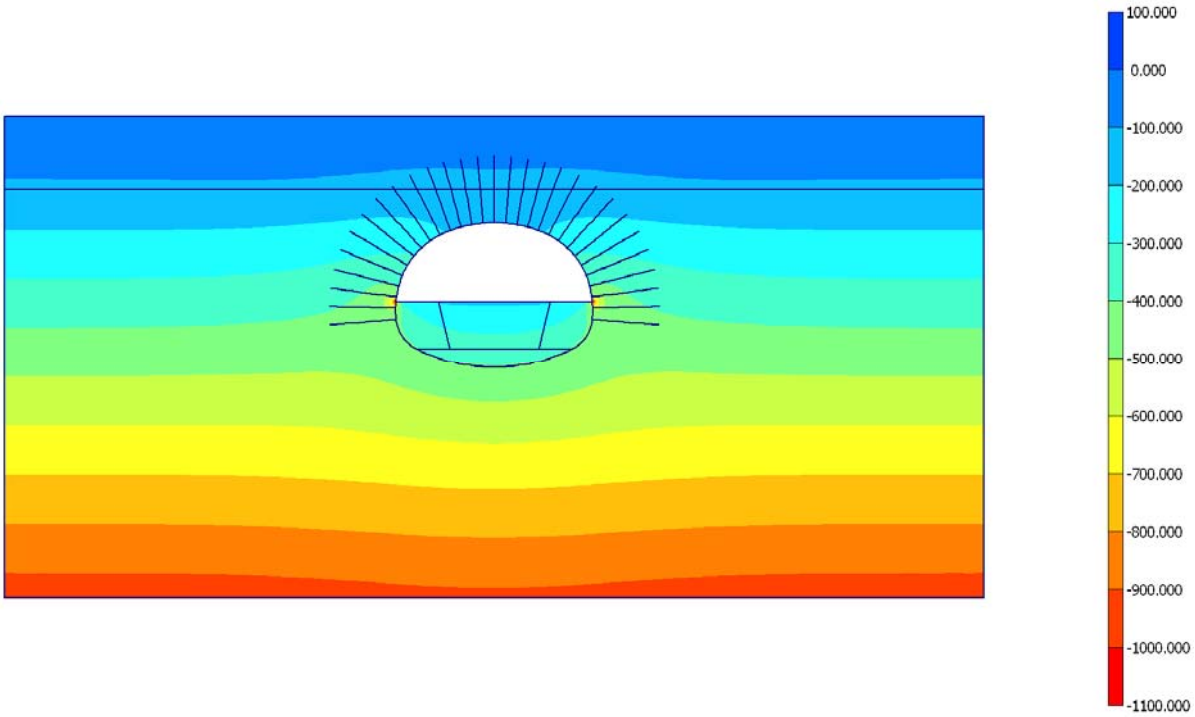


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

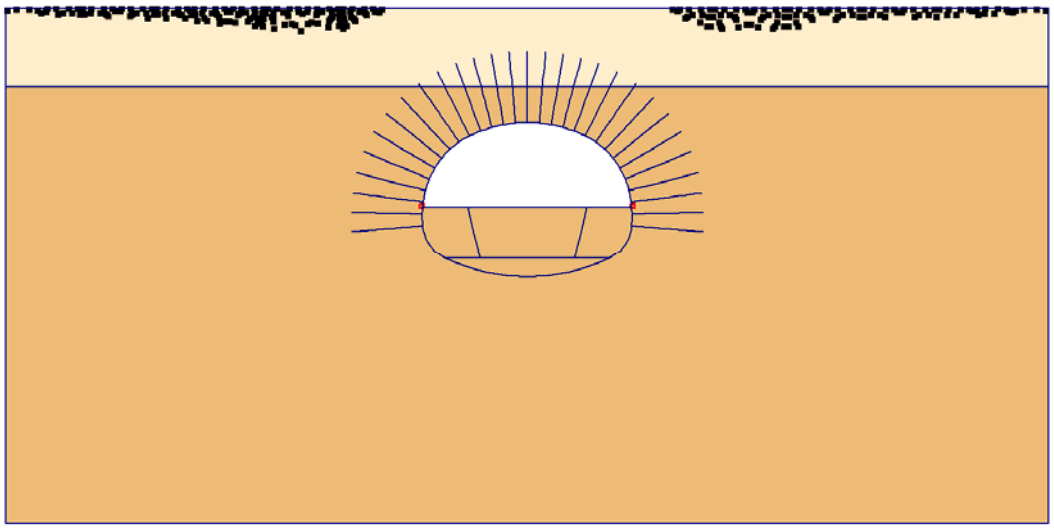


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

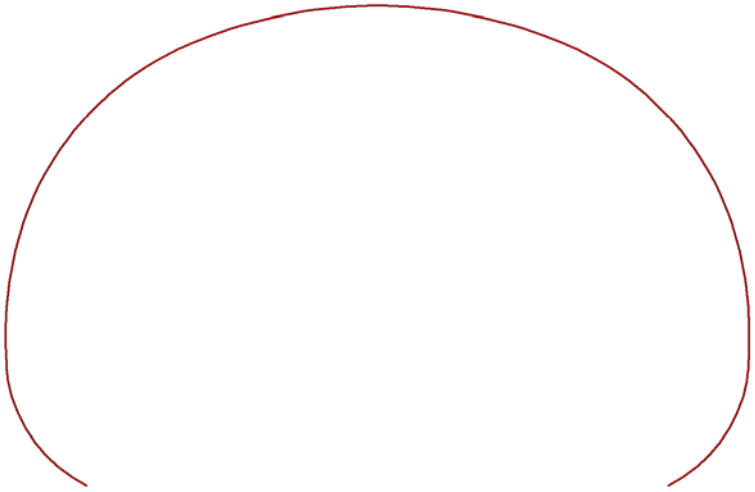


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

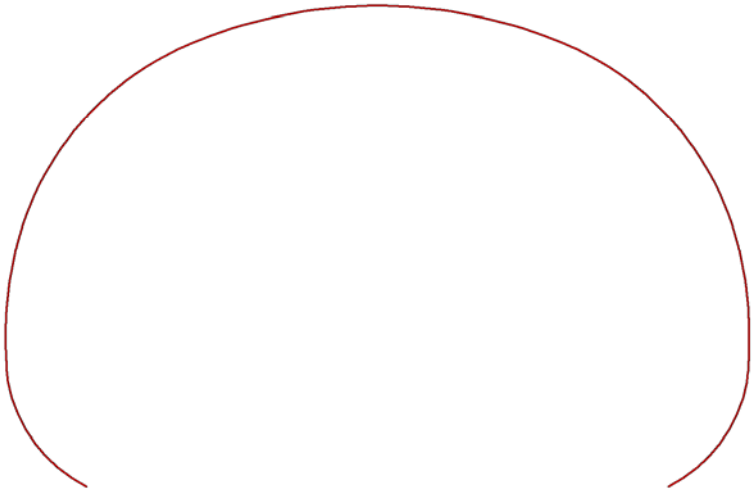


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	0,000	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-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 *Plot of total displacements*

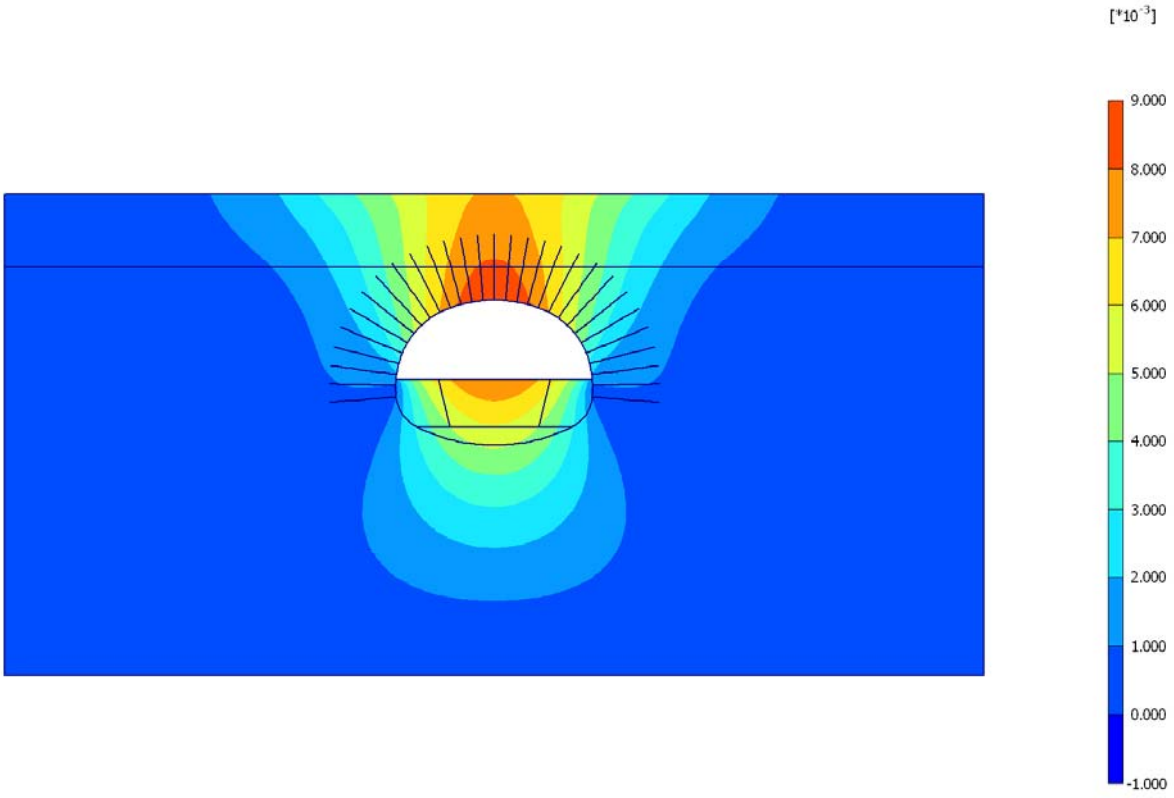


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 6 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

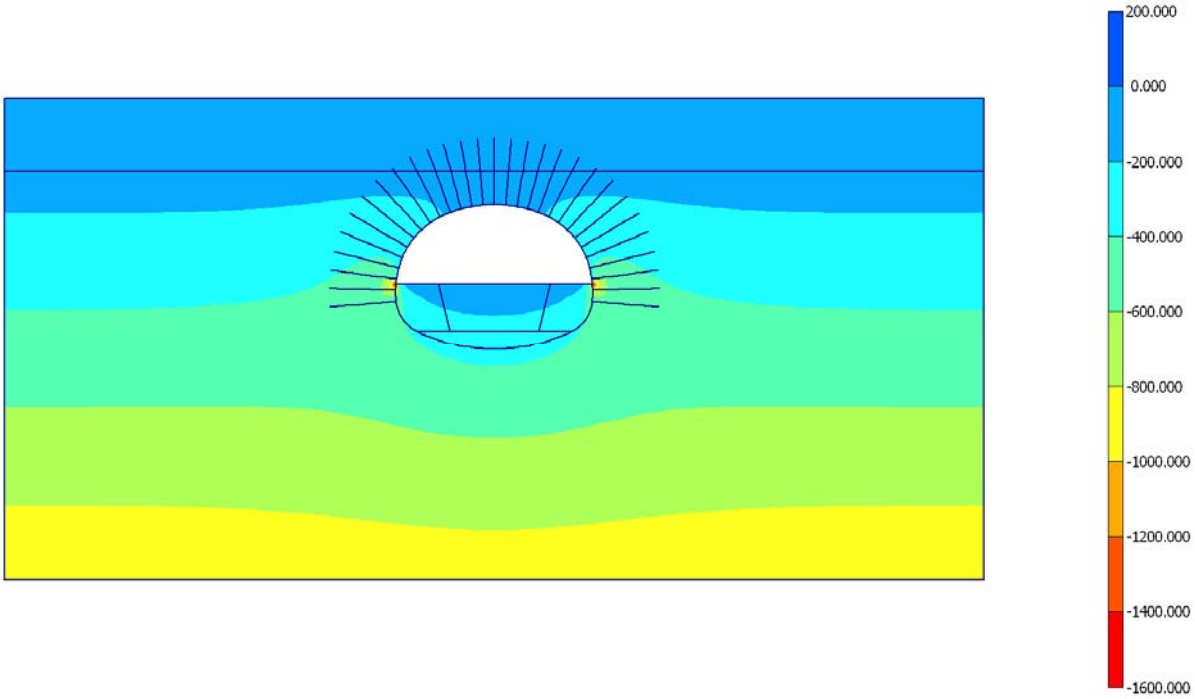


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 6 - (Phase: 2)

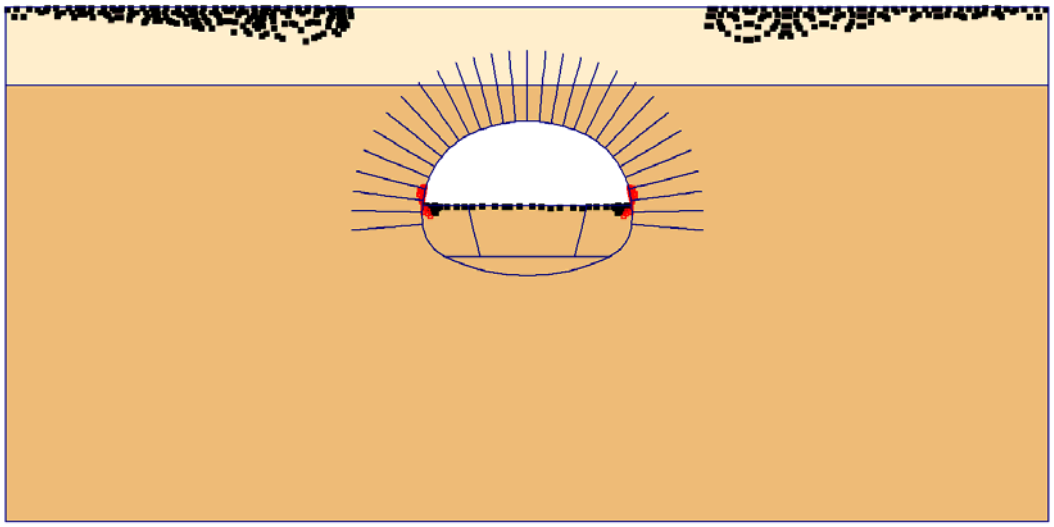


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 6 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

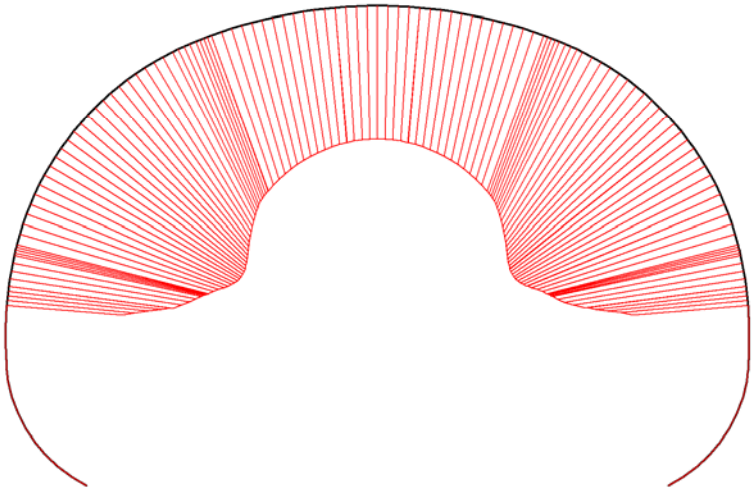


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -524,46 kN/m (Phase: 2)

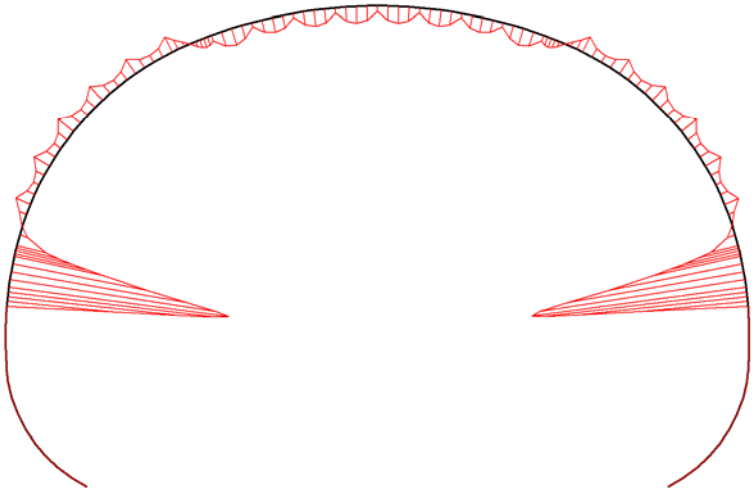


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value 16,53 kNm/m (Phase: 2)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	7,457	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	7,484	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	7,514	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	7,464	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	7,119	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	6,610	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	6,394	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	6,612	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	6,825	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	6,884	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	6,703	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	5,943	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	0,861	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,483	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,520	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	7,467	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	7,124	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	6,592	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	6,385	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	6,614	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	6,823	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	6,888	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	6,699	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	5,989	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,906	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-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 *Plot of total displacements*

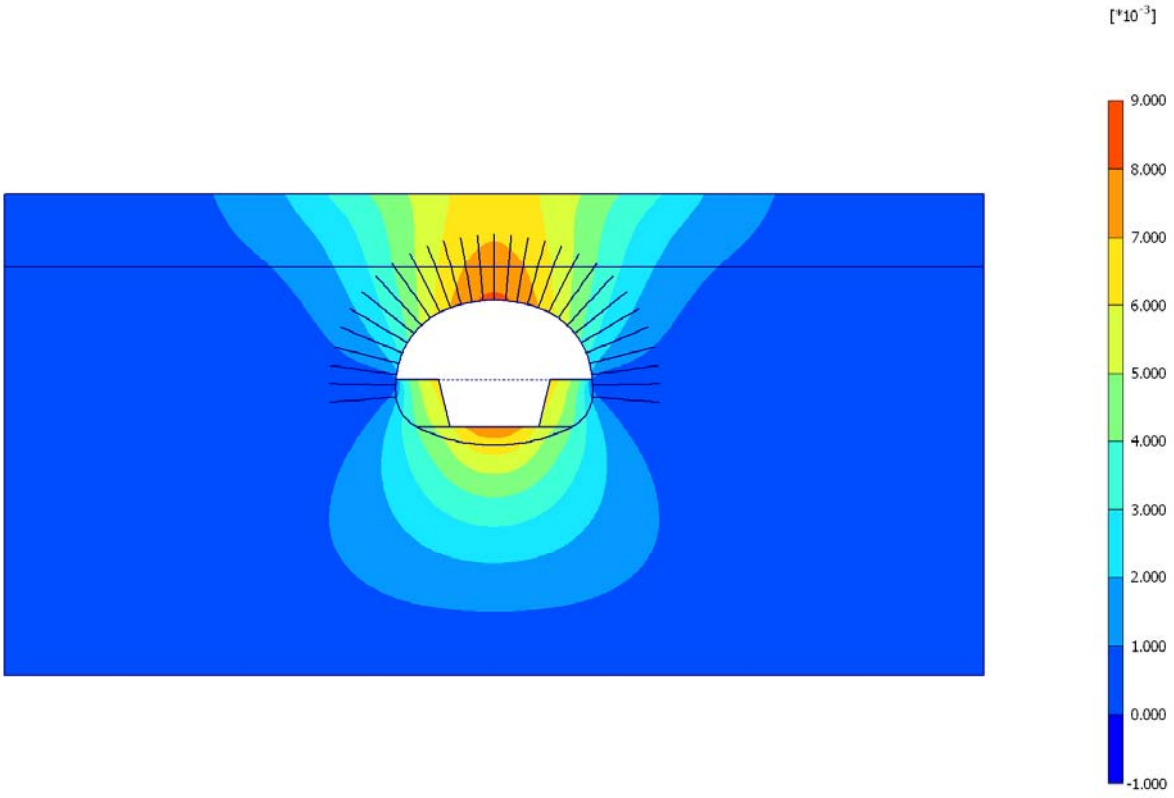


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 10 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

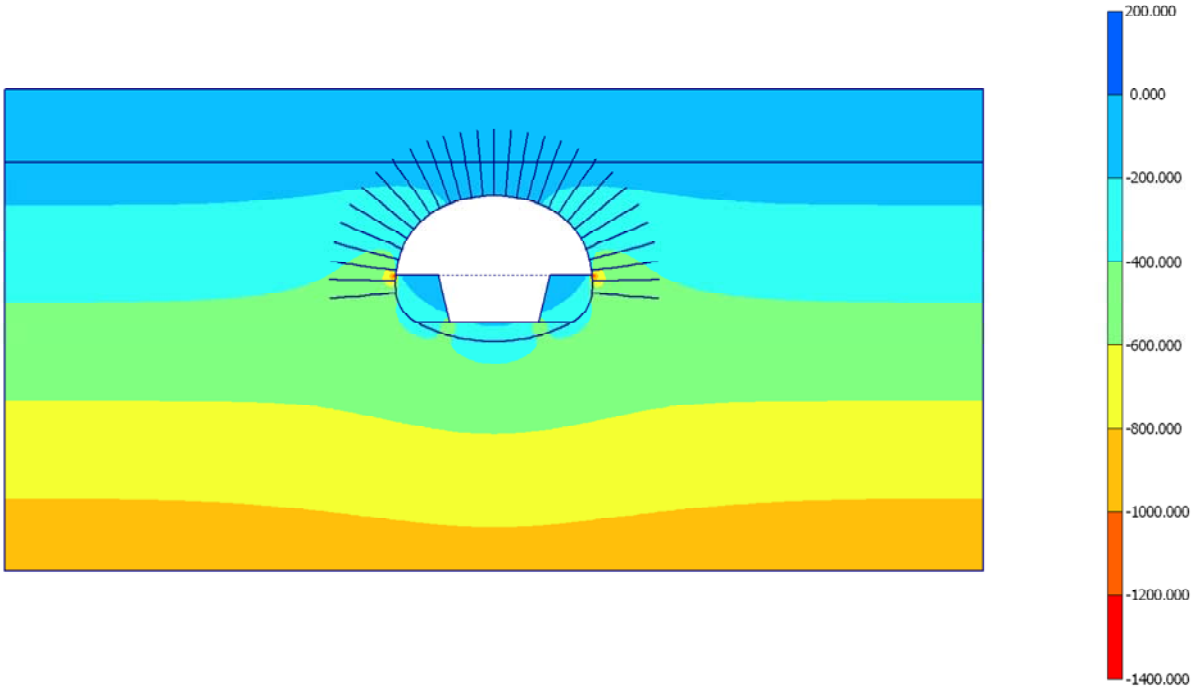


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 10 - (Phase: 3)

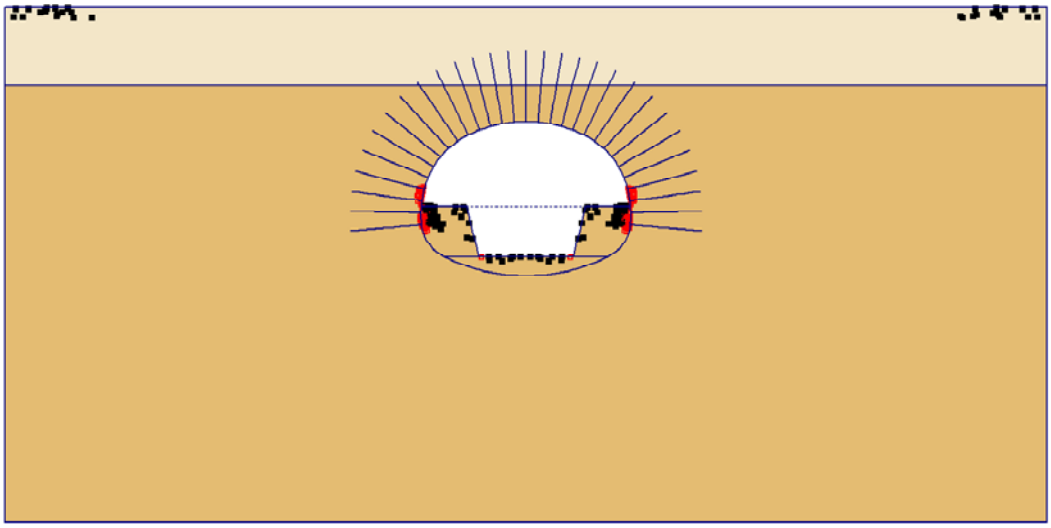


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 10 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

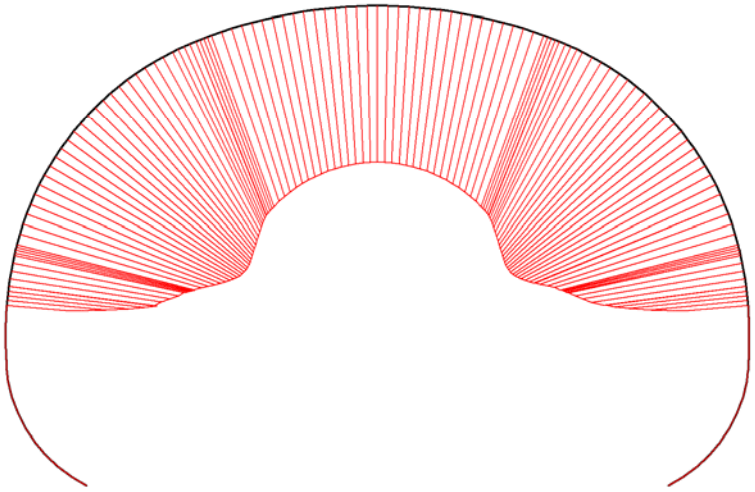


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -562,40 kN/m (Phase: 3)

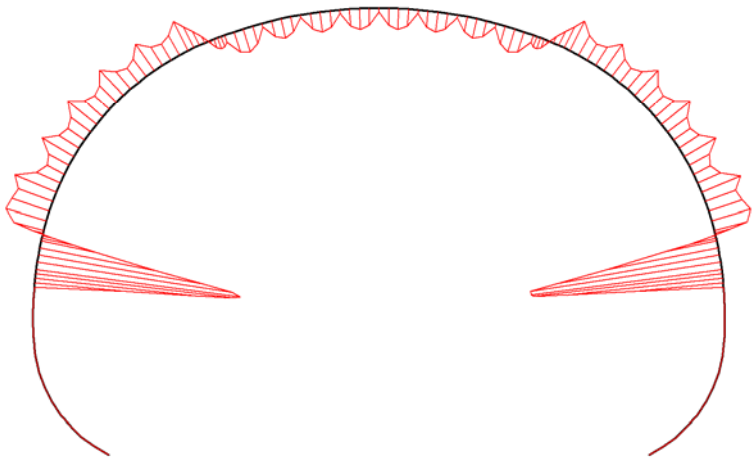


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value 9,47 kNm/m (Phase: 3)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	7,048	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	7,066	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	7,069	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	6,978	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,568	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	5,950	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	5,735	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	6,063	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	6,555	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	7,102	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	7,693	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	8,455	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	7,815	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,065	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,075	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,982	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	6,576	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,938	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	5,731	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	6,071	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	6,560	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	7,113	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	7,695	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	8,547	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	7,930	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-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 *Plot of total displacements*

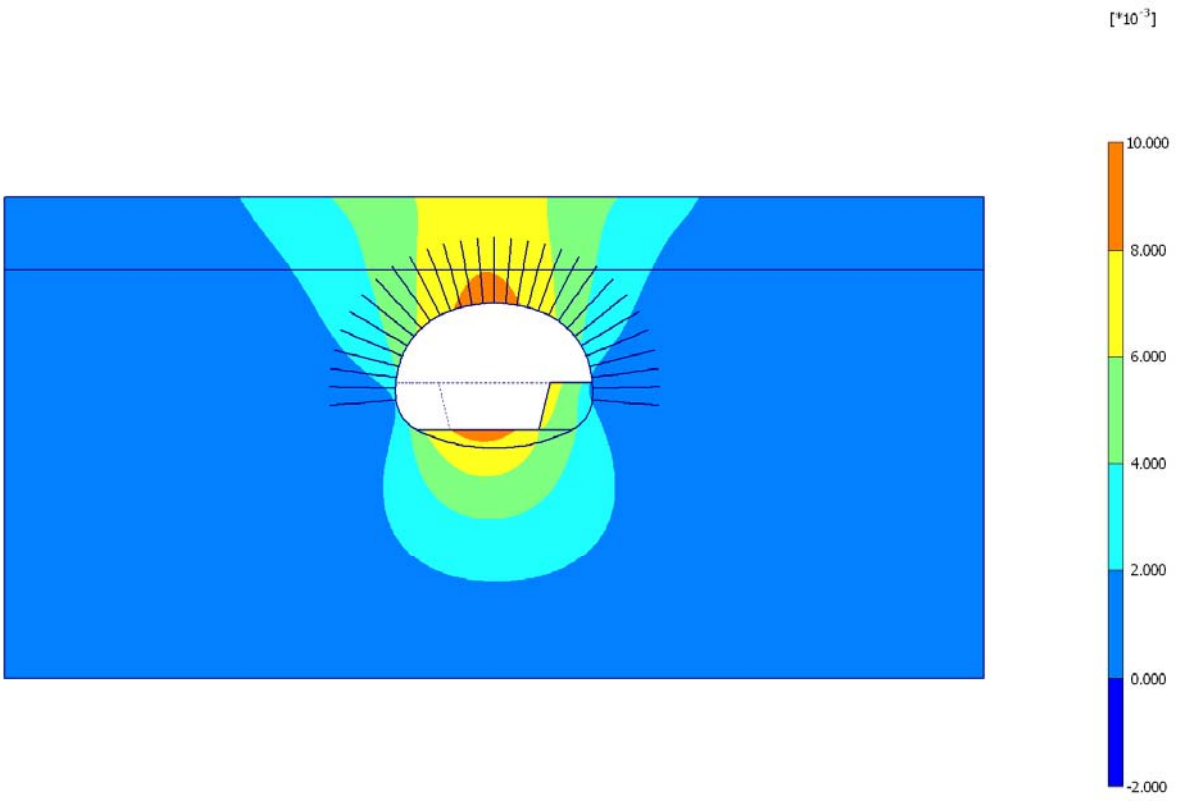


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 13 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

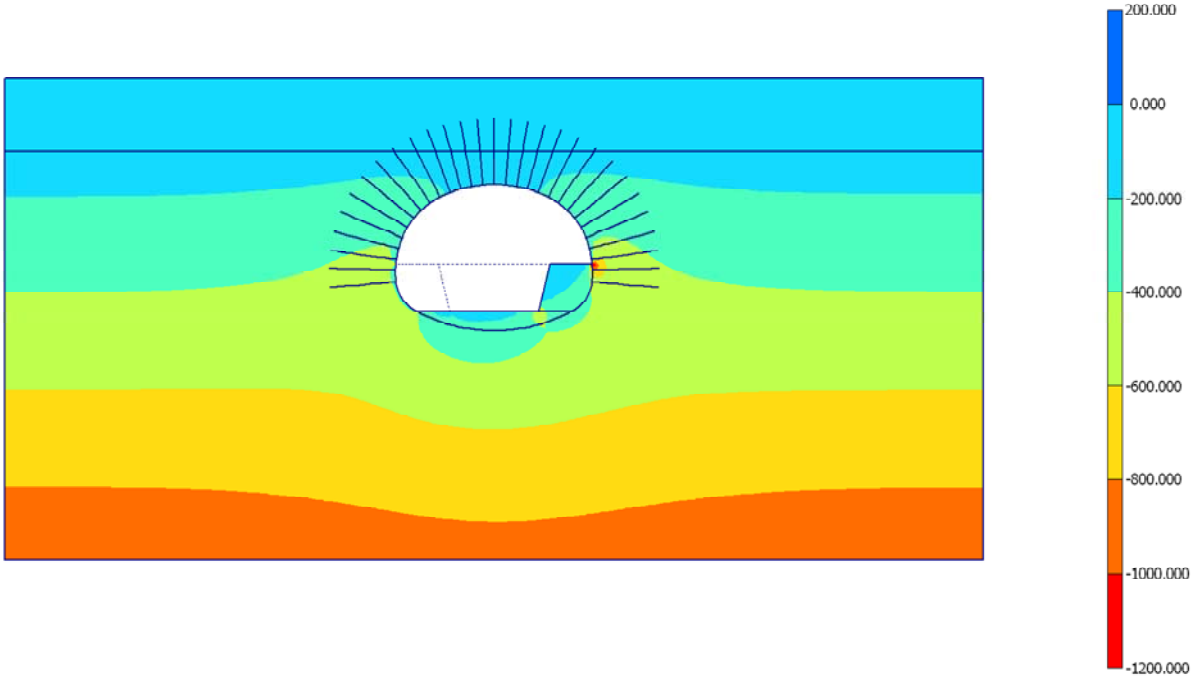


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 13 - (Phase: 4)

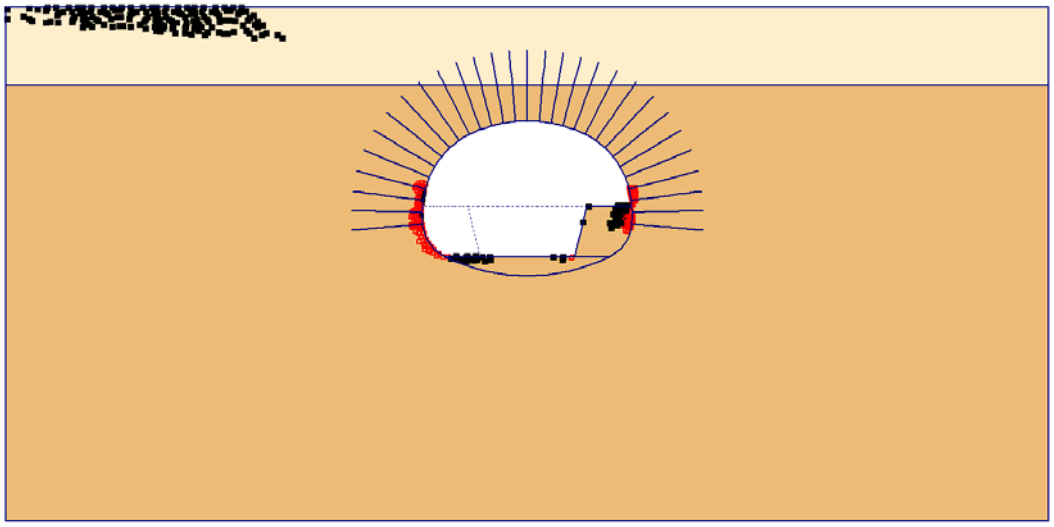


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 13 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

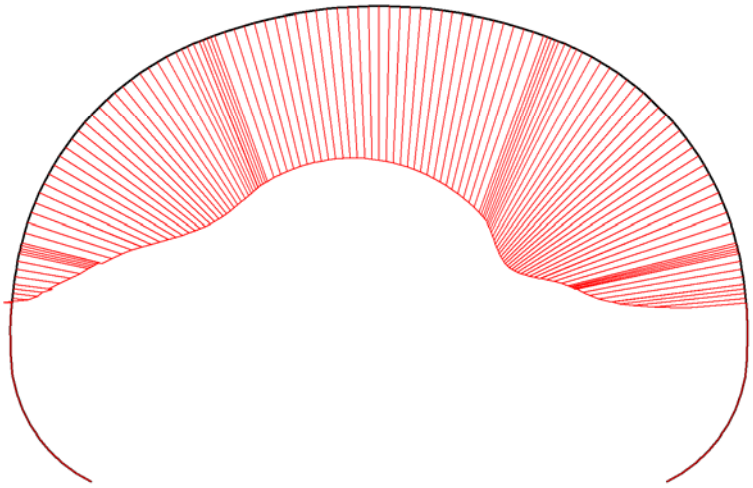


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -644,18 kN/m (Phase: 4)

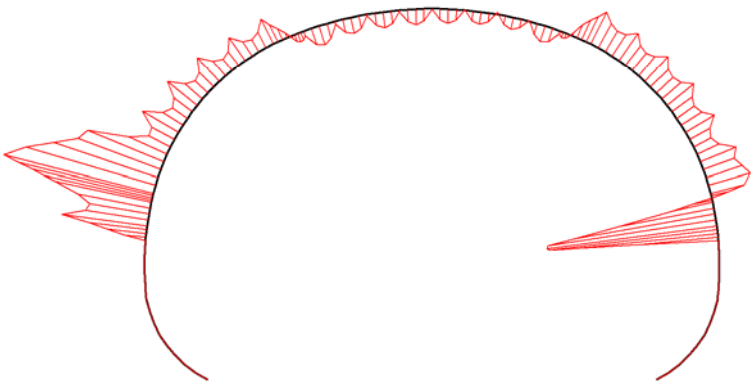


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value 9,60 kNm/m (Phase: 4)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	7,124	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	7,122	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	7,087	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	6,925	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,383	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	5,581	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	5,239	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	5,474	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	5,924	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	6,485	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	7,132	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	8,075	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	7,729	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,163	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,224	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	7,248	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	7,076	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	6,746	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	6,966	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	8,090	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	9,688	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	11,588	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	13,905	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	18,698	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	28,492	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-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 *Plot of total displacements*

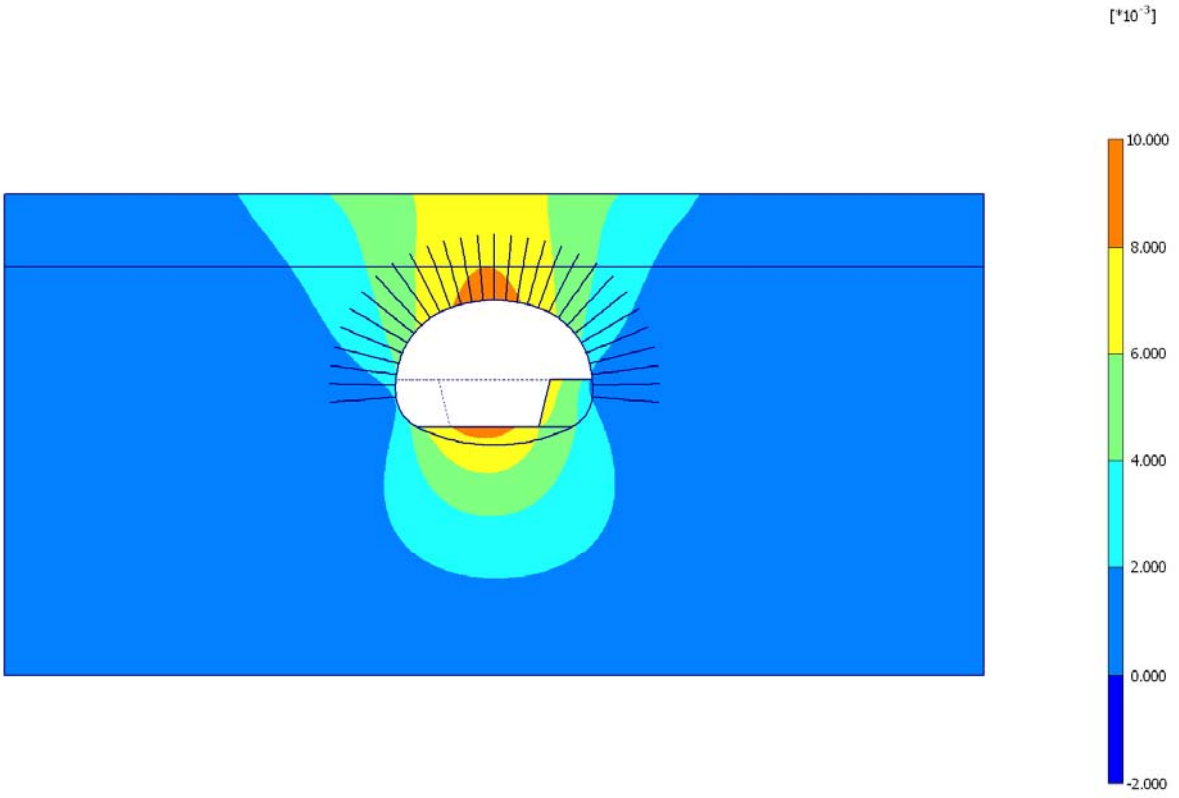


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 15 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

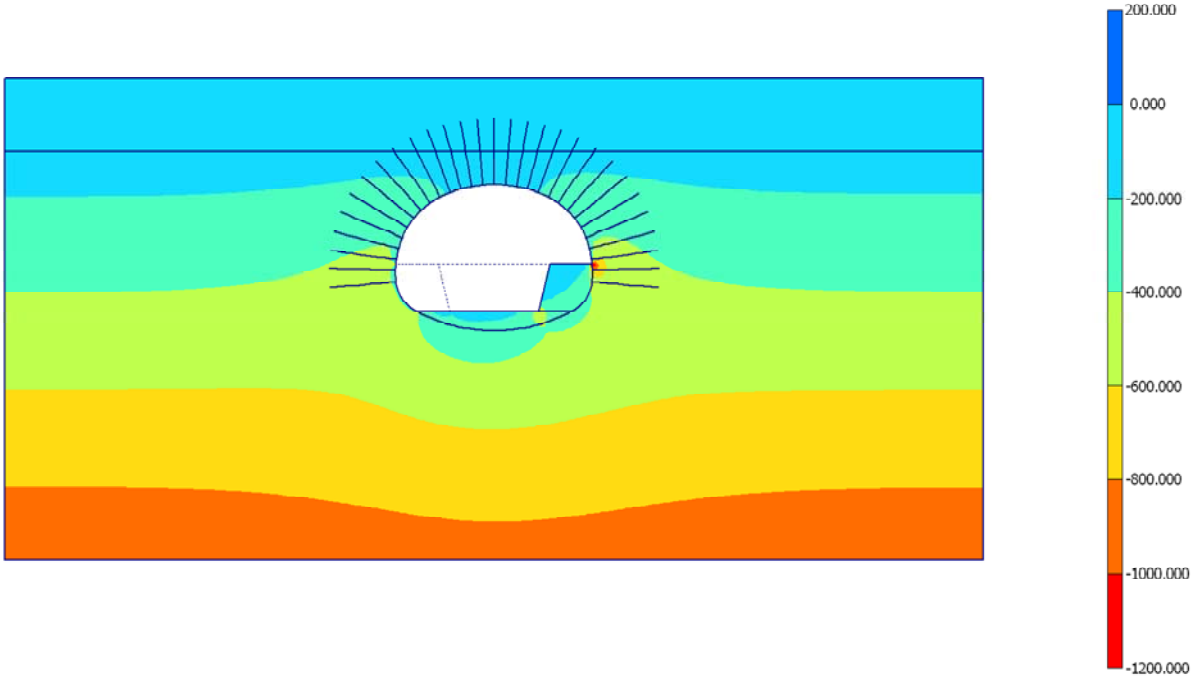


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 15 - (Phase: 5)

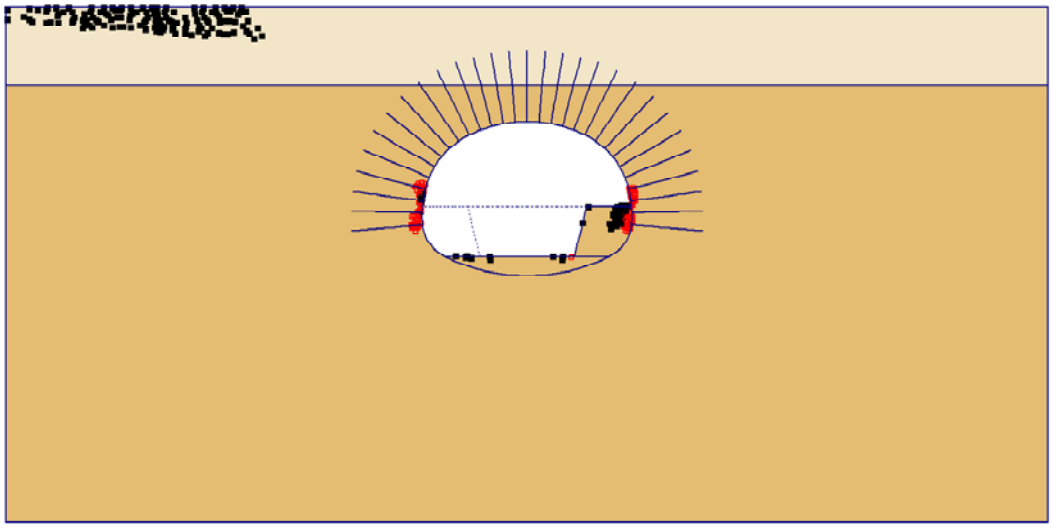


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 15 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

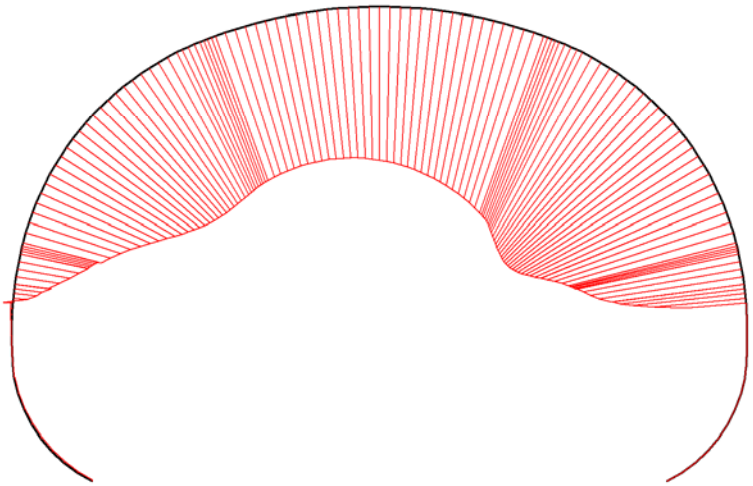


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -646,16 kN/m (Phase: 5)

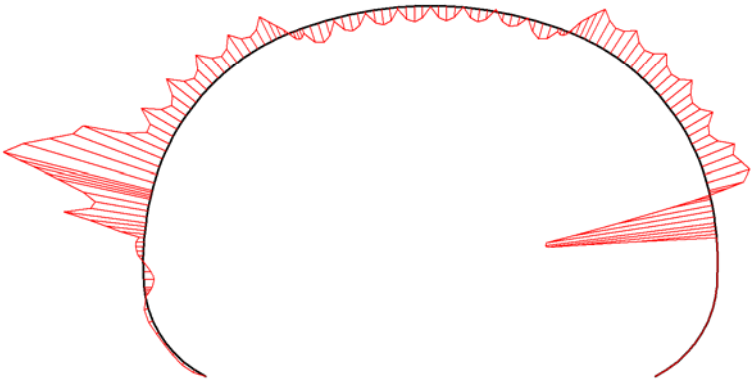


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value 9,54 kNm/m (Phase: 5)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	7,136	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	7,132	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	7,097	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	6,934	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,388	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	5,584	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	5,241	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	5,477	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	5,929	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	6,493	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	7,143	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	8,102	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	7,823	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,176	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,240	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	7,268	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	7,104	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	6,785	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	7,015	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	8,155	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	9,770	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	11,681	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	14,009	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	18,905	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	28,714	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,145	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,152	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

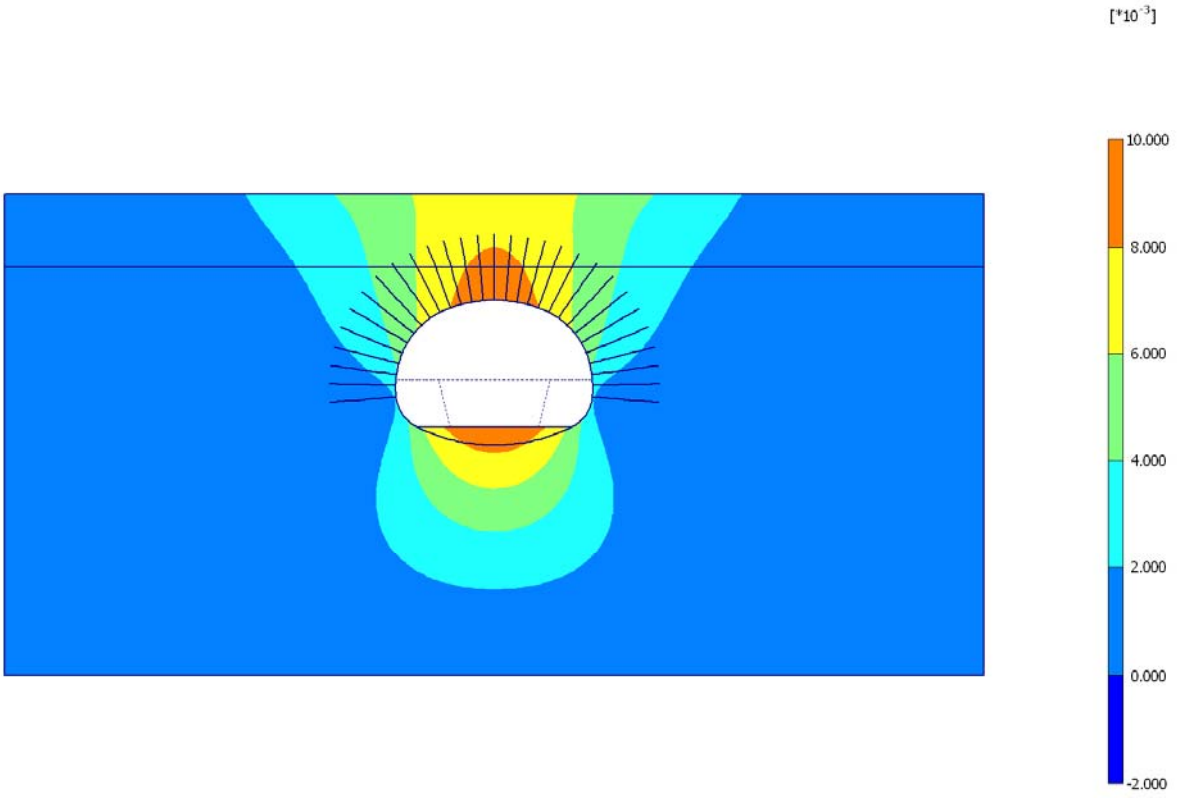


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 18 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

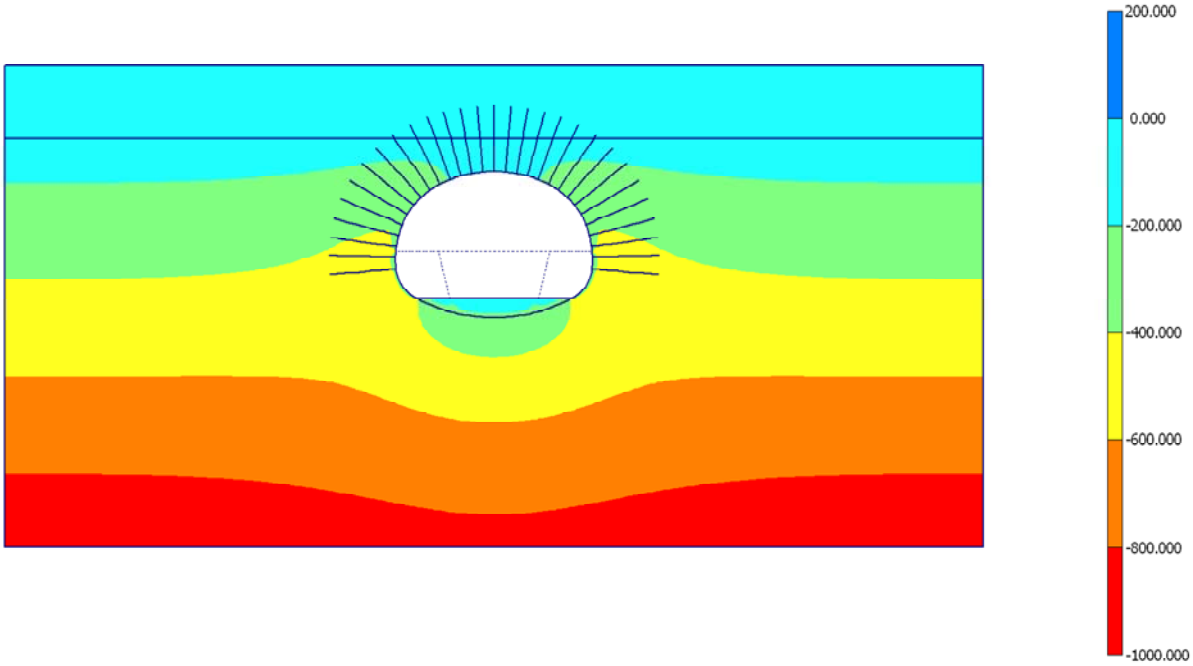


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 18 - (Phase: 6)

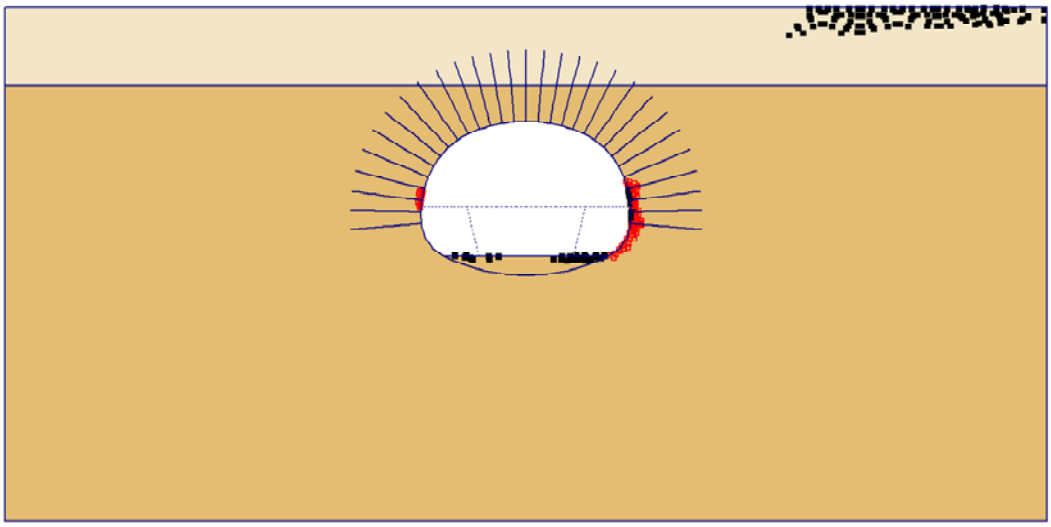


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 18 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

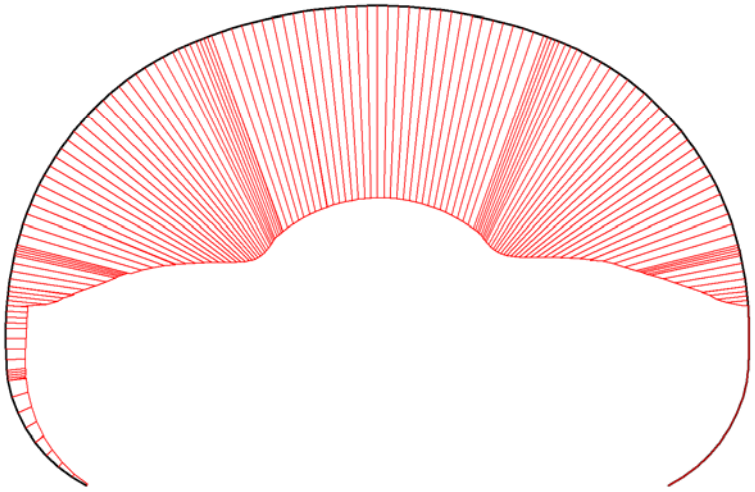


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -583,00 kN/m (Phase: 6)

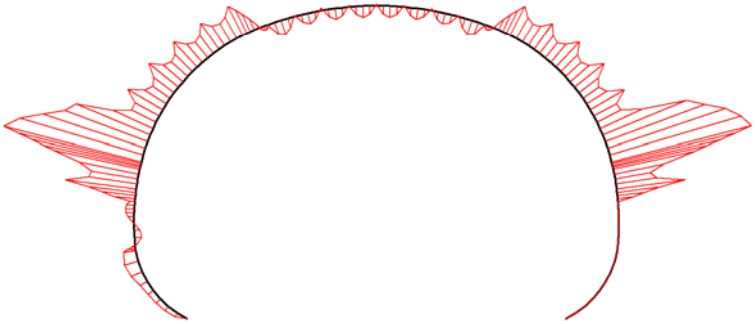


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -8,90 kNm/m (Phase: 6)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	7,211	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	7,239	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	7,269	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	7,243	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,964	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	6,512	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	6,633	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	7,691	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	9,281	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	11,168	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	13,497	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	18,883	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	29,352	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,221	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,235	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	7,174	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	6,847	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	6,308	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	6,373	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	7,361	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	8,868	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	10,730	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	13,069	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	18,073	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	28,092	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-0,399	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-0,327	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

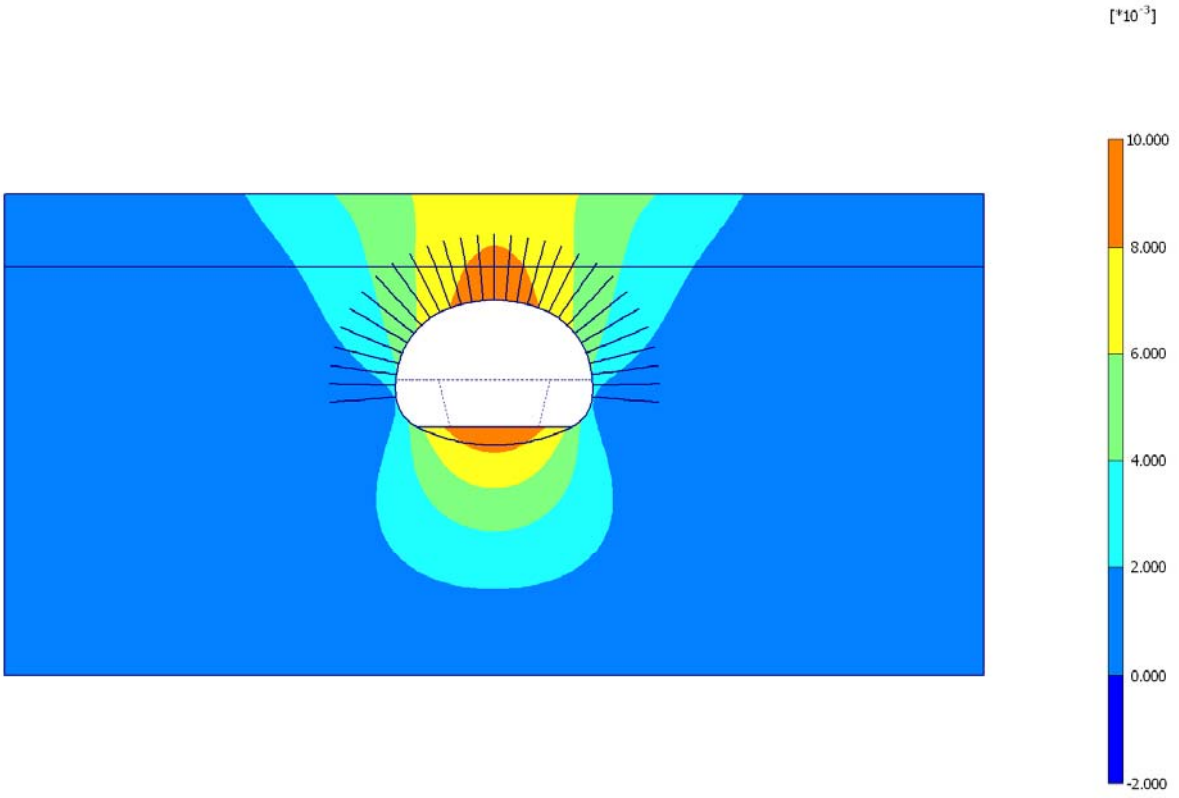


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 20 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

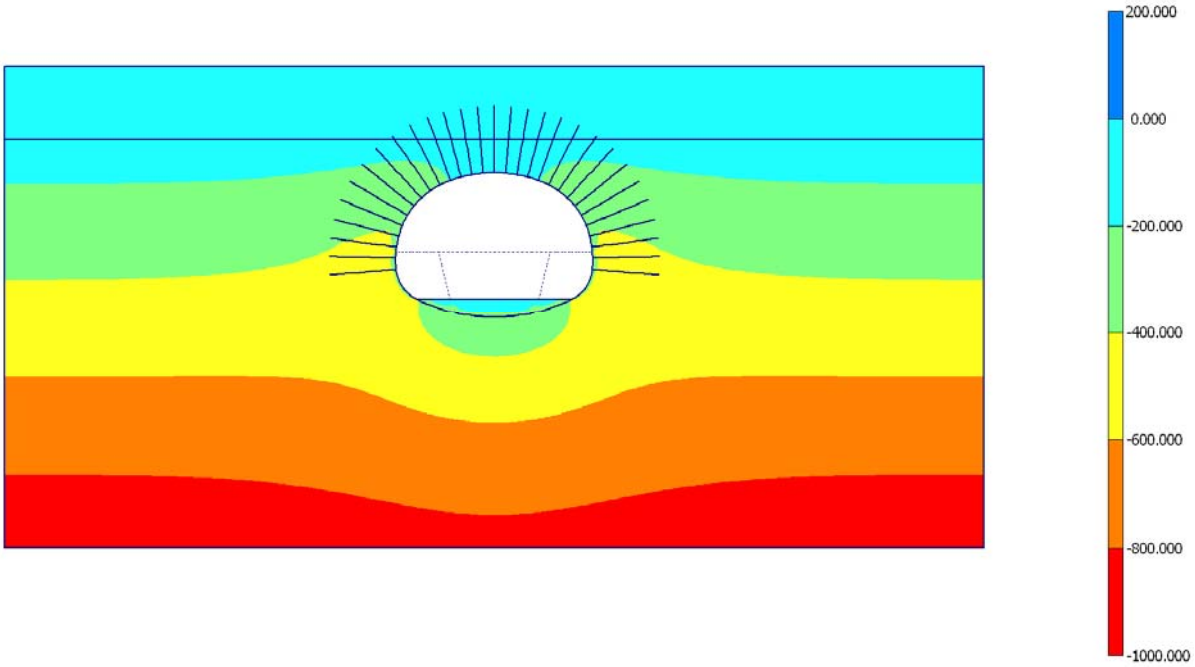


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 20 - (Phase: 7)

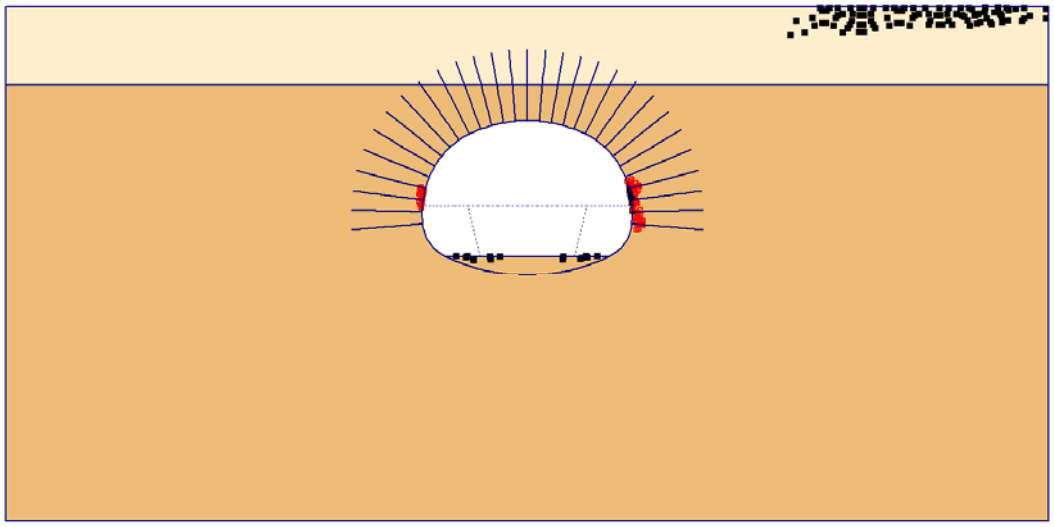


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 20 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

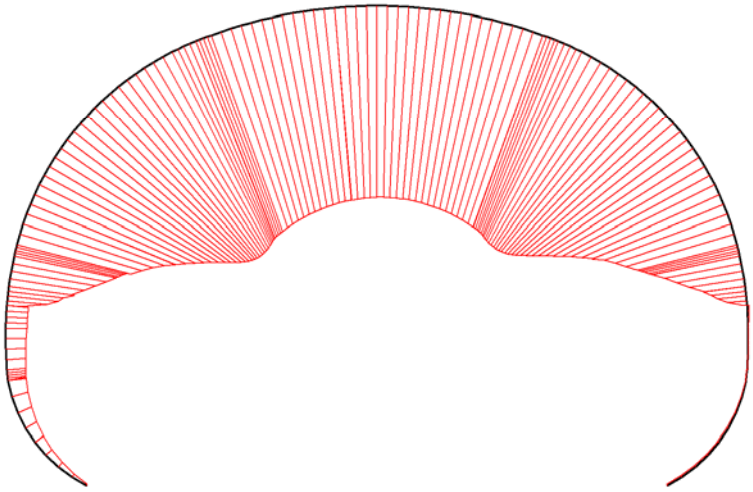


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -585,71 kN/m (Phase: 7)

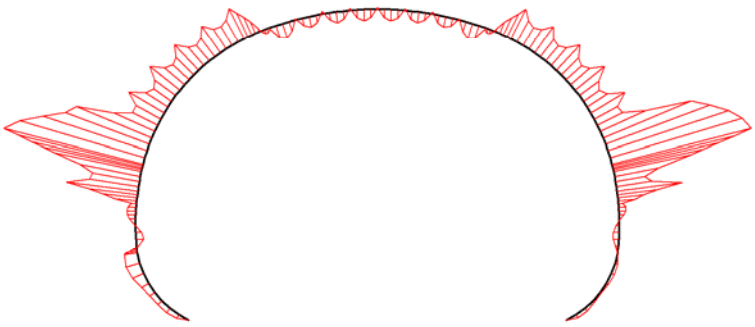


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -8,78 kNm/m (Phase: 7)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	7,221	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	7,251	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	7,284	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	7,263	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,994	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	6,553	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	6,685	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	7,760	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	9,367	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	11,262	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	13,603	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	19,122	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	29,614	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,168	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,106	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,230	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,242	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	7,178	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	6,847	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	6,302	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	6,363	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	7,347	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	8,851	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	10,711	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	13,050	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	18,055	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	28,079	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-0,410	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-0,337	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

13.Results for phase 8

13.1 *Plot of total displacements*

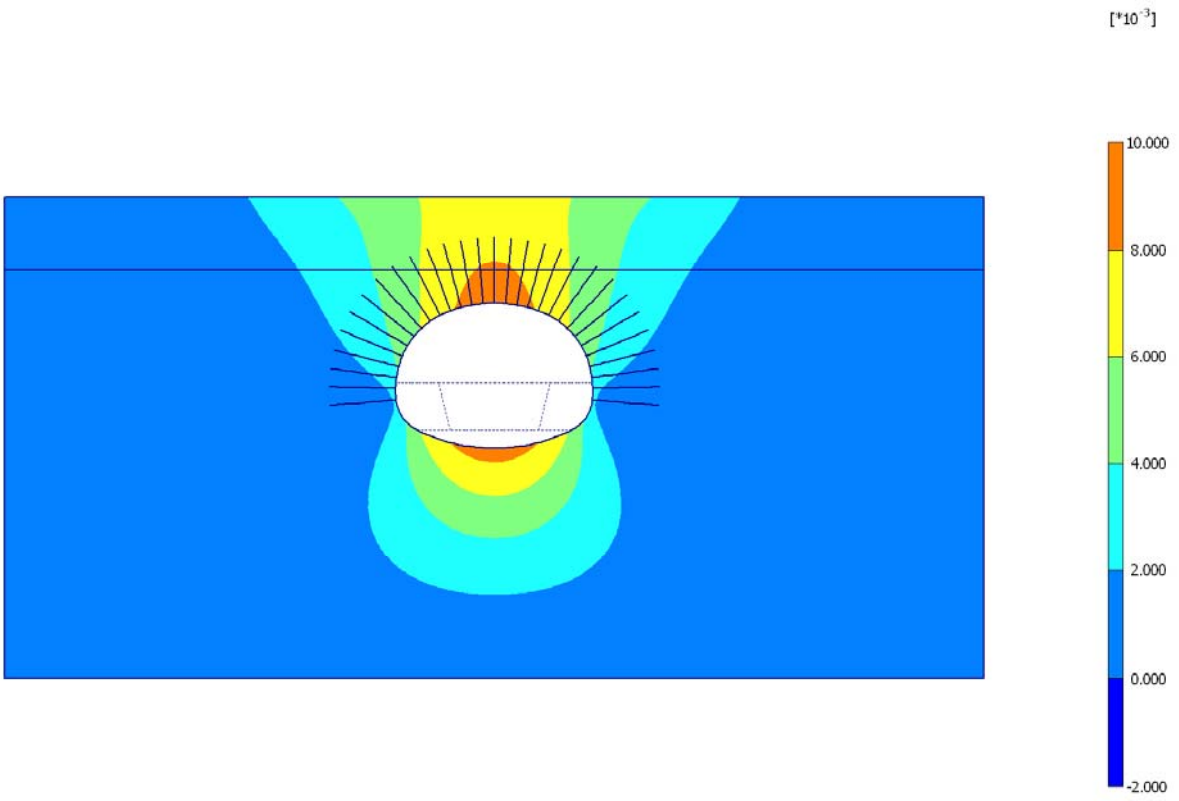


Fig. 39 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 8)

13.2 *Plot of total stresses*

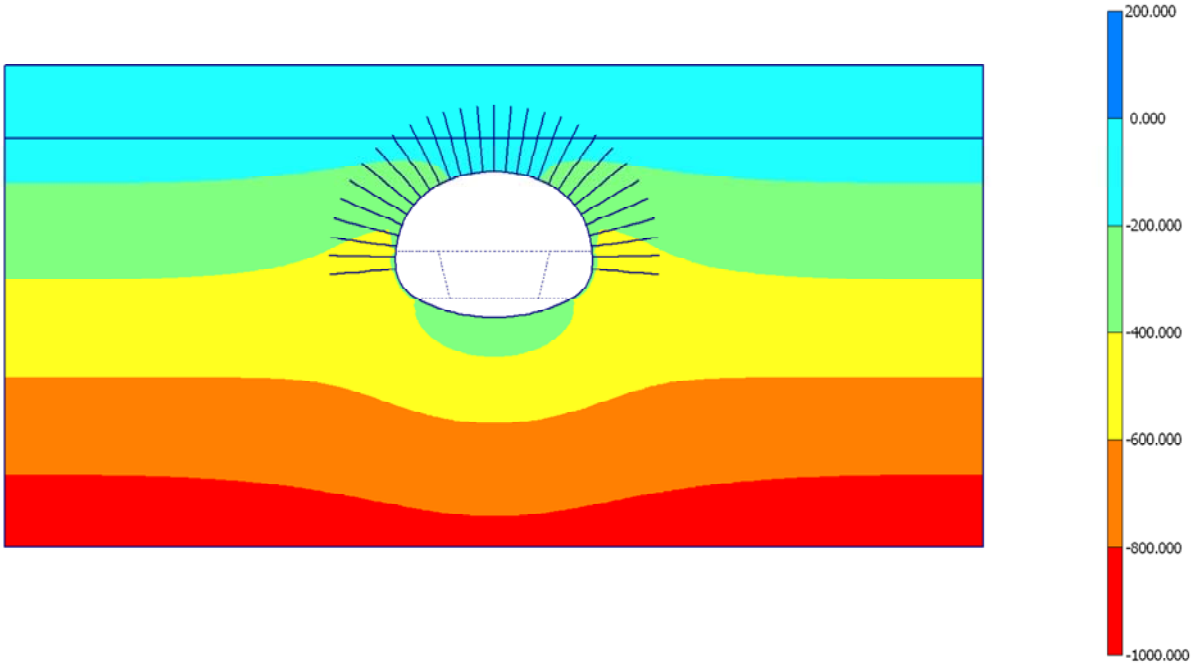


Fig. 40 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 8)

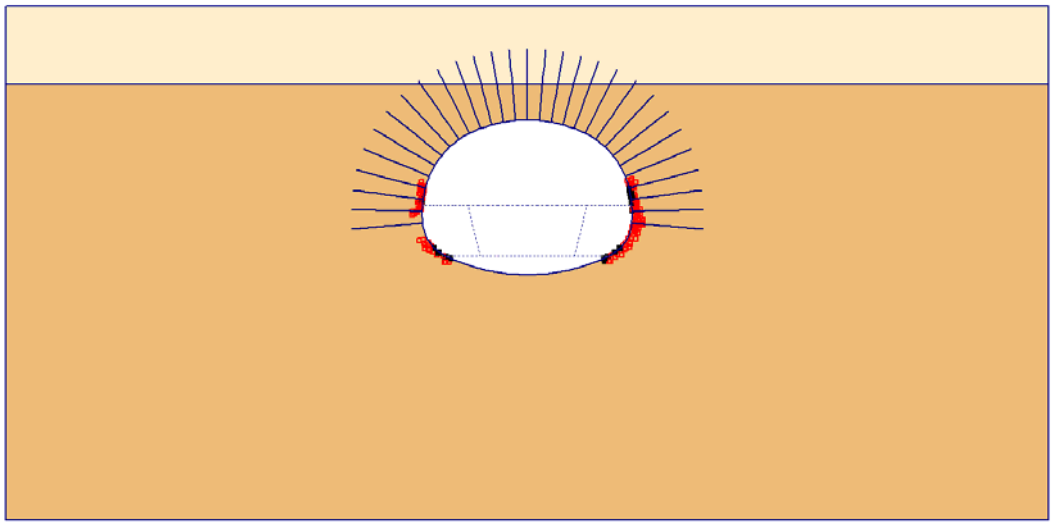


Fig. 41 Plot of plastic points
- Step no: 22 - (Phase: 8)

13.3 *Structures*

13.3.1 Beams

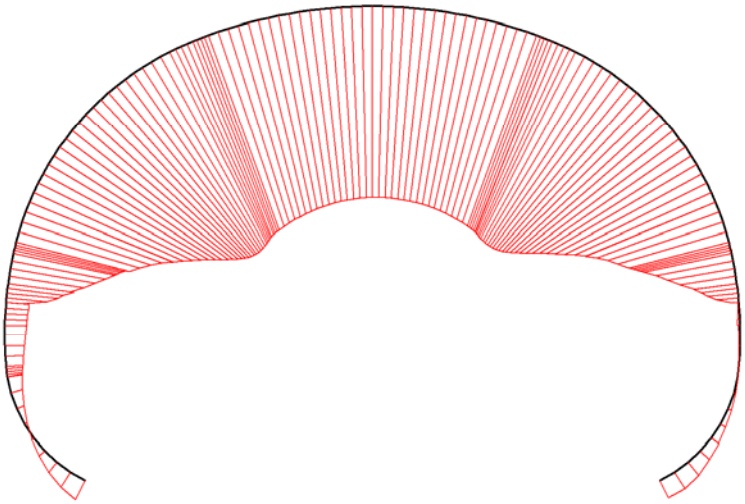


Fig. 42 Axial forces in beam
Extreme value -598,83 kN/m (Phase: 8)

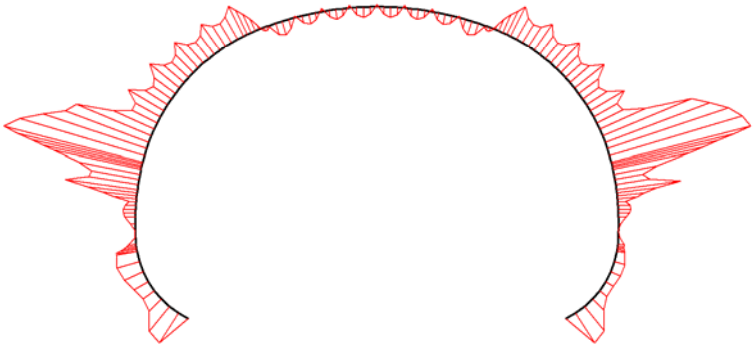


Fig. 43 Bending moments in beam
Extreme value -8,92 kNm/m (Phase: 8)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	7,108	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	7,136	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	7,162	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	7,130	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,842	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	6,369	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	6,488	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	7,560	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	9,184	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	11,122	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	13,539	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	19,222	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	29,929	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,725	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	1,164	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,115	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,120	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	7,046	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	6,695	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	6,119	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	6,167	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	7,148	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	8,672	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	10,580	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	12,997	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	18,124	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	28,333	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,093	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,615	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

REPORT

06/18/2013

User: EPTISA

Title: CAVERNA ESTACION HOSPITAL.
CS-5 Lutitas y areniscas. 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	23,416

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

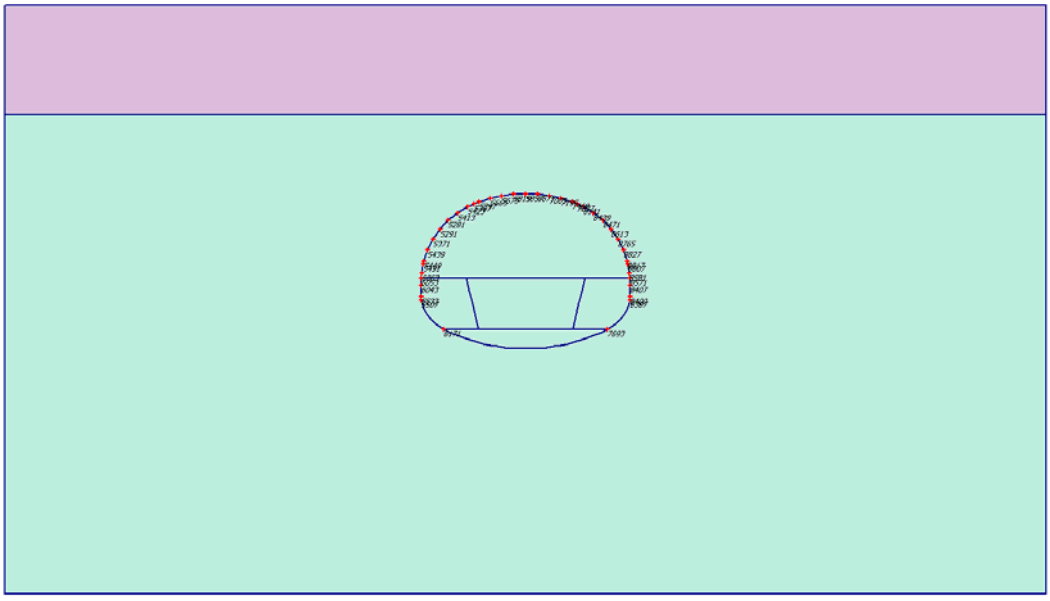


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

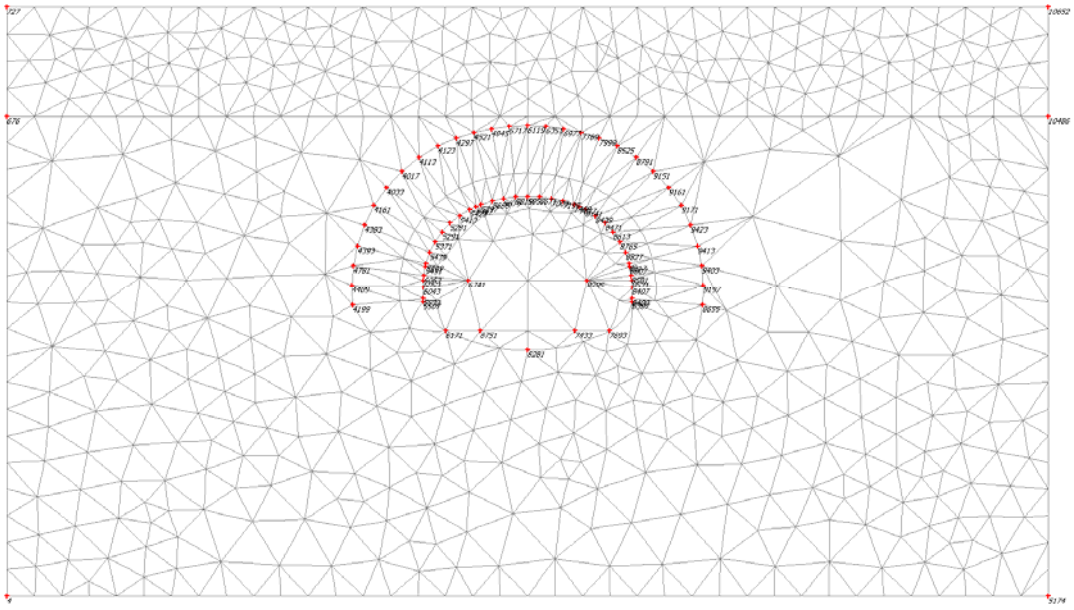


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

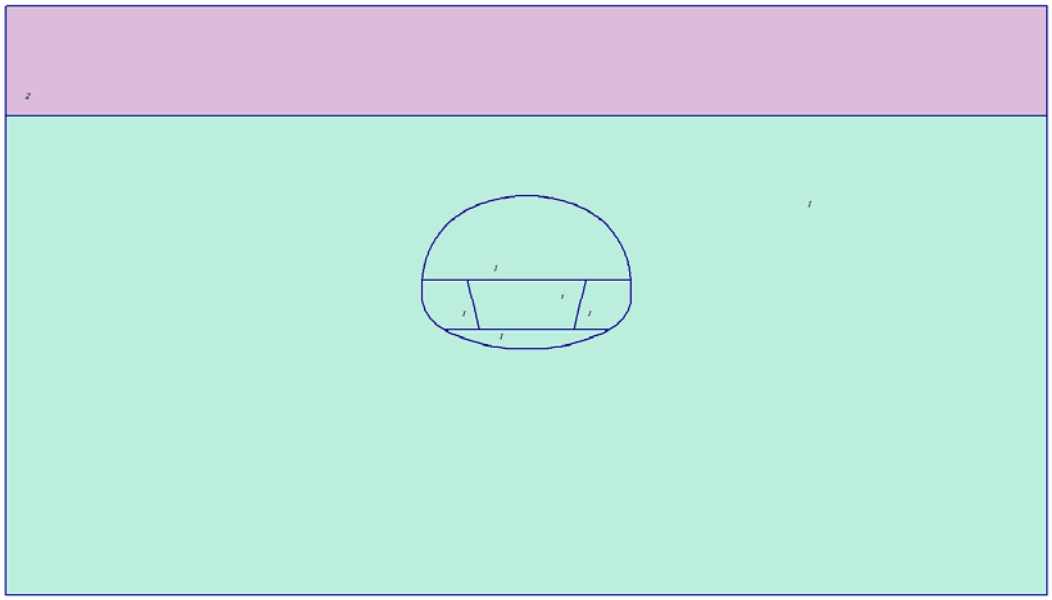


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		1 Lut-are RMR20	2 Suelos_Roca alterada
Type		Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00	21,00
γ_{sat}	[kN/m³]	26,00	21,00
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]	685000,000	457000,000
ν	[-]	0,250	0,250
G_{ref}	[kN/m²]	274000,000	182800,000
E_{oed}	[kN/m²]	822000,000	548400,000
c_{ref}	[kN/m²]	160,00	102,00
φ	[°]	33,00	27,00
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	Staged construction	1	3
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	4	13
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	14	17
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	18	21
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	22	24
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	25	28
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	29	30
<Phase 8>	8	7	Plastic analysis	Staged construction	31	32

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

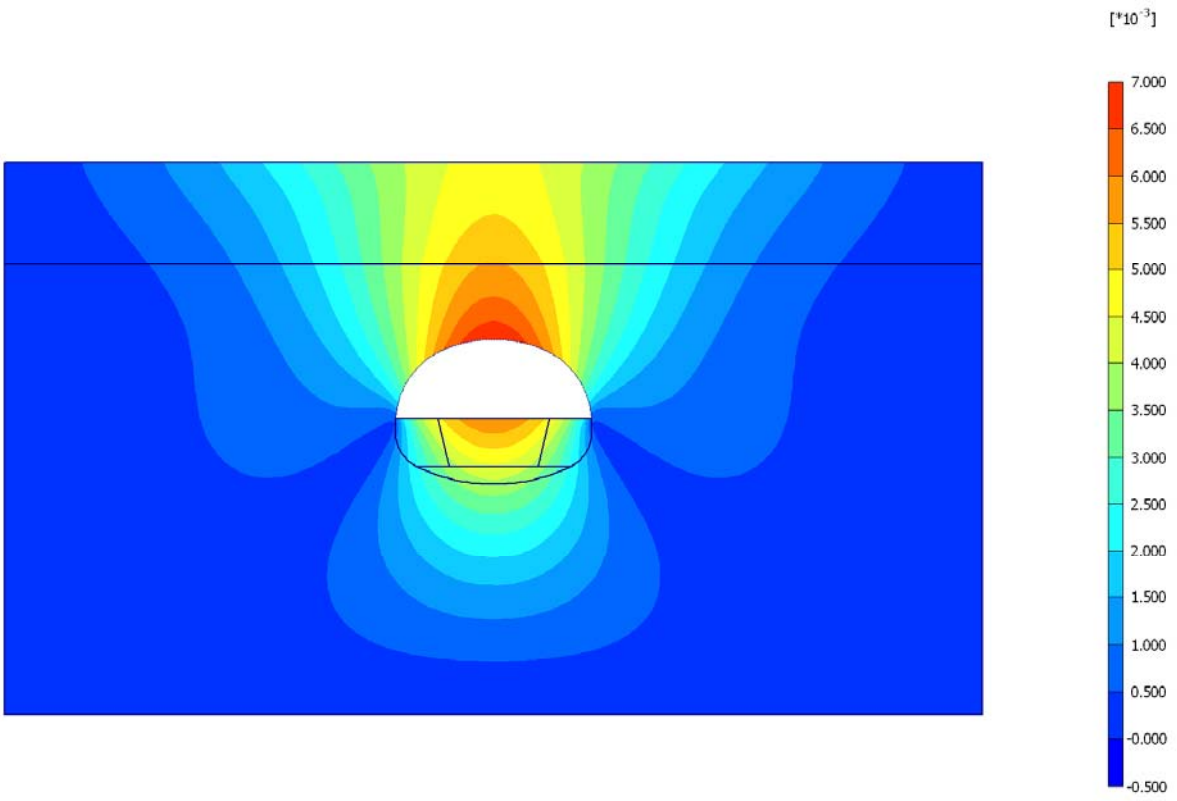


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

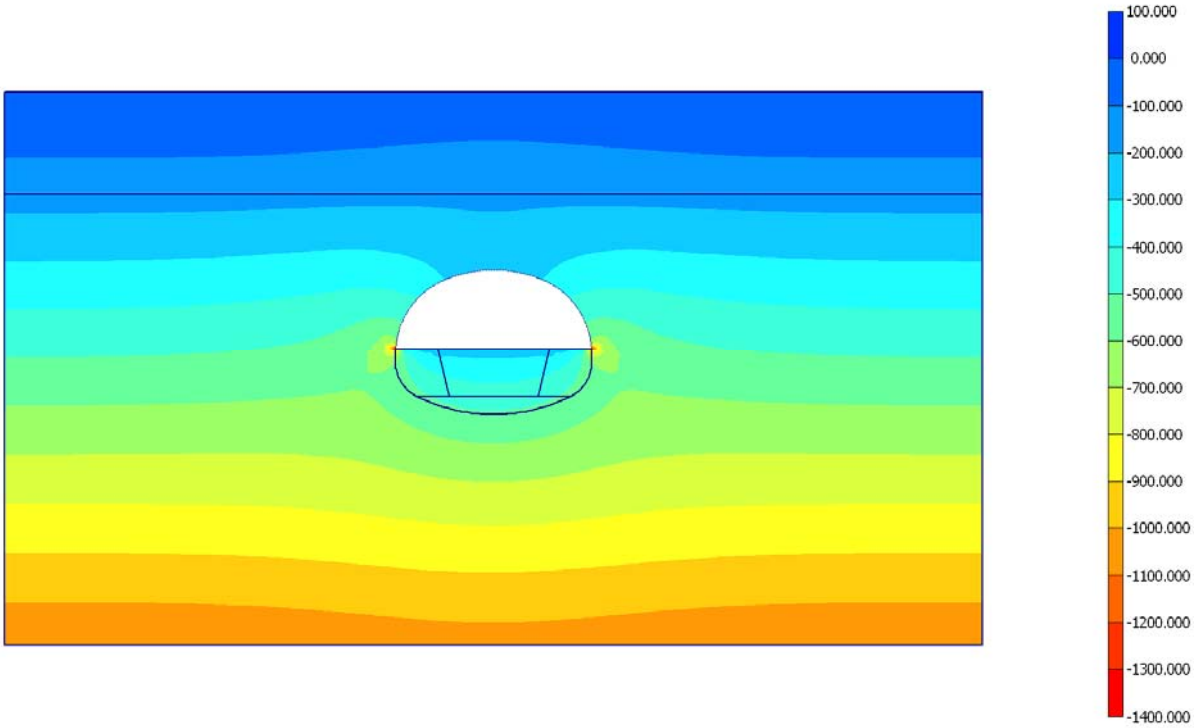


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

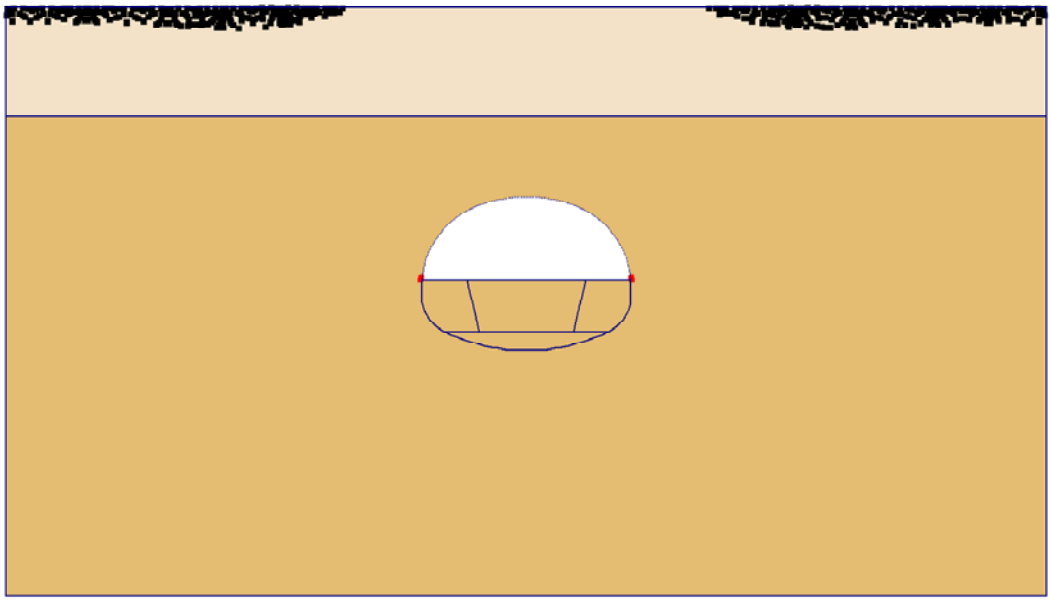


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

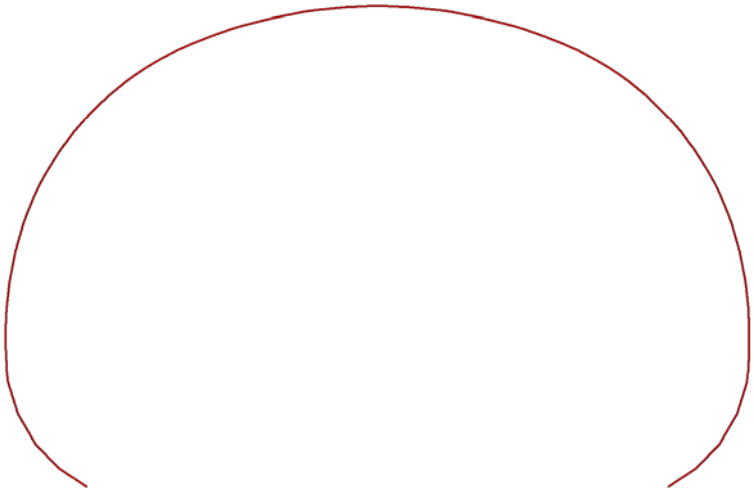


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

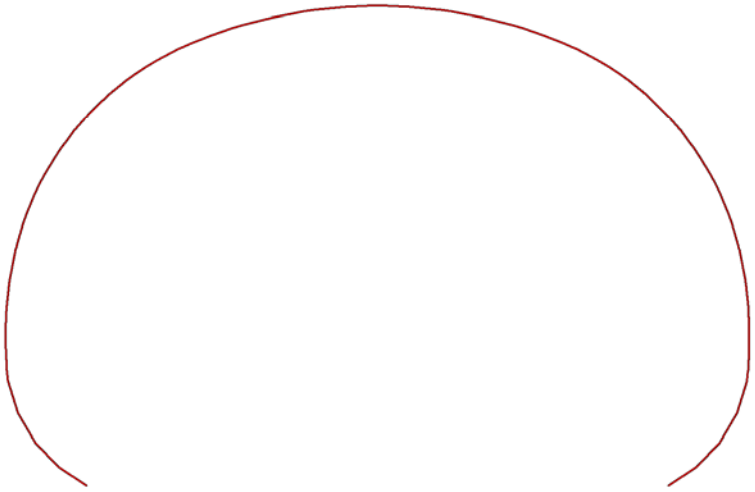


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521 5665	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4297	-6,000	12,366	0,000	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]
	5397	-3,954	6,721				0		
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-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 *Plot of total displacements*

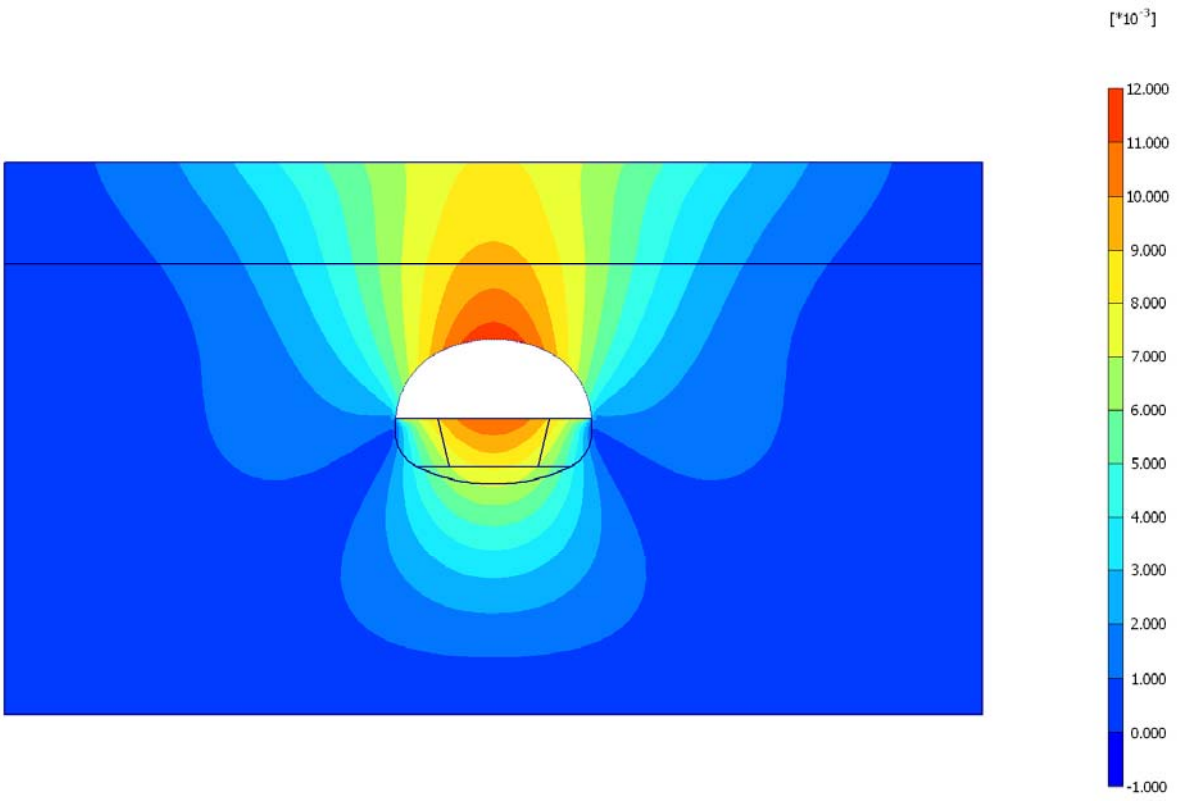


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 13 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

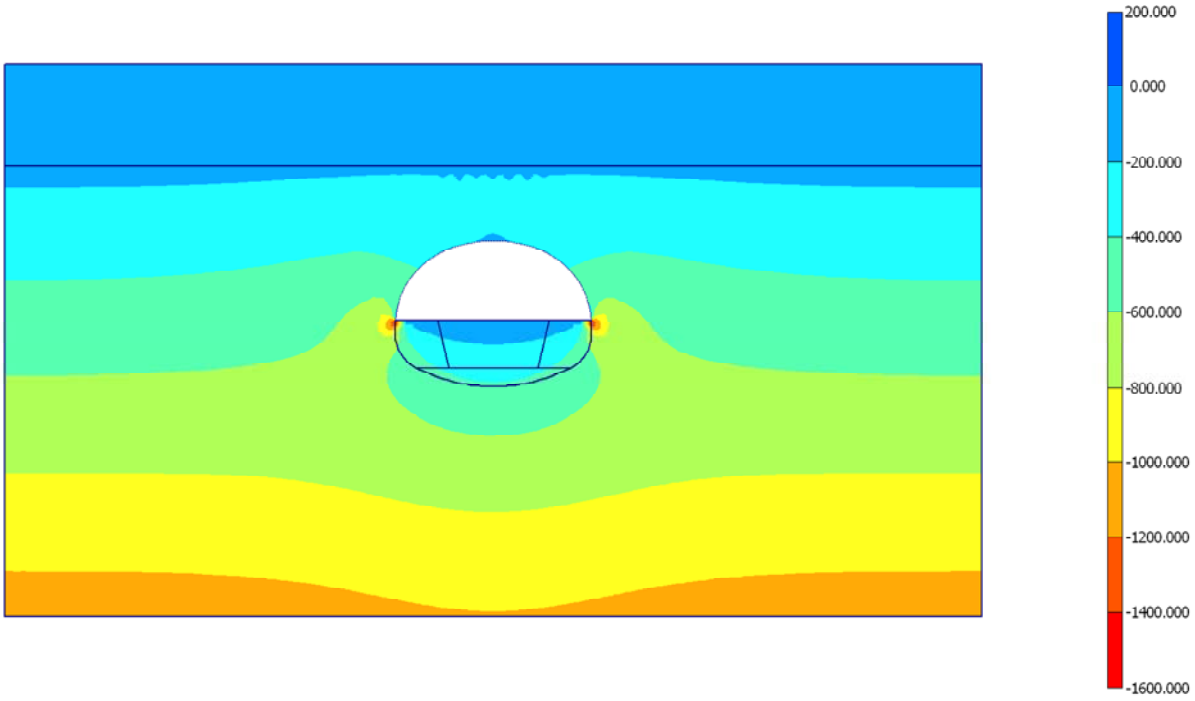


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 13 - (Phase: 2)

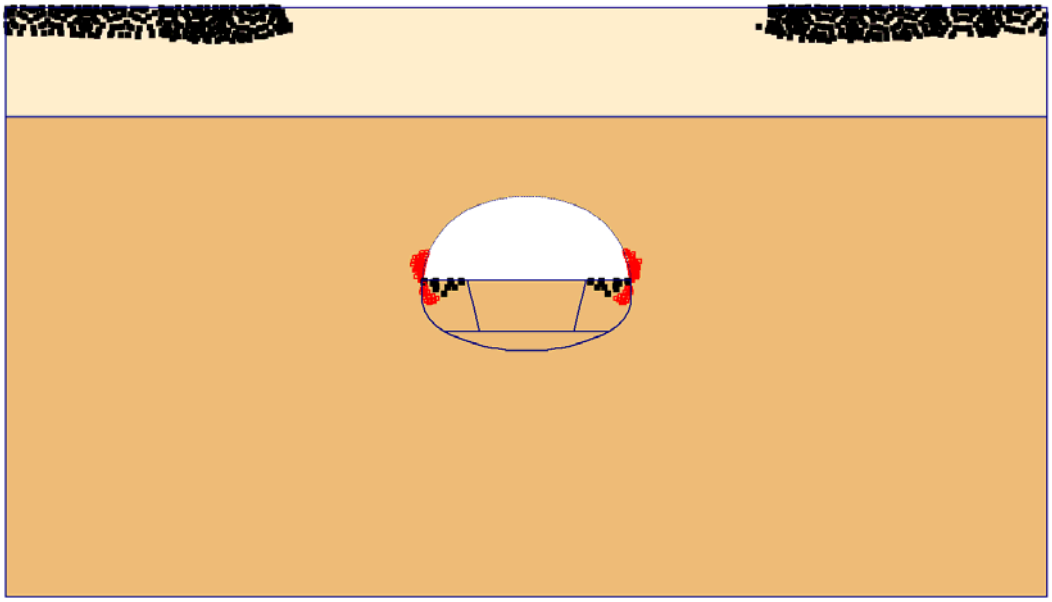


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 13 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

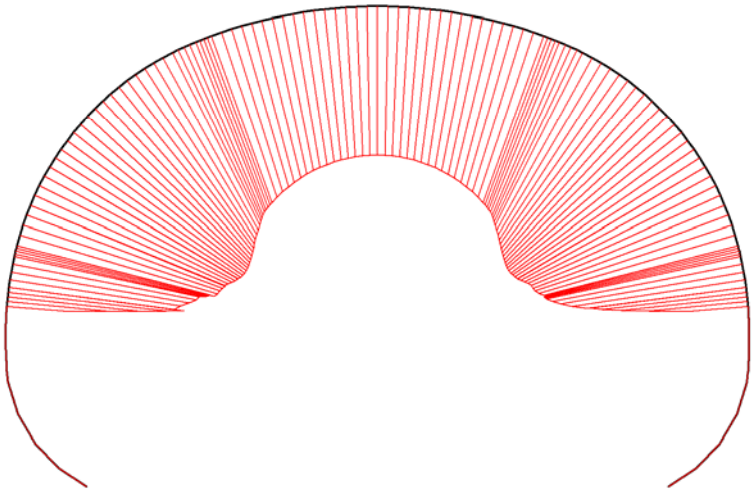


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -656,36 kN/m (Phase: 2)

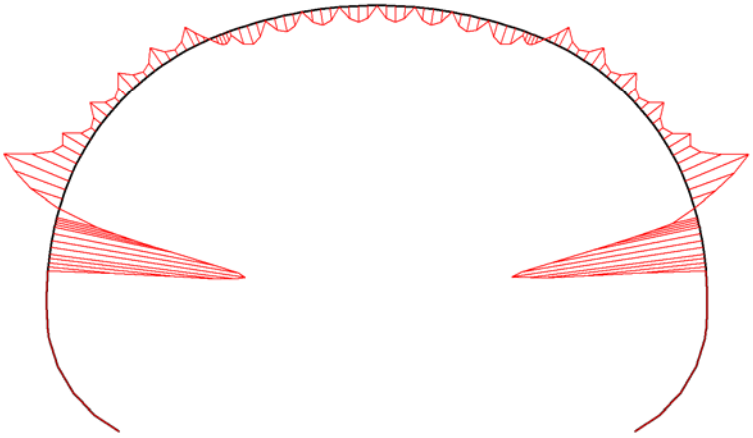


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value 16,77 kNm/m (Phase: 2)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	12,278	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	12,319	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	12,365	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	12,299	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	11,950	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	11,424	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	11,443	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	11,676	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	11,954	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	12,230	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	12,796	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	15,041	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	12,128	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	12,307	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	12,365	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521 5665	-4,540 -2,993	12,816 7,023	12,299	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4297	-6,000	12,366	11,948	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]
	5397	-3,954	6,721				0		
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	11,431	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	11,434	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	11,669	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	11,953	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	12,218	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	12,860	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	15,444	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	12,405	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-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 *Plot of total displacements*

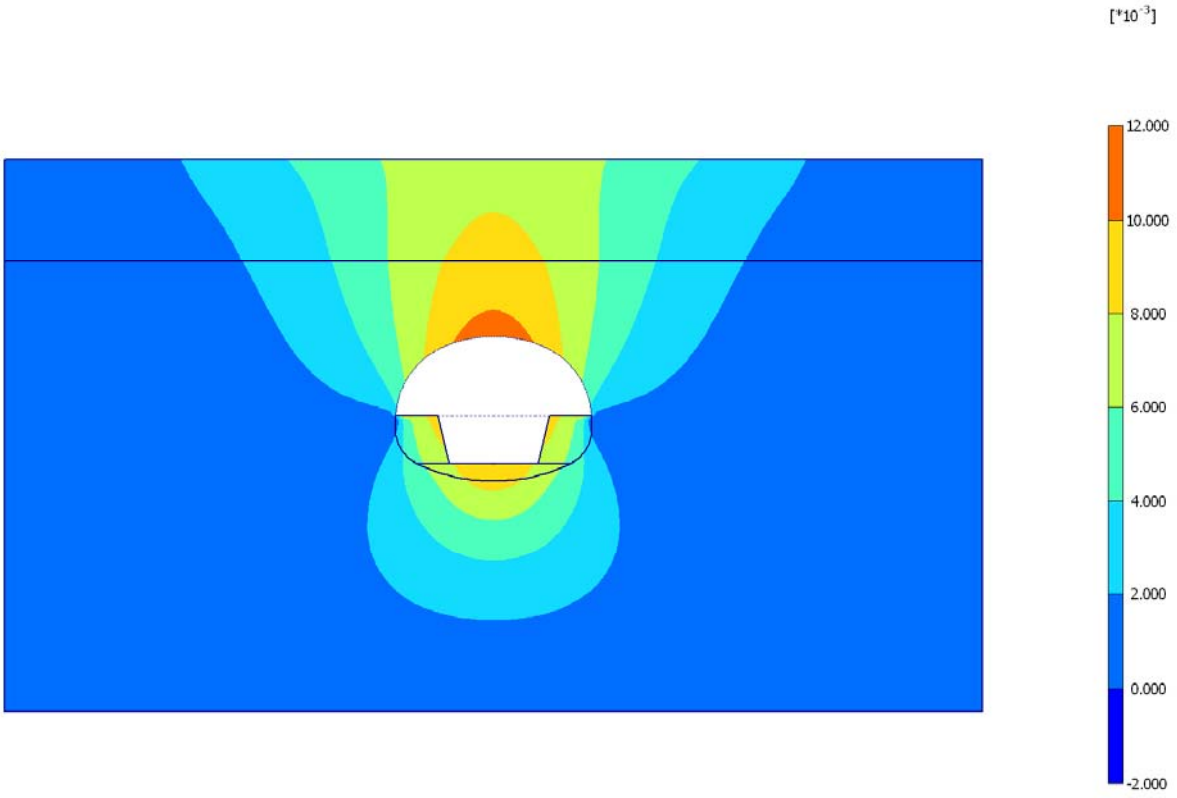


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 17 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

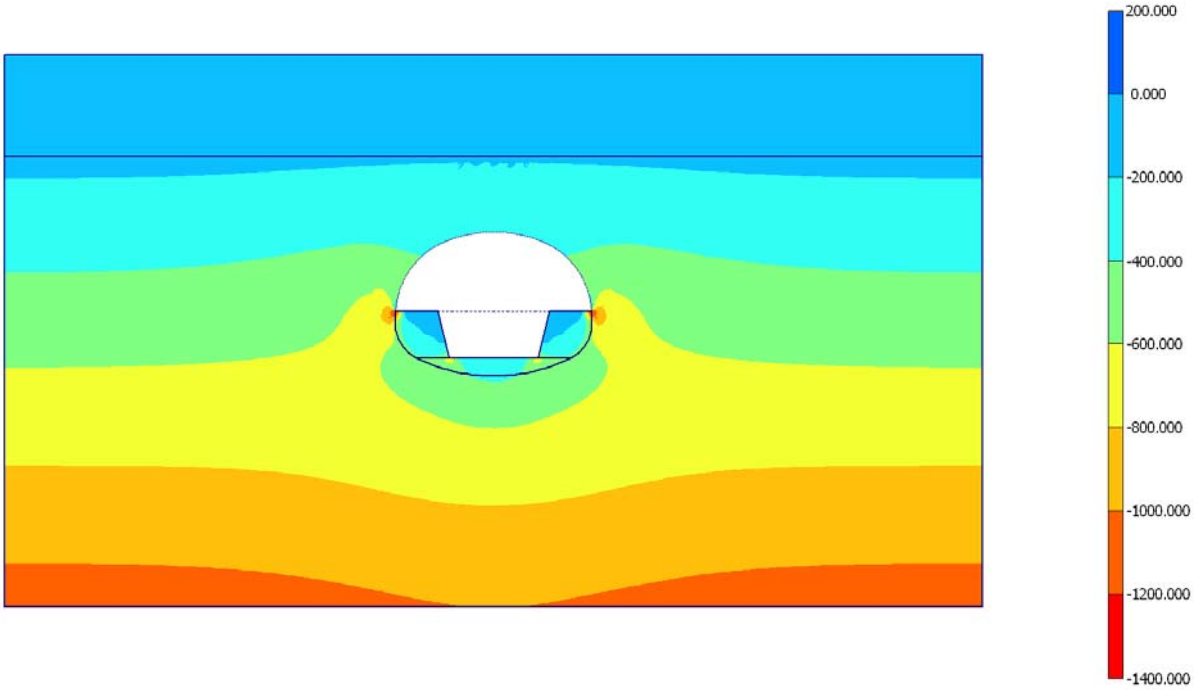


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 17 - (Phase: 3)

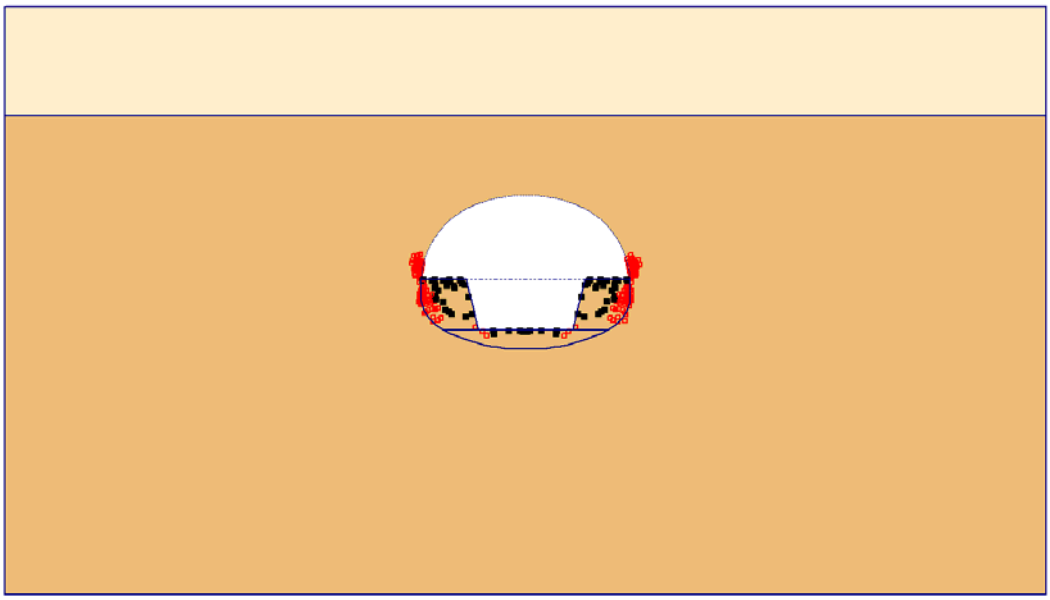


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 17 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

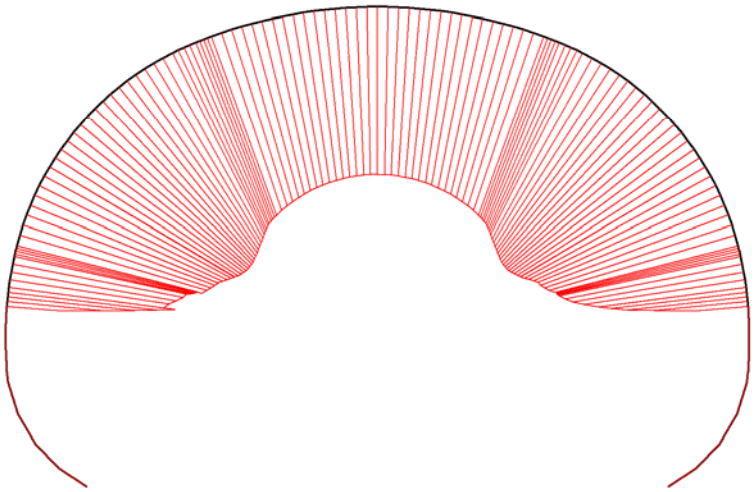


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -738,79 kN/m (Phase: 3)

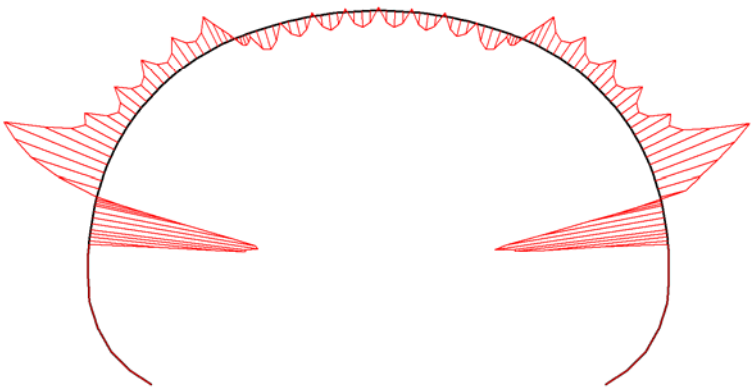


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value 11,59 kNm/m (Phase: 3)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	11,685	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	11,715	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	11,728	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	11,608	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	11,153	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	10,452	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	10,441	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	10,825	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	11,448	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	12,317	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	13,899	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	18,351	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	20,863	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	11,704	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	11,730	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521	-4,540	12,816	11,610	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]
	5665	-2,993	7,023				0		
19	4297 5397	-6,000 -3,954	12,366 6,721	11,155	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	10,464	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	10,440	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	10,827	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	11,457	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	12,319	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	14,009	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	18,852	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	21,091	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-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 *Plot of total displacements*

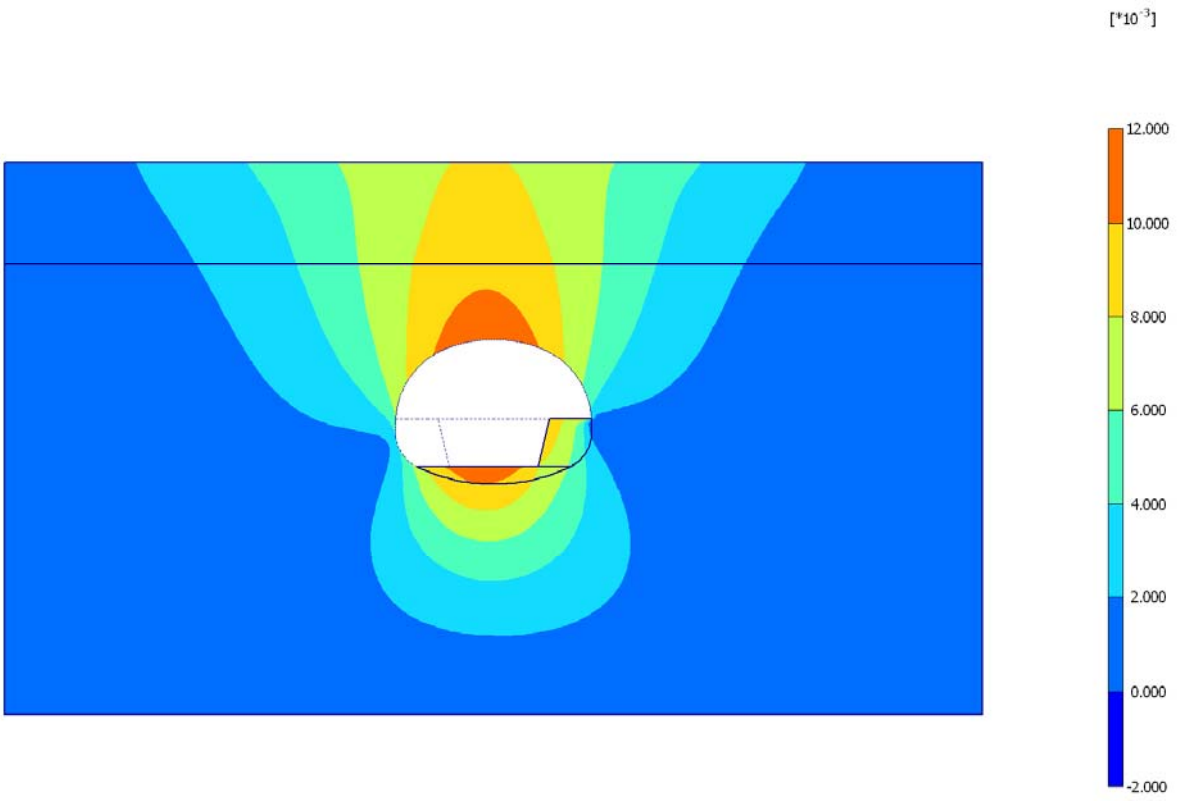


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 21 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

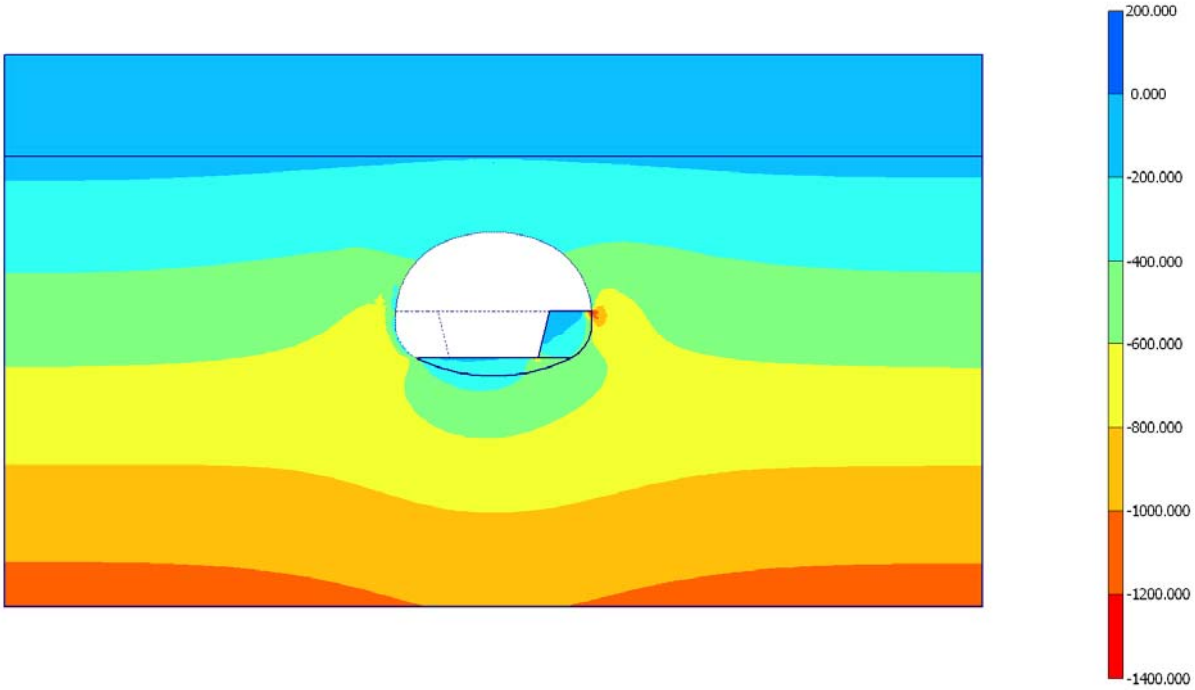


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 21 - (Phase: 4)

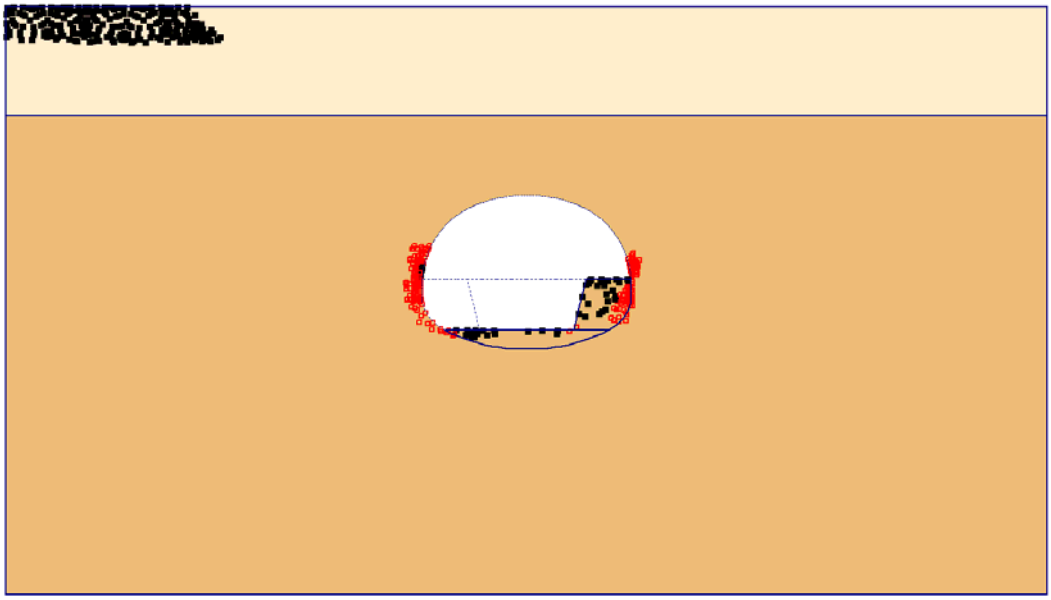


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 21 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

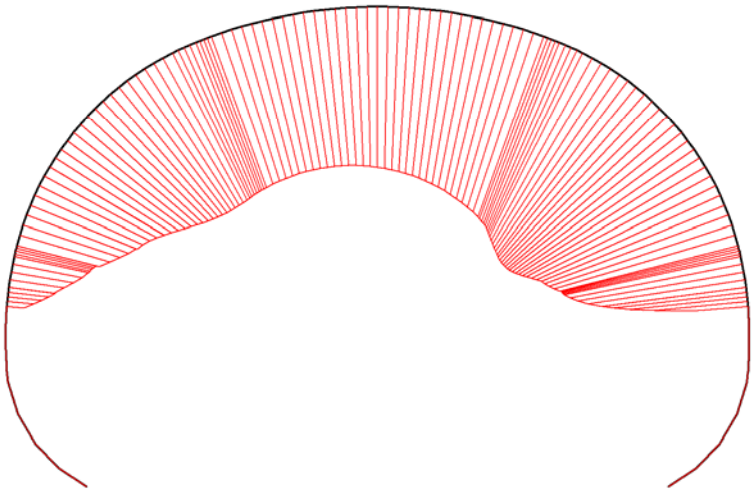


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -844,08 kN/m (Phase: 4)

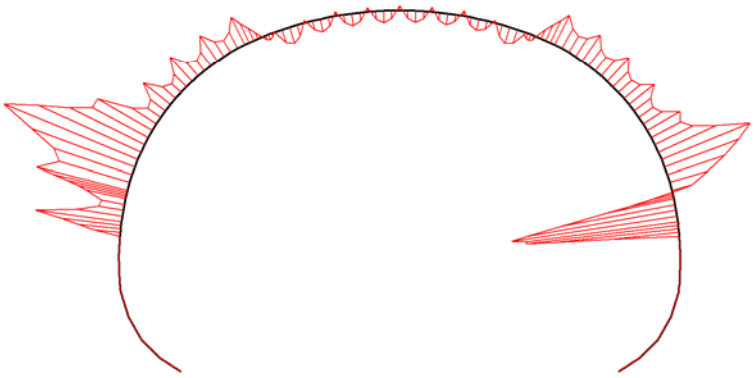


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value 13,52 kNm/m (Phase: 4)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	11,791	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	11,755	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	11,705	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	11,503	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	10,901	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	10,016	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	9,890	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	10,200	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	10,790	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	11,664	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	13,309	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	17,985	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	20,385	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	11,900	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	12,070	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521	-4,540	12,816	12,188	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]
	5665	-2,993	7,023				0		
19	4297 5397	-6,000 -3,954	12,366 6,721	12,150	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	12,029	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	12,762	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	14,159	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	15,993	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	18,312	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	23,122	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	34,053	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	48,827	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-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 *Plot of total displacements*

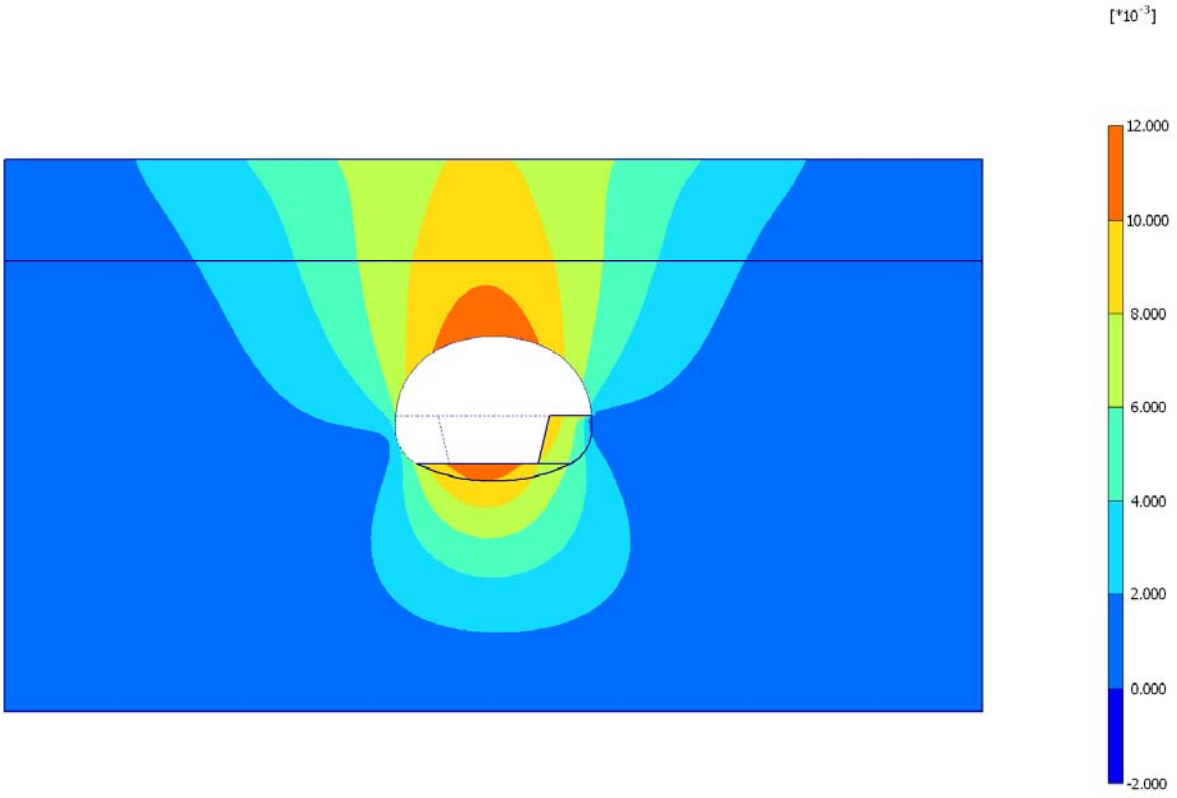


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 24 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

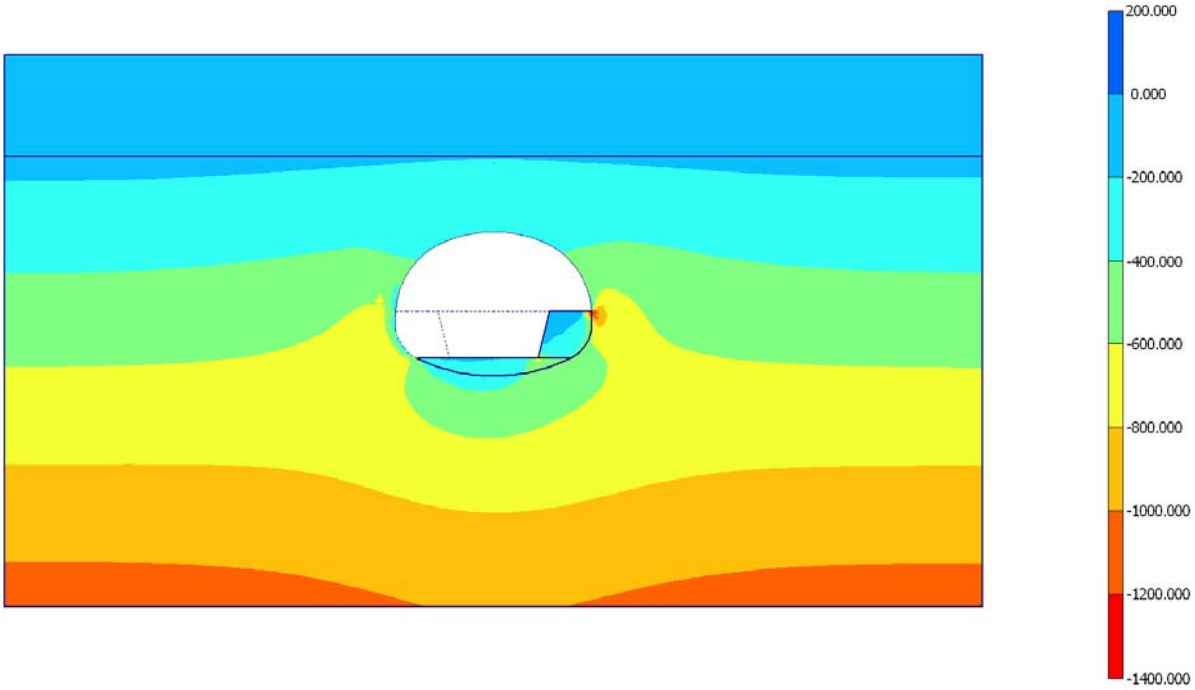


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 24 - (Phase: 5)

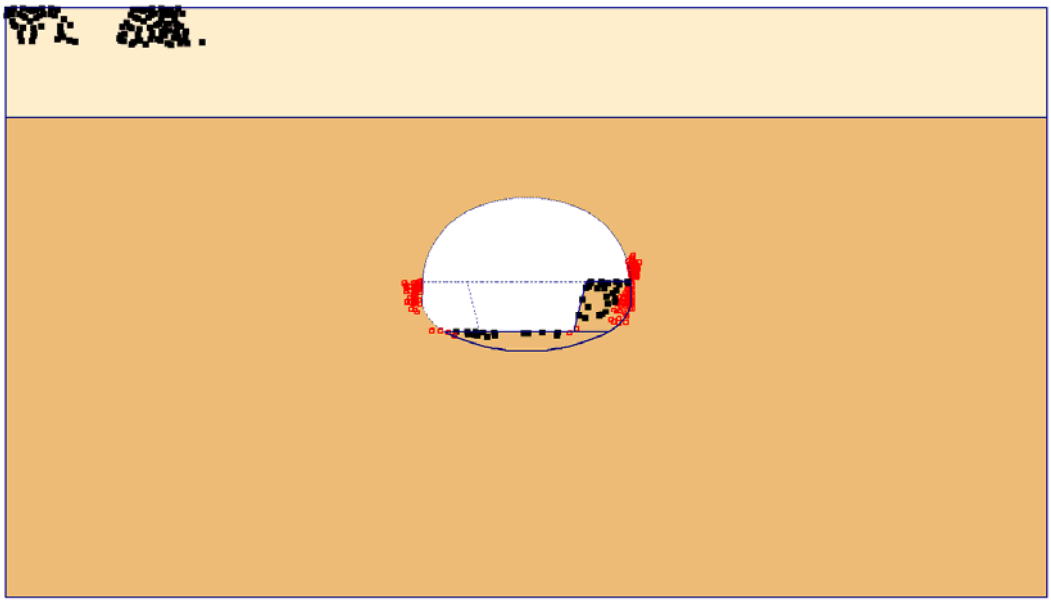


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 24 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

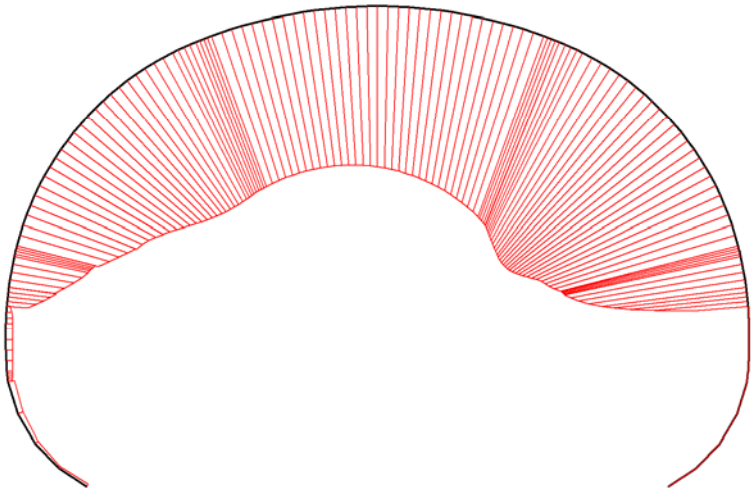


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -845,59 kN/m (Phase: 5)

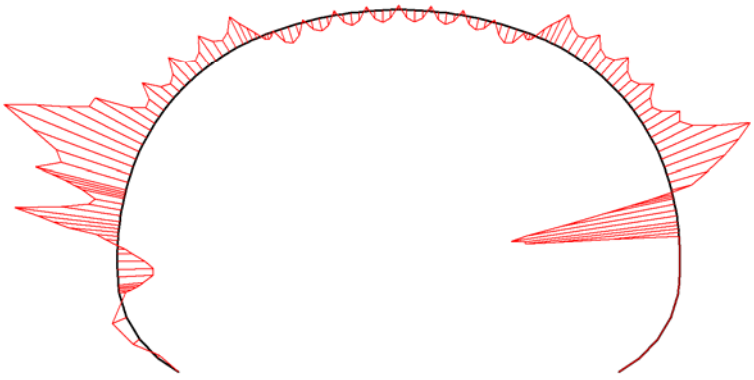


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value 13,58 kNm/m (Phase: 5)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	11,802	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	11,765	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	11,714	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	11,511	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	10,908	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	10,024	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	9,899	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	10,212	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	10,805	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	11,681	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	13,335	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	18,041	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	20,464	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	11,913	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	12,087	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521 5665	-4,540 -2,993	12,816 7,023	12,210	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4297	-6,000	12,366	12,182	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]
	5397	-3,954	6,721				0		
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	12,073	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	12,818	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	14,227	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	16,065	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	18,389	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	23,277	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	34,199	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	48,988	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	1,195	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	1,403	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

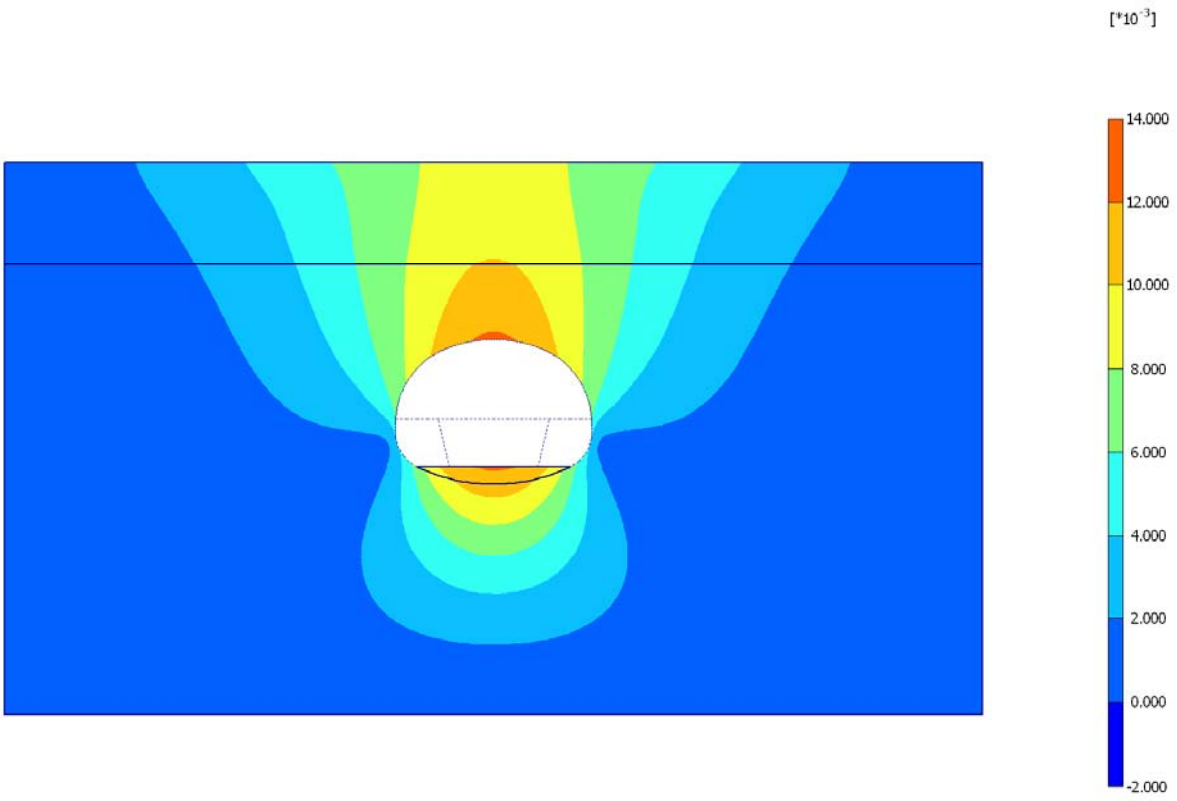


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

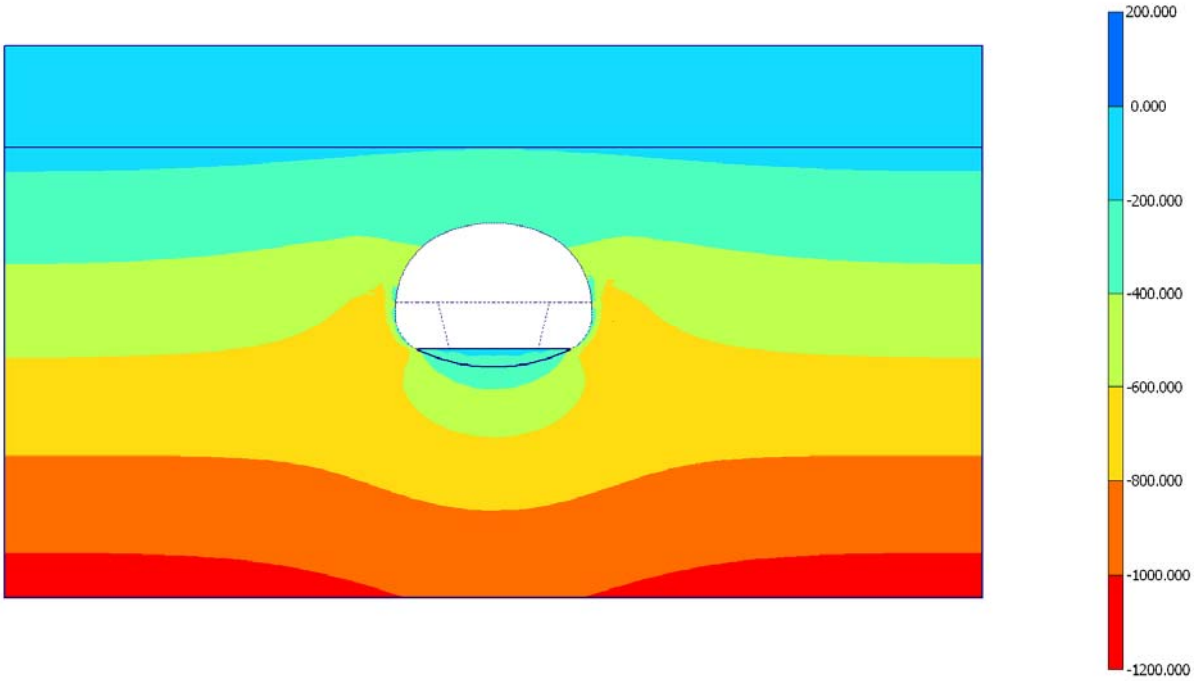


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 6)

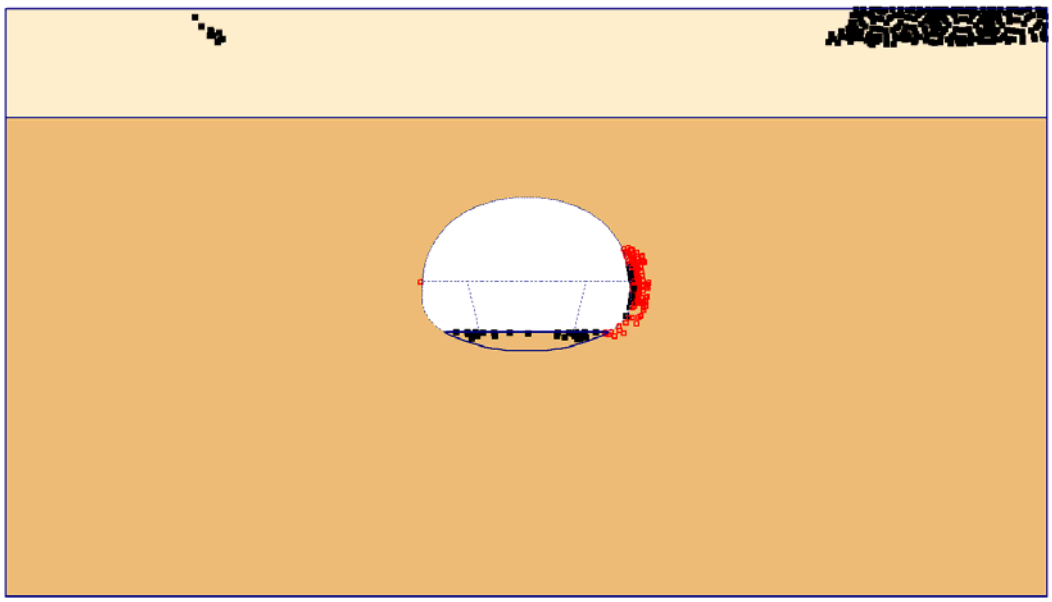


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 28 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

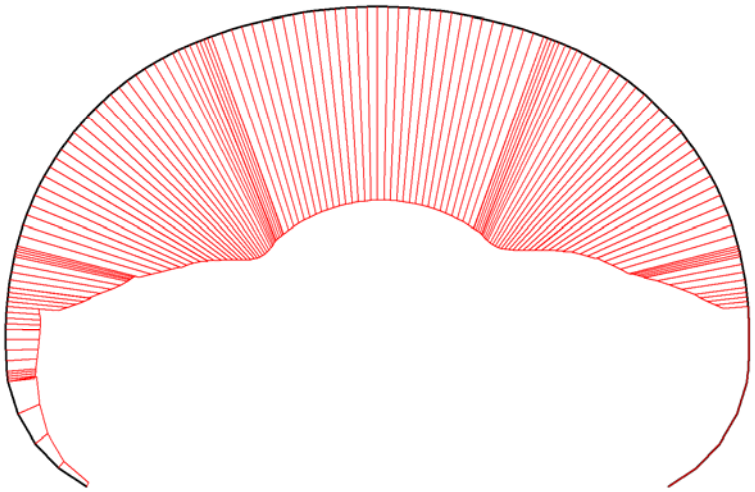


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -751,82 kN/m (Phase: 6)

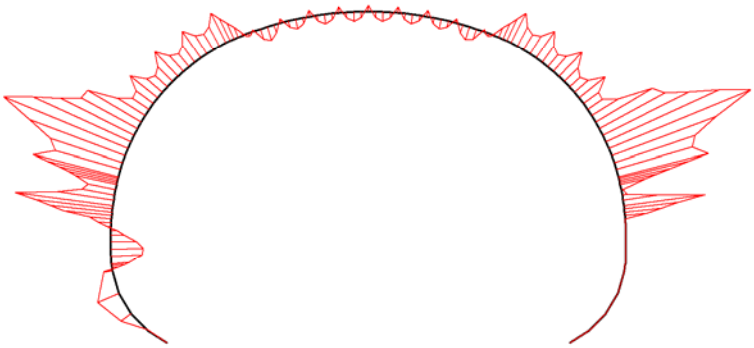


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -13,57 kNm/m (Phase: 6)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	11,964	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	12,047	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	12,178	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	12,267	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	12,167	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	11,960	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	12,700	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	14,119	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	15,963	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	18,263	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	23,523	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	35,790	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	51,808	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	11,982	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	12,066	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521	-4,540	12,816	12,074	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]
	5665	-2,993	7,023				0		
19	4297 5397	-6,000 -3,954	12,366 6,721	11,853	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	11,507	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	12,081	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	13,346	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	15,076	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	17,334	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	22,216	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	33,210	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	48,165	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,522	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,774	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

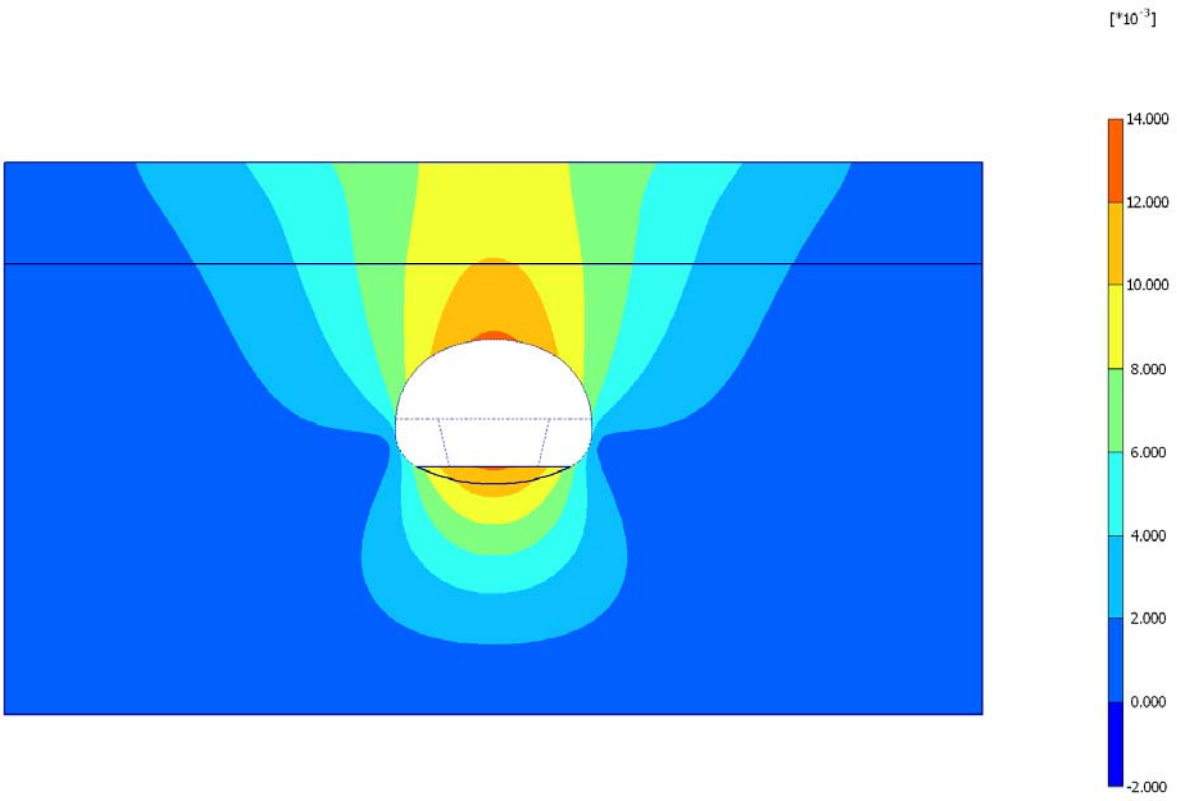


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

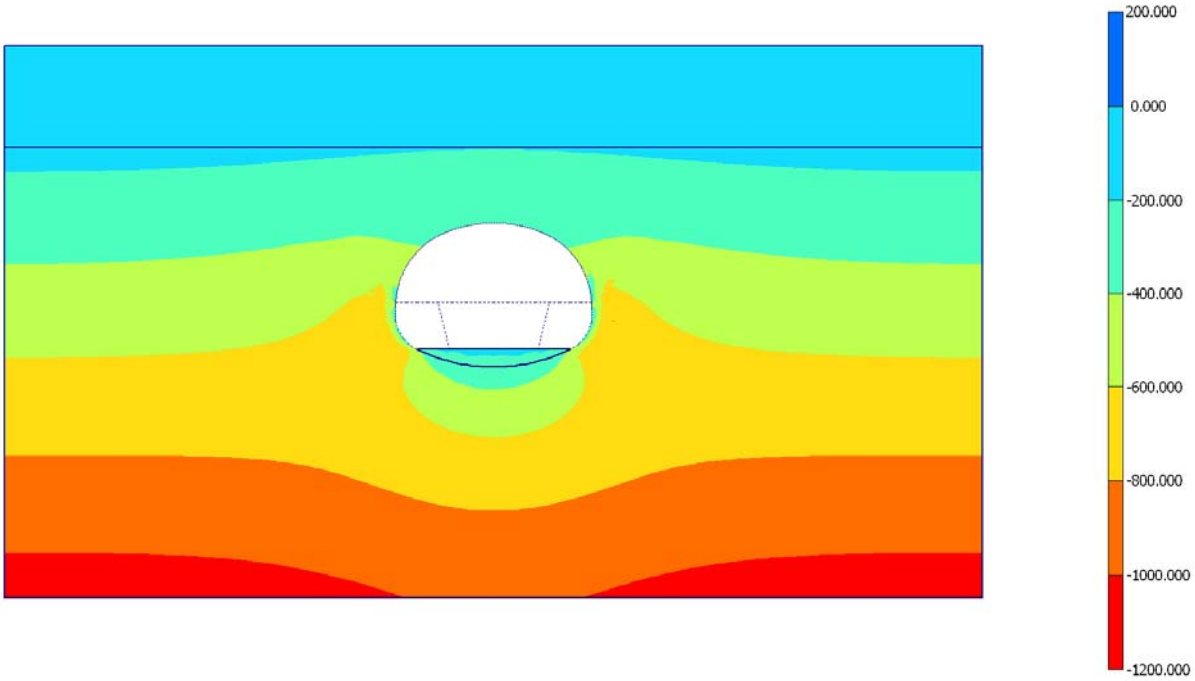


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 7)

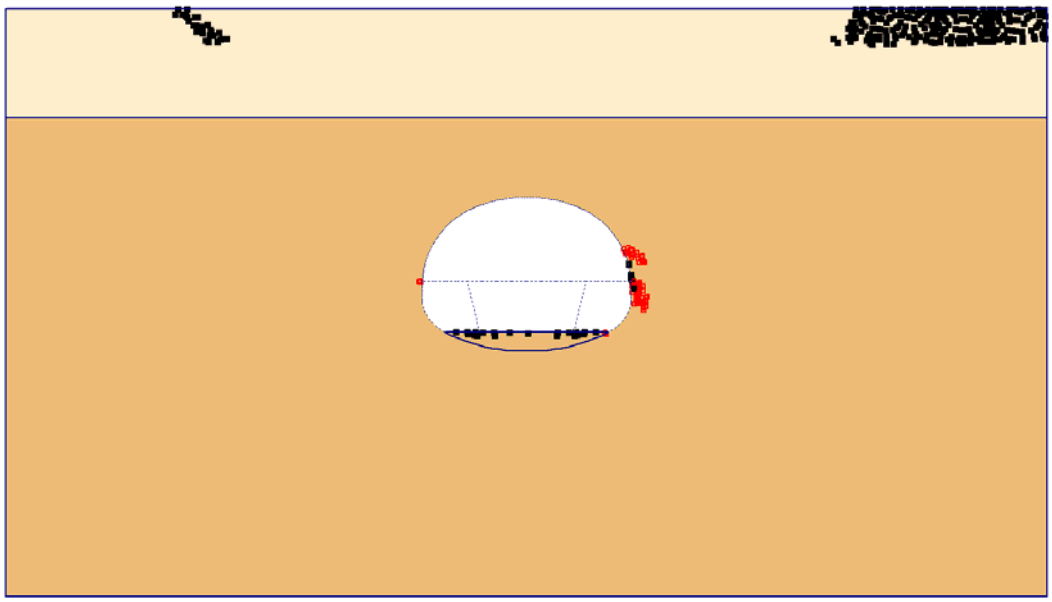


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 30 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

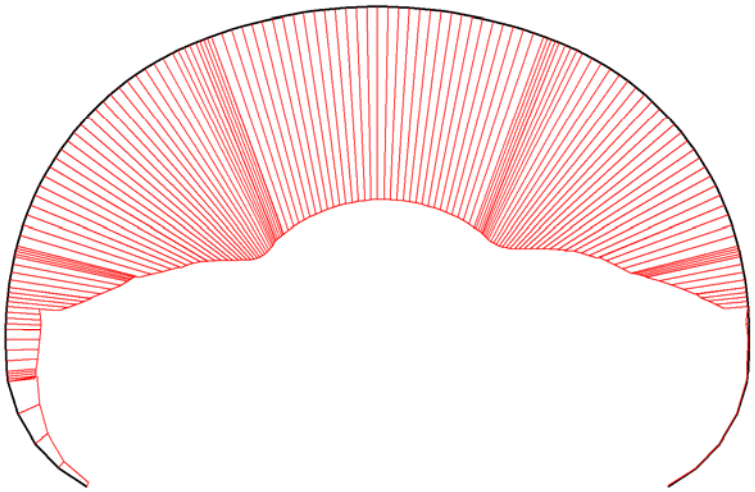


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -754,01 kN/m (Phase: 7)

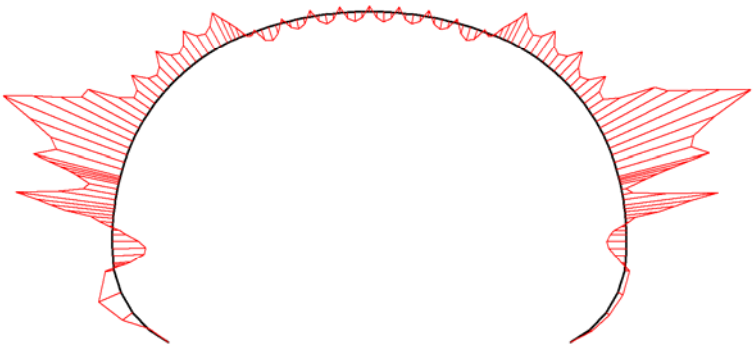


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -13,35 kNm/m (Phase: 7)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	11,973	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	12,059	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	12,194	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	12,289	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	12,200	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	12,007	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	12,761	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	14,194	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	16,048	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	18,365	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	23,716	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	35,938	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	51,920	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,659	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,436	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	11,989	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	12,071	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521	-4,540	12,816	12,077	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]
	5665	-2,993	7,023				0		
19	4297 5397	-6,000 -3,954	12,366 6,721	11,852	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	11,503	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	12,074	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	13,337	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	15,064	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	17,322	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	22,202	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	33,197	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	48,154	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,513	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,766	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

13.Results for phase 8

13.1 *Plot of total displacements*

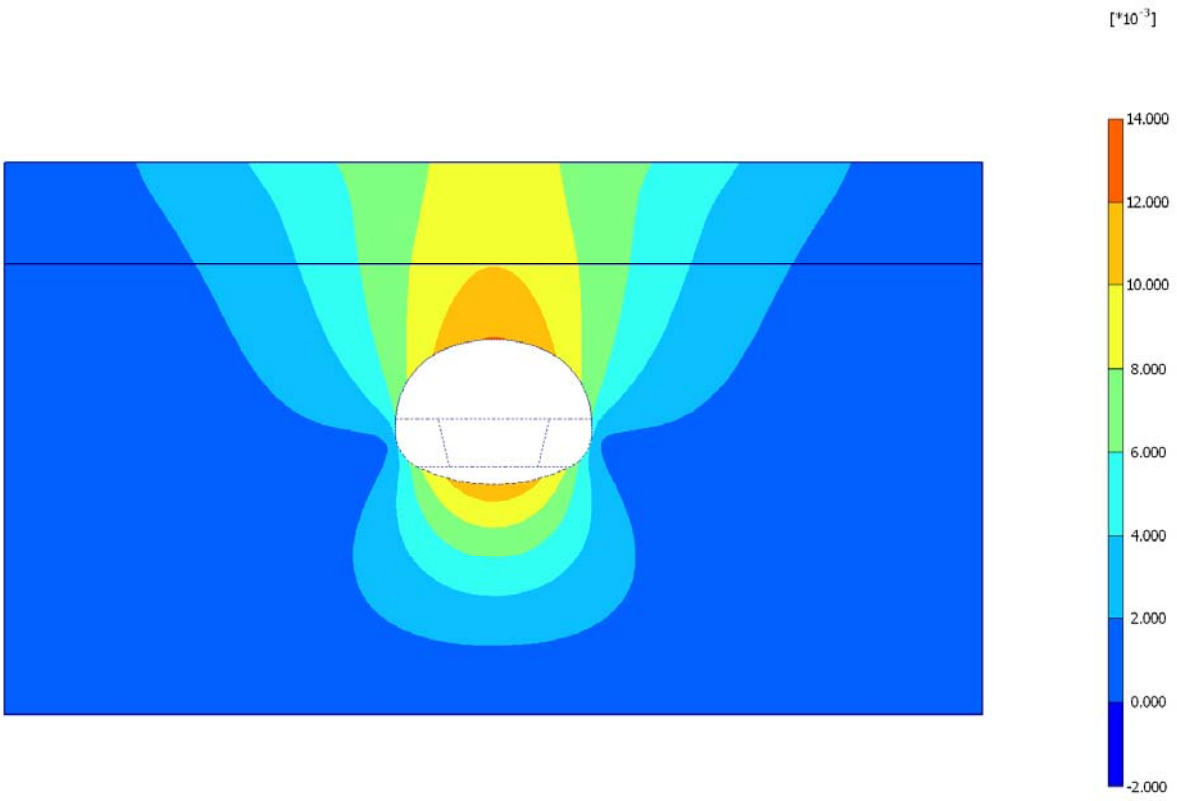


Fig. 39 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 8)

13.2 *Plot of total stresses*

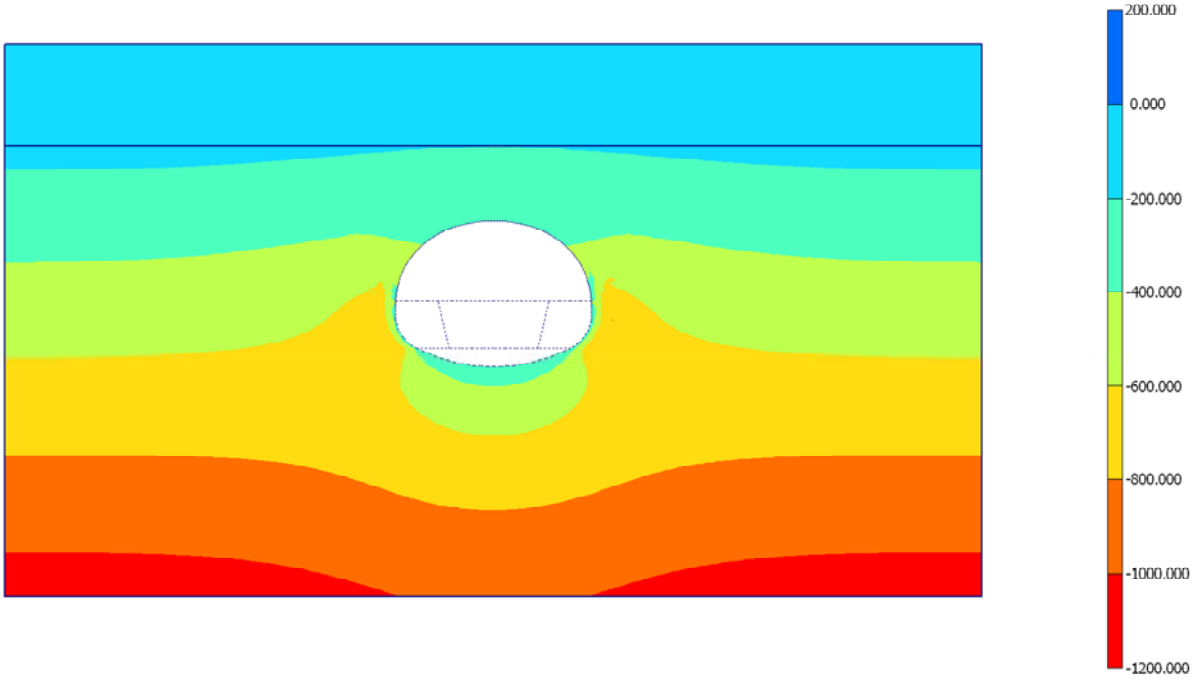


Fig. 40 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 8)

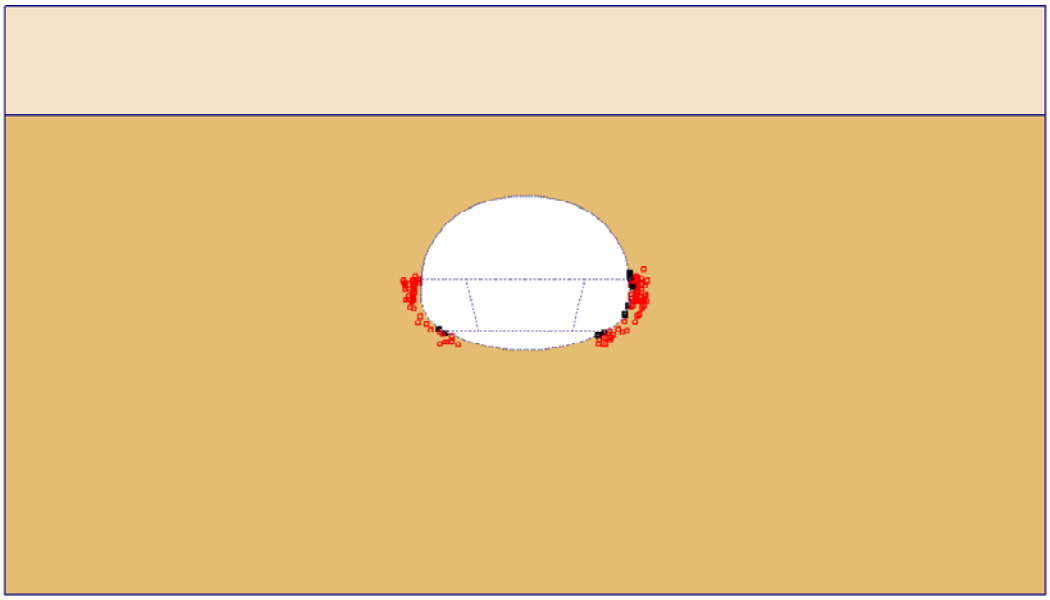


Fig. 41 Plot of plastic points
- Step no: 32 - (Phase: 8)

13.3 *Structures*

13.3.1 Beams

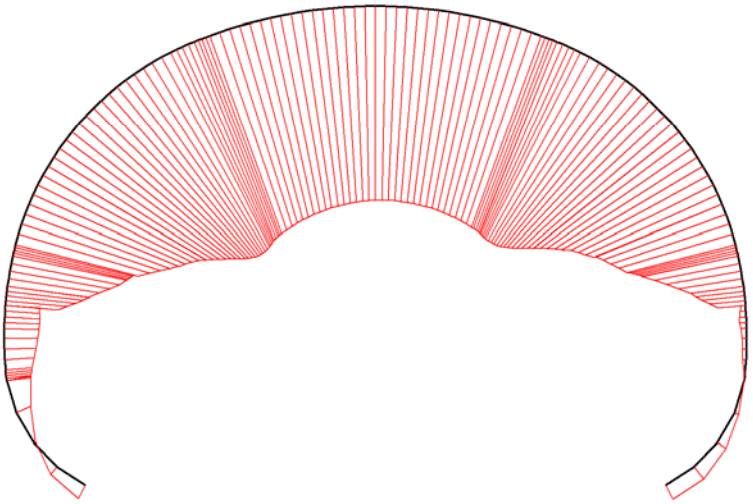


Fig. 42 Axial forces in beam
Extreme value -775,17 kN/m (Phase: 8)

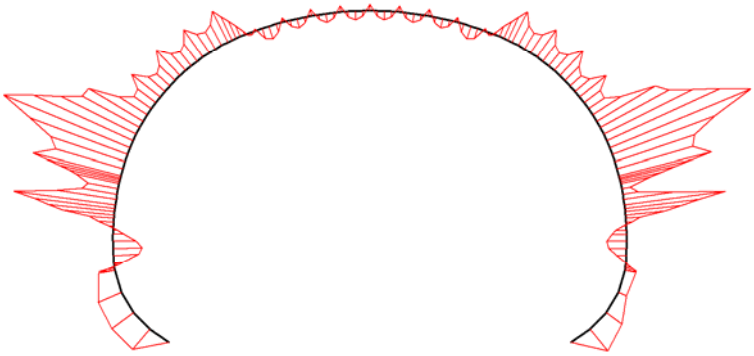


Fig. 43 Bending moments in beam
Extreme value -13,43 kNm/m (Phase: 8)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	11,838	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	11,921	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	12,047	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	12,127	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	12,008	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	11,765	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	12,494	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	13,930	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	15,814	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	18,189	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	23,634	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	35,986	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	52,240	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	1,633	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	2,134	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	11,852	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	11,925	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521 5665	-4,540 -2,993	12,816 7,023	11,917	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4297	-6,000	12,366	11,663	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]
	5397	-3,954	6,721				0		
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	11,267	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	11,815	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	13,085	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	14,848	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	17,171	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	22,153	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	33,292	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	48,477	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	1,222	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	2,043	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

CAVERNA DE ESTACIÓN

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	E-3 Sección A RMR = 20	7,27E-03	1390	30380,66	2785,65	21,42
	E-3 Sección B RMR = 20	9,70E-03	1770	39618,37	2798,15	31,76

CAVERNA DE ESTACIÓN Sección A con terreno RMR = 20

CS-5 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 Areniscas	Envolvente	16,58	393,46	612,57	-1,69	1,06	69,45	108,13	-0,11	30380,66	OK	No tracciones	OK	15,52	324,01	504,44	-1,58	2785,65	OK	-193,59	OK
	Fase final	-8,26	143,39	583,88	-1,30	-0,53	25,31	103,06	-0,08	28748,85	OK	No tracciones	OK	-7,73	118,08	480,82	-1,22	2040,25	OK	-269,78	OK

CAVERNA DE ESTACIÓN Sección B con terreno RMR = 20

CS-5 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 Areniscas	Envolvente	-11,95	155,38	809,22	-1,48	-0,77	27,43	142,84	-0,09	39618,37	OK	No tracciones	OK	-11,18	127,96	666,38	-1,38	2798,15	OK	-561,81	OK
	Fase final	-11,60	220,70	785,78	-1,42	-0,74	38,96	138,70	-0,09	38459,62	OK	No tracciones	OK	-10,86	181,75	647,08	-1,33	2715,64	OK	-315,20	OK

REPORT

06/18/2013

User: EPTISA

Title: CAVERNA ESTACION HOSPITAL.
CS-5 Areniscas. 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	17,016

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

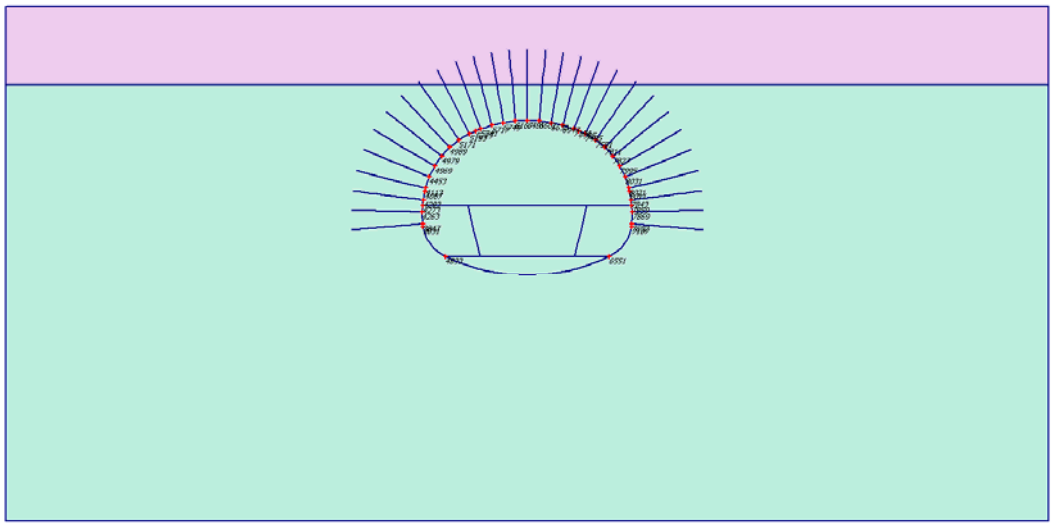


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

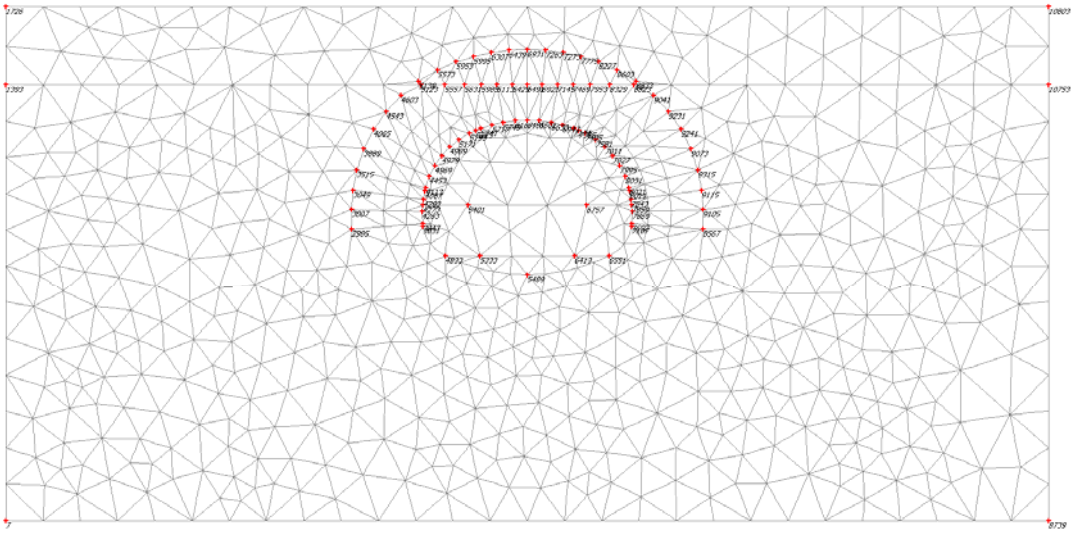


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

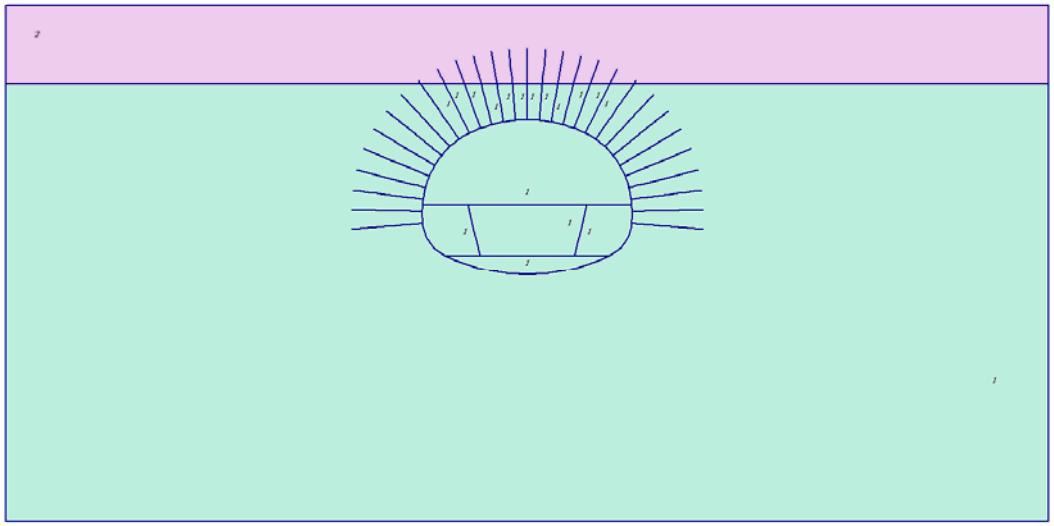


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		1 Are RMR20	2 Suelo_Roca alterada
Type		Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00	21,00
γ_{sat}	[kN/m³]	26,00	21,00
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]	800000,000	530000,000
ν	[-]	0,300	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	307692,308	203846,154
E_{oed}	[kN/m²]	1076923,077	713461,538
c_{ref}	[kN/m²]	230,00	148,00
φ	[°]	41,15	35,00
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	Staged construction	1	3
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	4	6
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	7	14
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	15	16
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	17	18
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	19	20
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	21	22
<Phase 8>	8	7	Plastic analysis	Staged construction	23	24

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

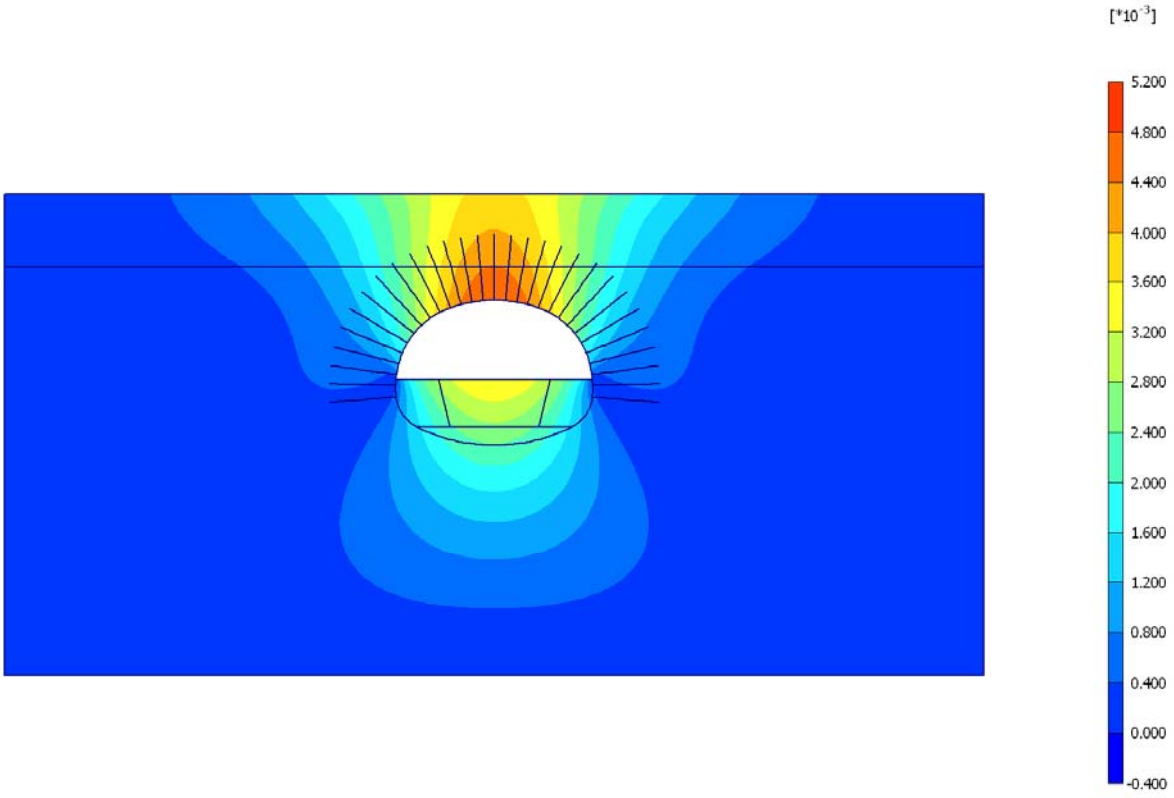


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

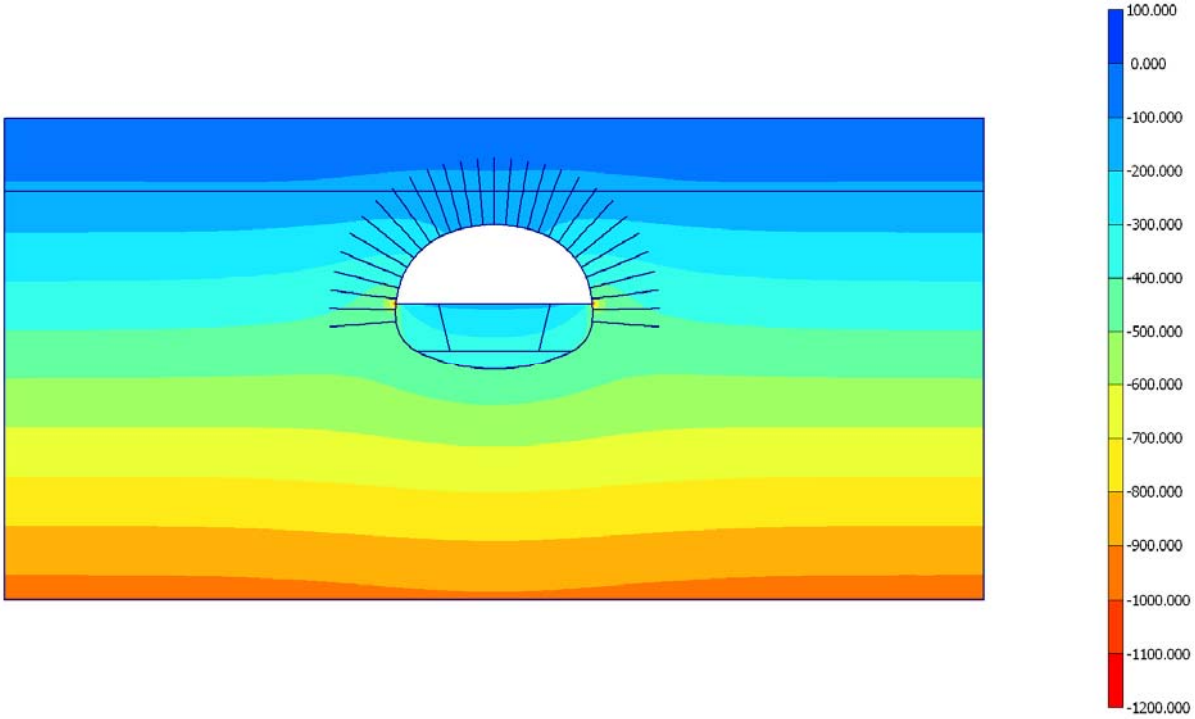


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

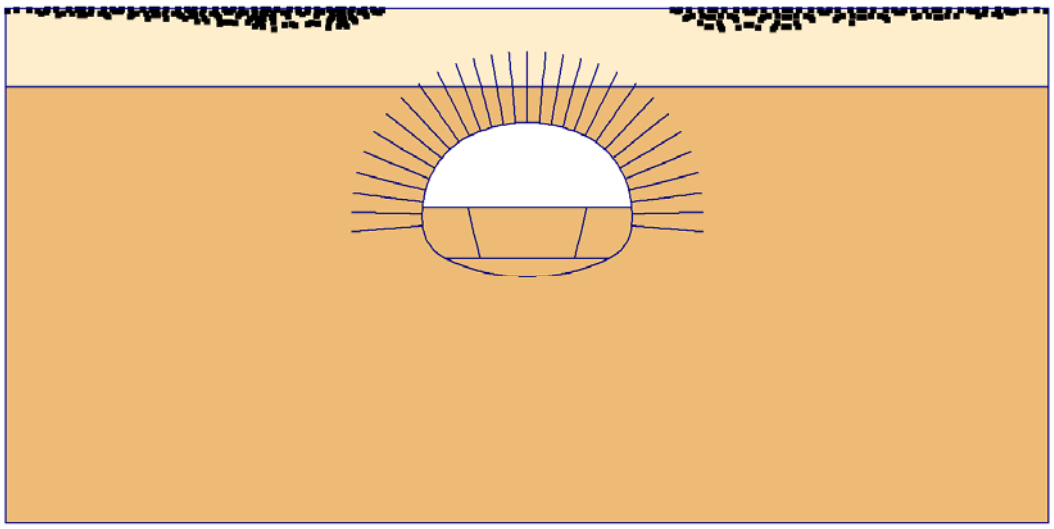


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

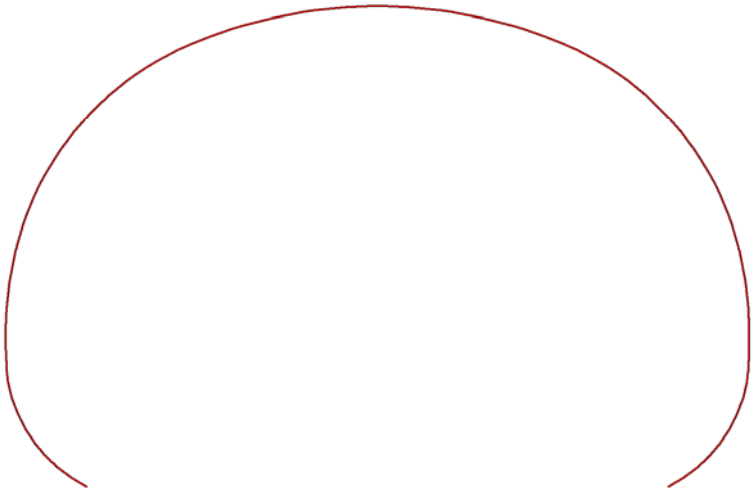


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

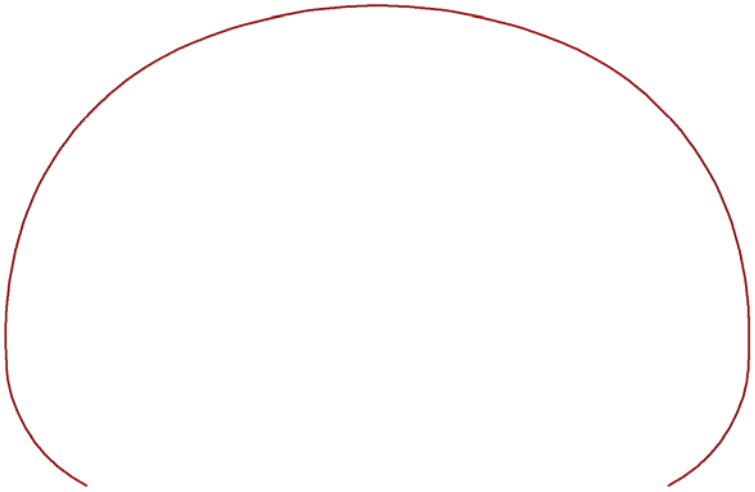


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	0,000	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-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 *Plot of total displacements*

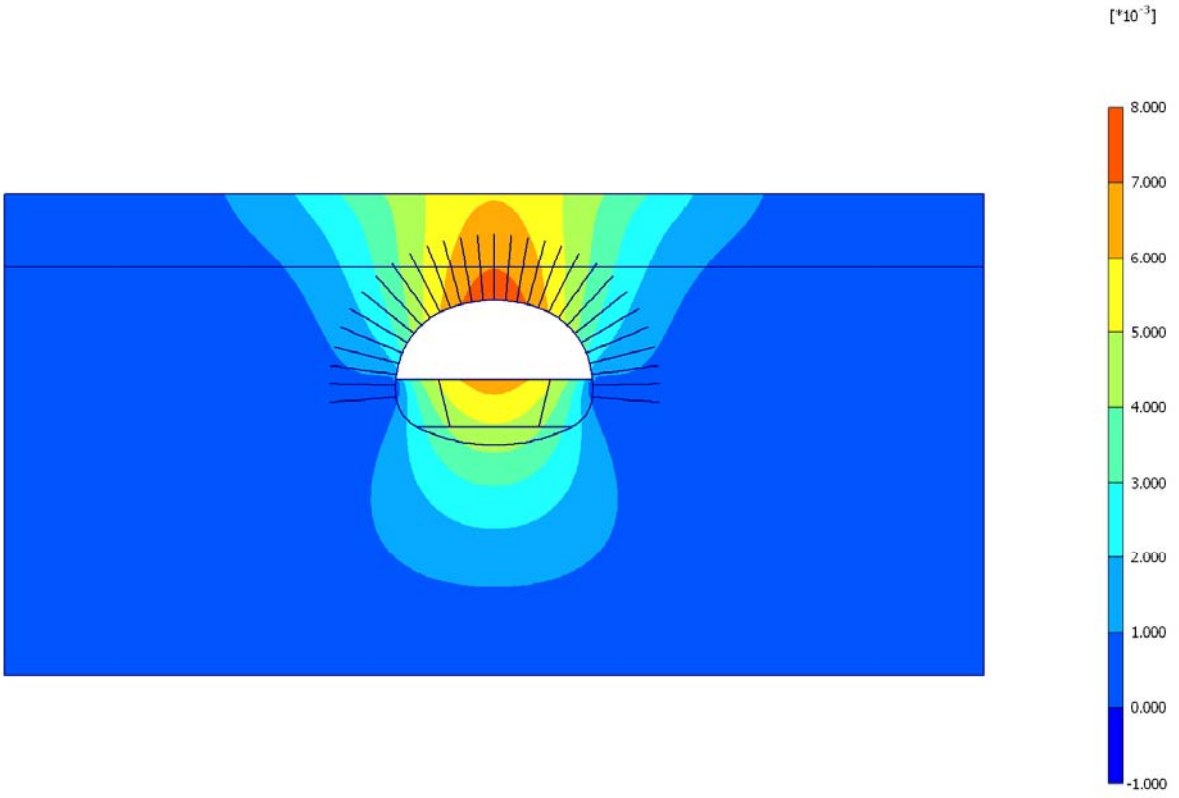


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 6 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

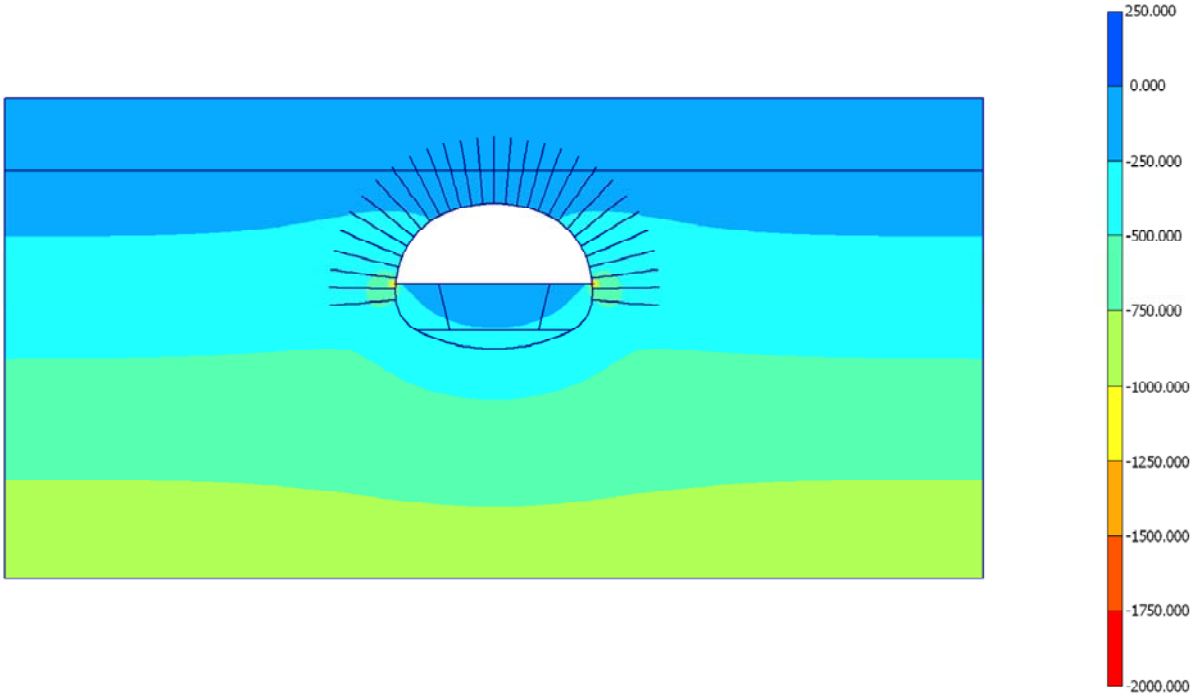


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 6 - (Phase: 2)

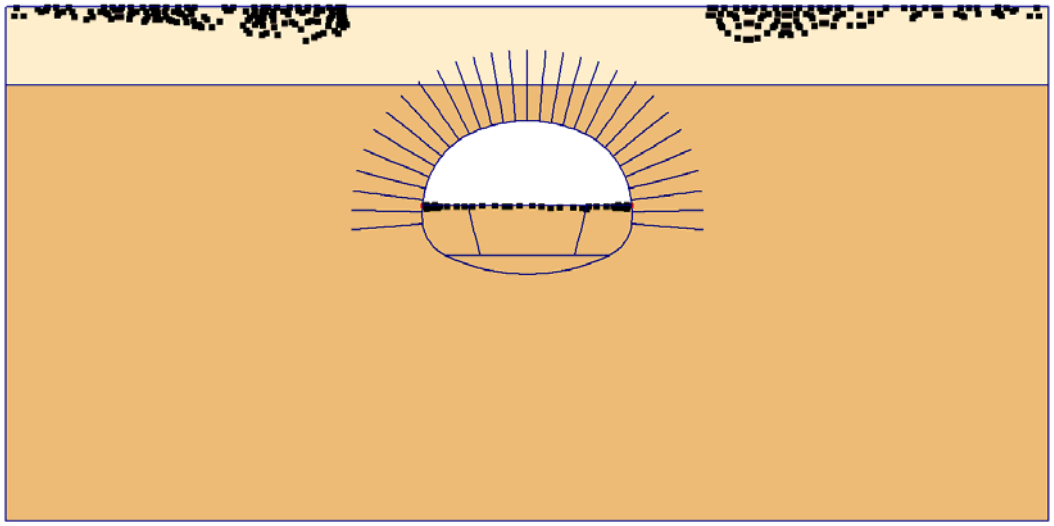


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 6 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

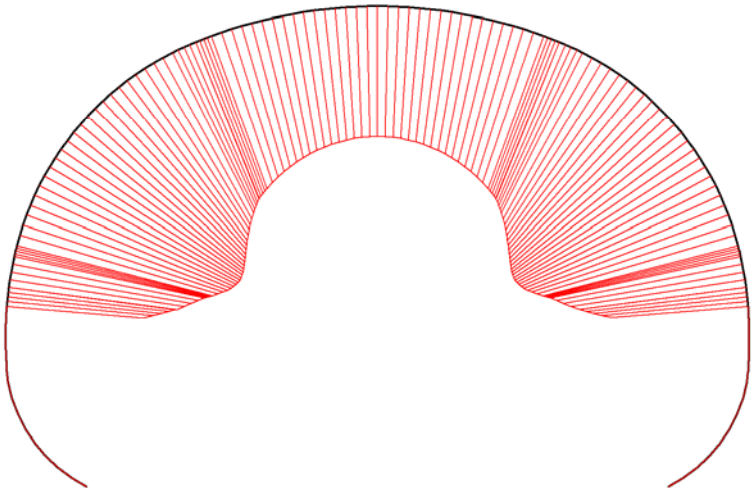


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -514,89 kN/m (Phase: 2)

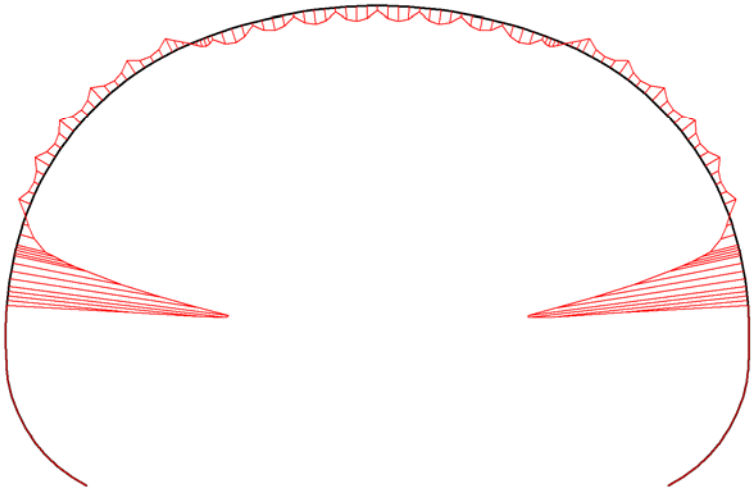


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value 16,58 kNm/m (Phase: 2)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	7,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	7,020	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	7,037	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	6,979	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,667	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	6,211	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	6,004	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	6,172	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	6,328	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	6,348	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	6,178	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	5,374	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	0,643	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	7,020	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	7,041	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,983	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	6,672	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	6,195	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	5,996	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	6,173	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	6,325	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	6,353	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	6,172	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	5,376	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,643	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-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 *Plot of total displacements*

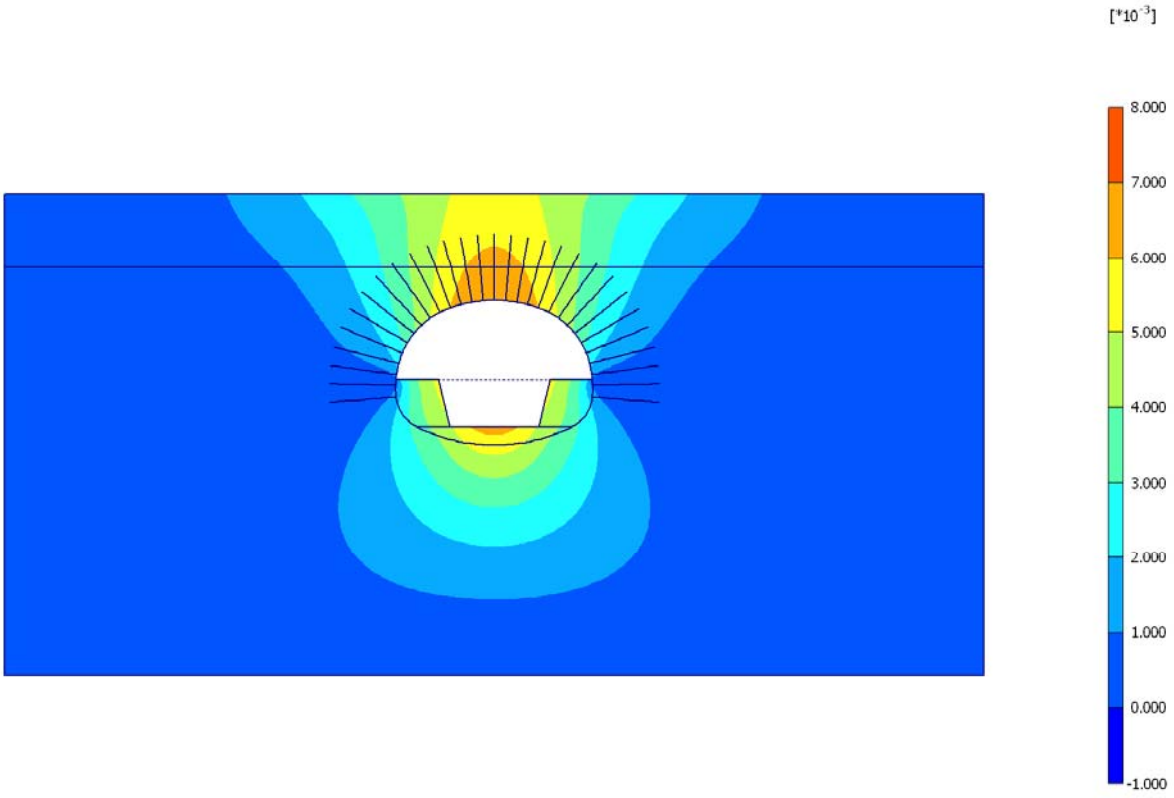


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 14 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

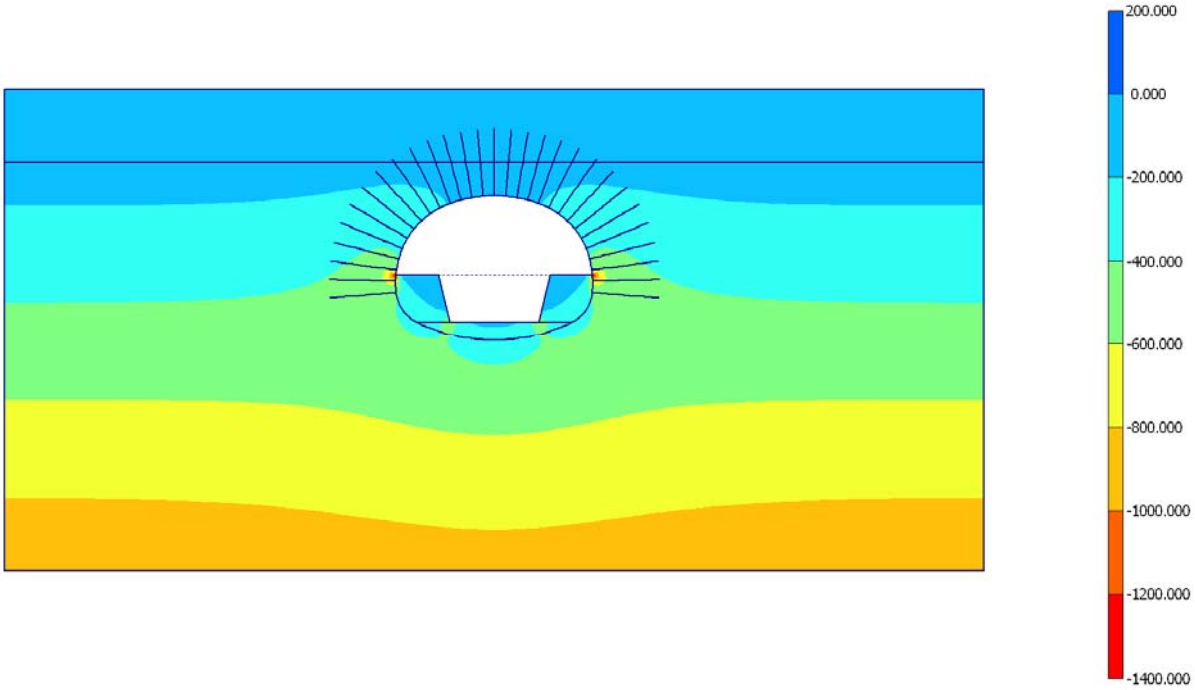


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 14 - (Phase: 3)

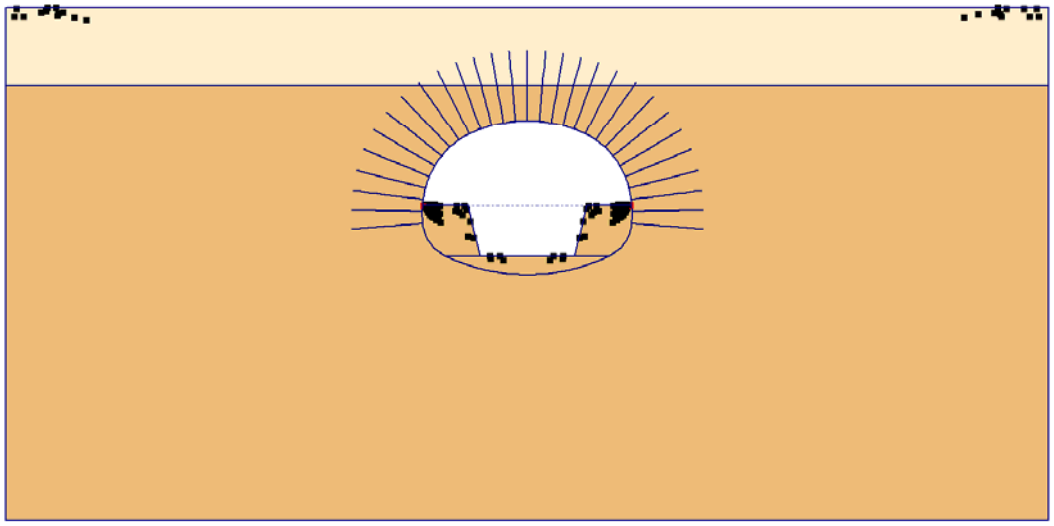


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 14 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

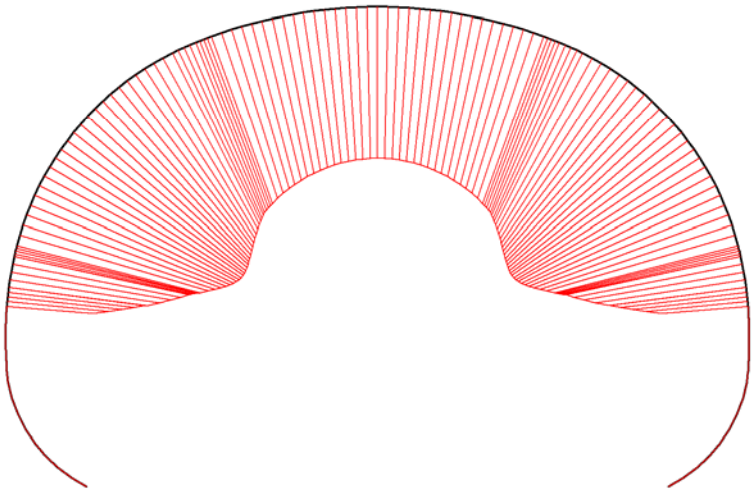


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -549,86 kN/m (Phase: 3)

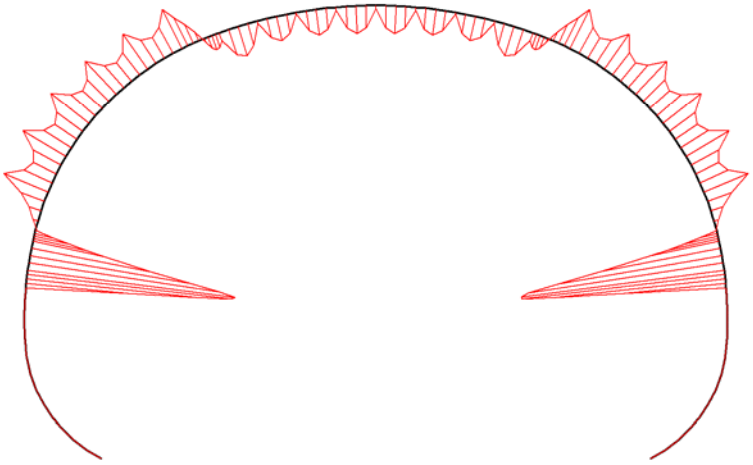


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value 6,52 kNm/m (Phase: 3)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	6,731	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	6,742	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	6,732	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	6,632	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,255	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	5,692	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	5,464	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	5,690	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	6,043	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	6,442	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	6,902	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	7,202	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	5,727	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	6,742	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	6,737	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995	-4,540	12,816	6,636	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]
	5717	-2,993	7,023				0		
19	5953 5241	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,260	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,678	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	5,456	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	5,692	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	6,040	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	6,447	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	6,895	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	7,203	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	5,725	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-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 *Plot of total displacements*

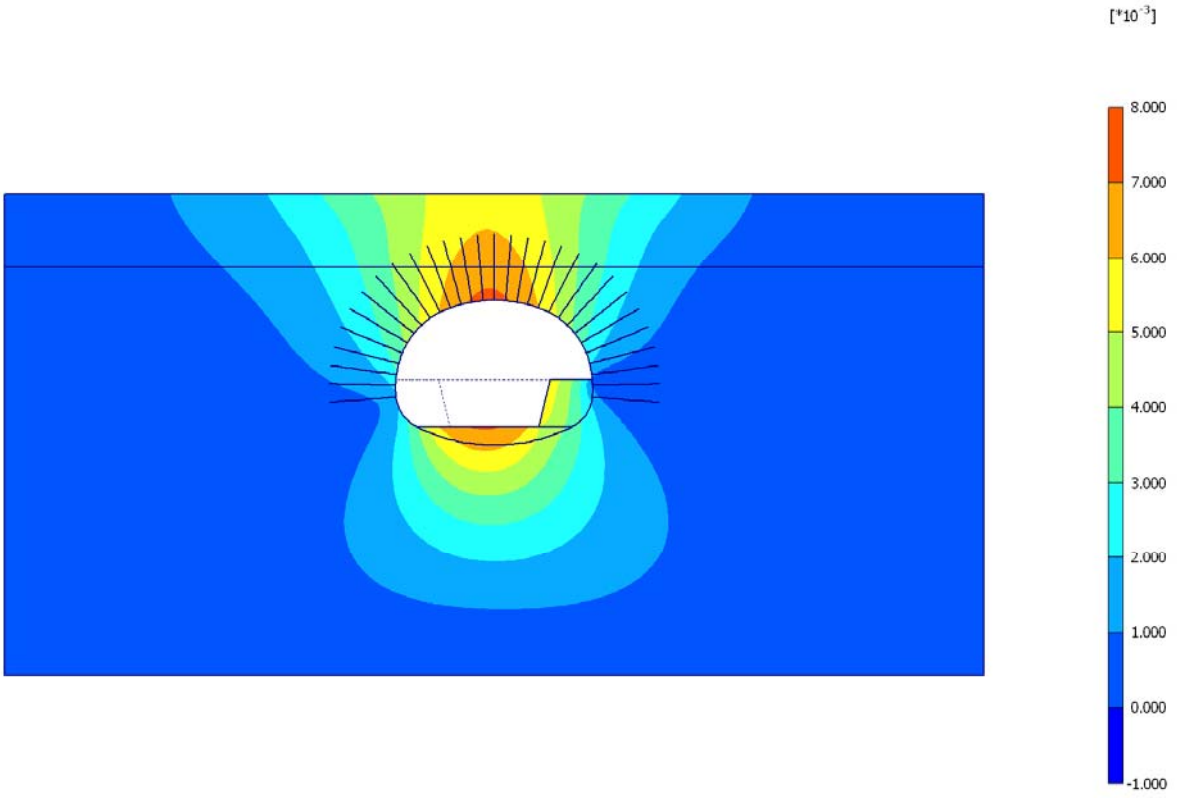


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 16 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

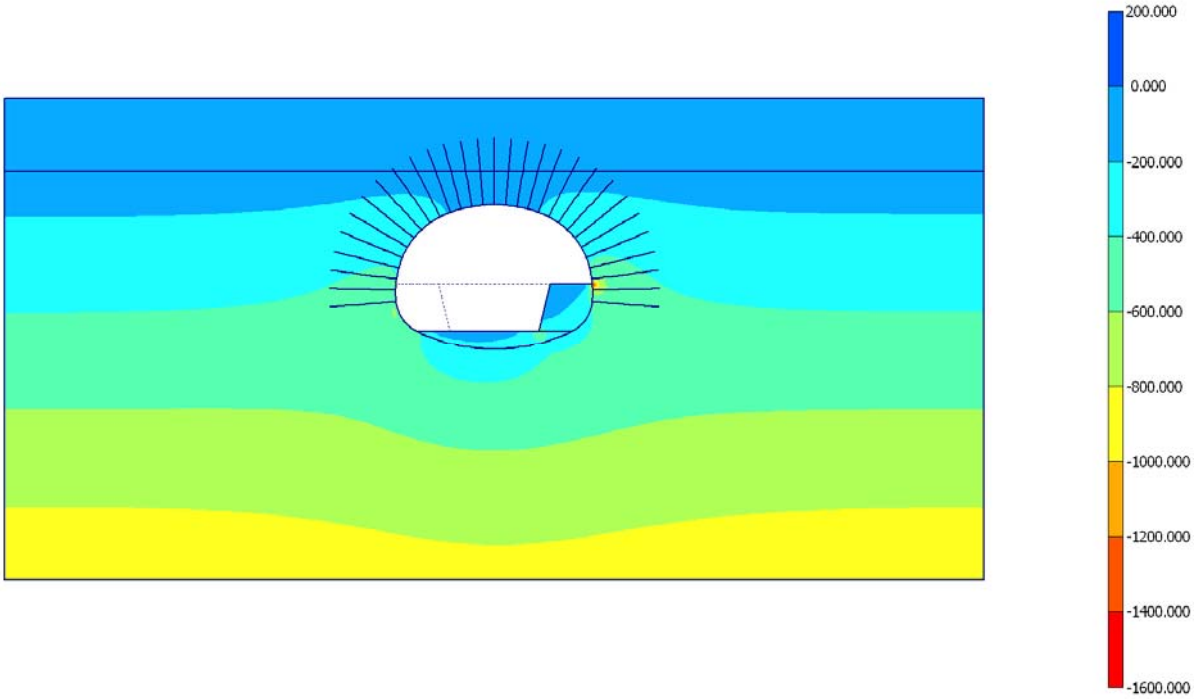


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 16 - (Phase: 4)

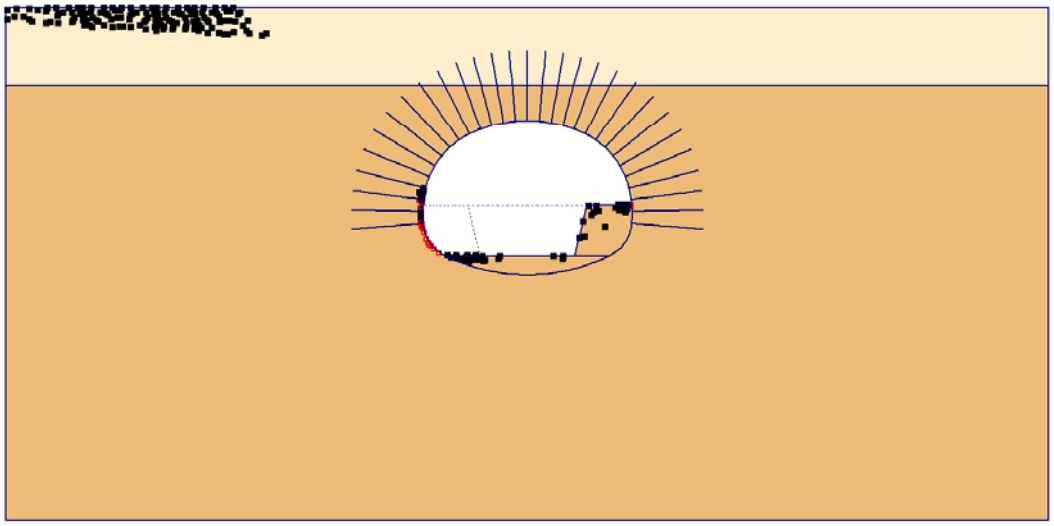


Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 16 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

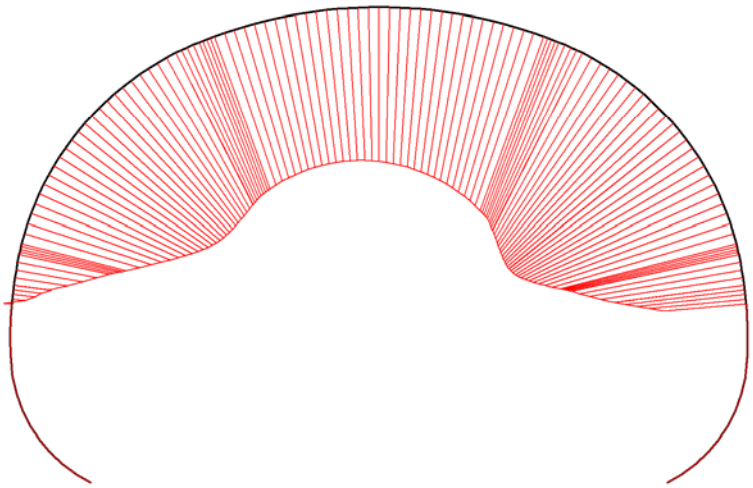


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -610,47 kN/m (Phase: 4)

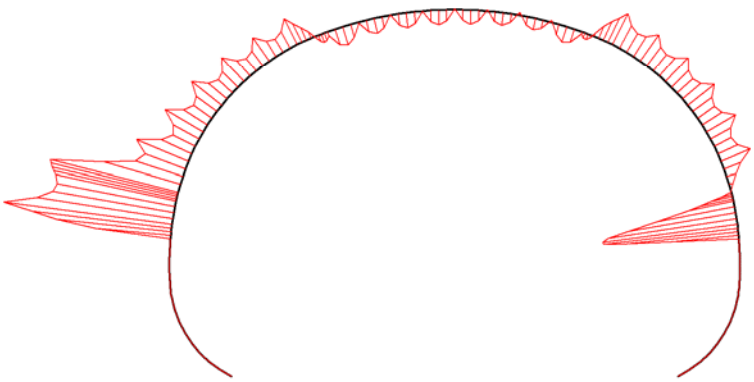


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -8,42 kNm/m (Phase: 4)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	6,818	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	6,829	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	6,801	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	6,655	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,187	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	5,486	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	5,158	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	5,305	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	5,611	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	6,008	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	6,503	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	6,860	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	5,394	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	6,821	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	6,816	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995	-4,540	12,816	6,750	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]
	5717	-2,993	7,023				0		
19	5953 5241	-6,000 -3,954	12,366 6,721	6,474	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	6,026	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	6,037	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	6,762	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	7,888	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	9,353	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	11,301	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	14,361	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	21,379	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-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 *Plot of total displacements*

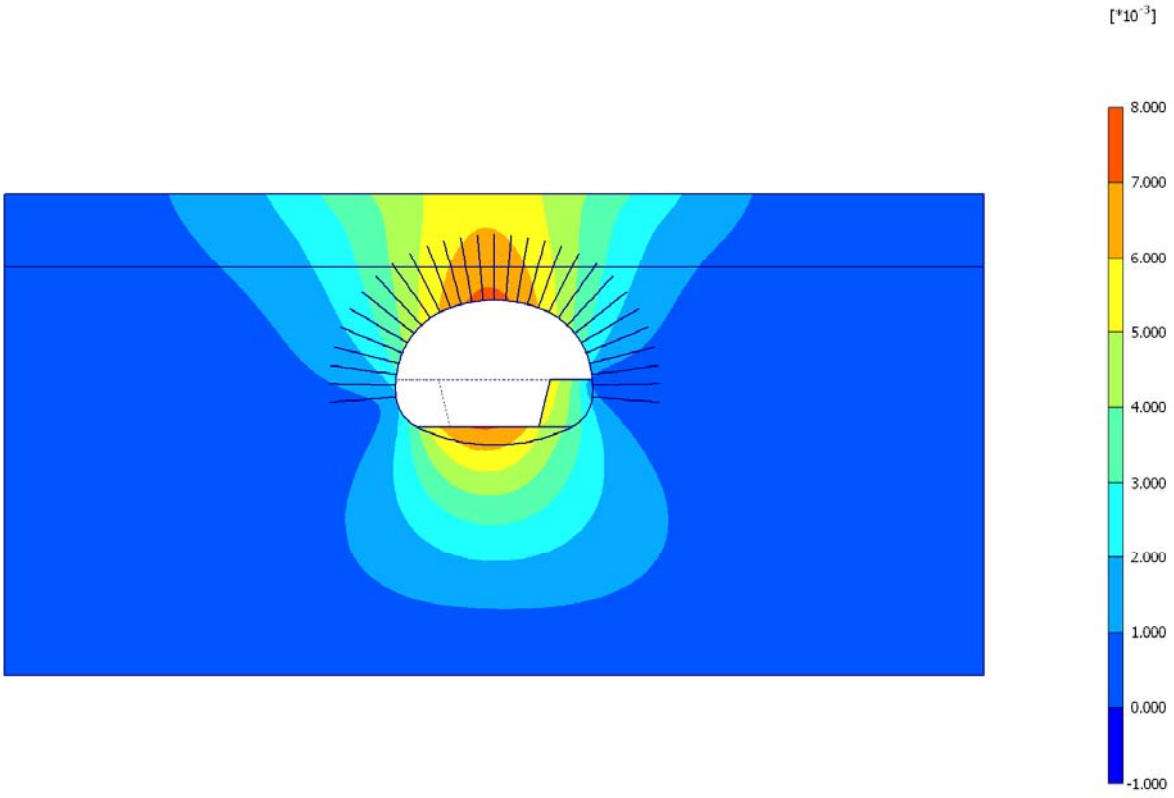


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 18 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

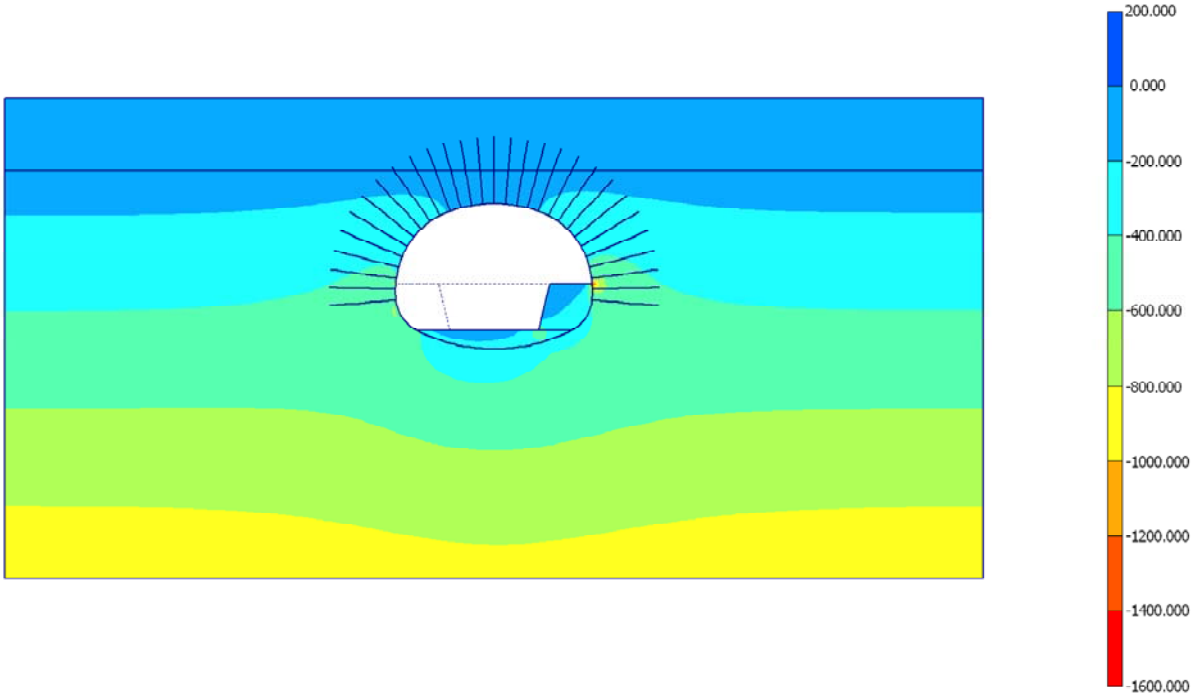


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 18 - (Phase: 5)

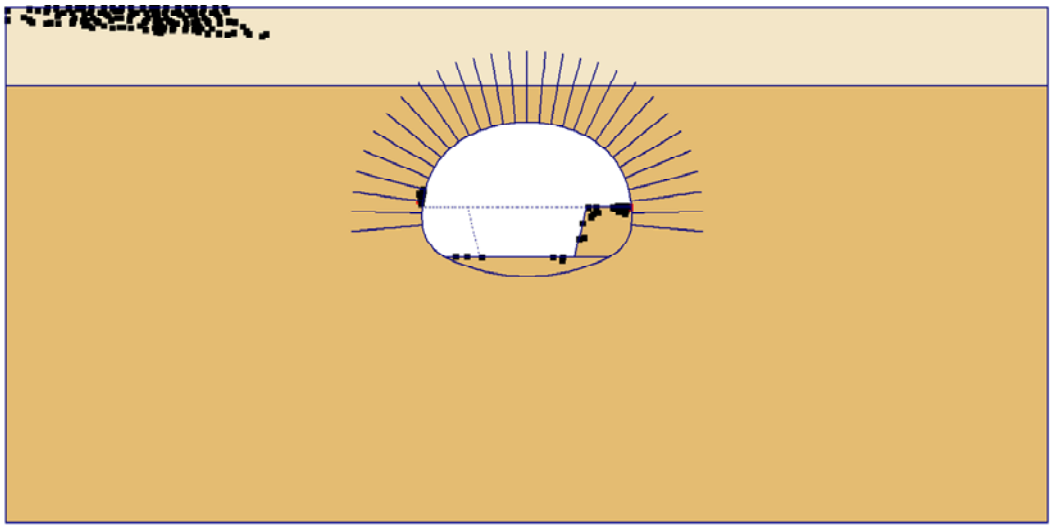


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 18 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

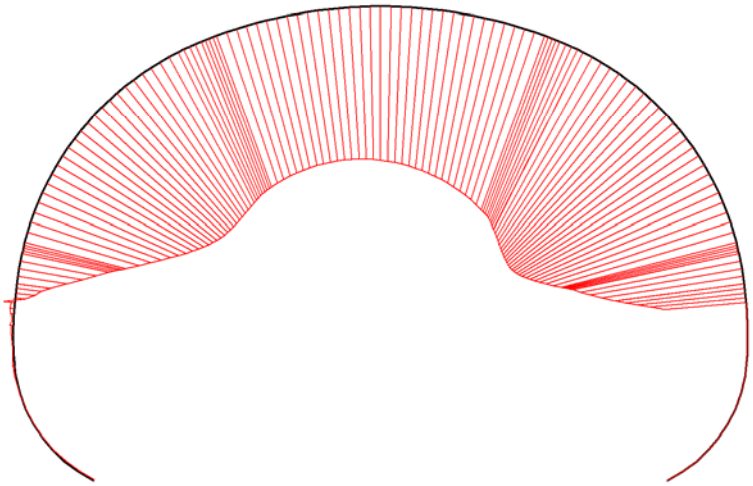


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -612,57 kN/m (Phase: 5)

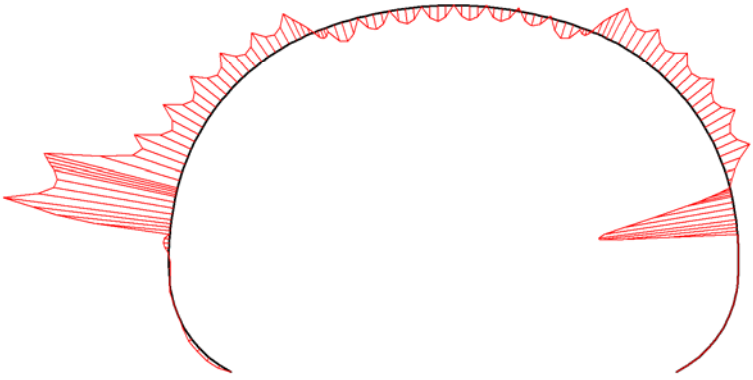


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -8,17 kNm/m (Phase: 5)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	6,829	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	6,840	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	6,811	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	6,663	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,192	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	5,487	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	5,157	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	5,303	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	5,608	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	6,005	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	6,502	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	6,861	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	5,404	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	6,832	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	6,829	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,766	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	6,497	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	6,057	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	6,075	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	6,814	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	7,955	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	9,436	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	11,394	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	14,480	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	21,514	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,035	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-0,020	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

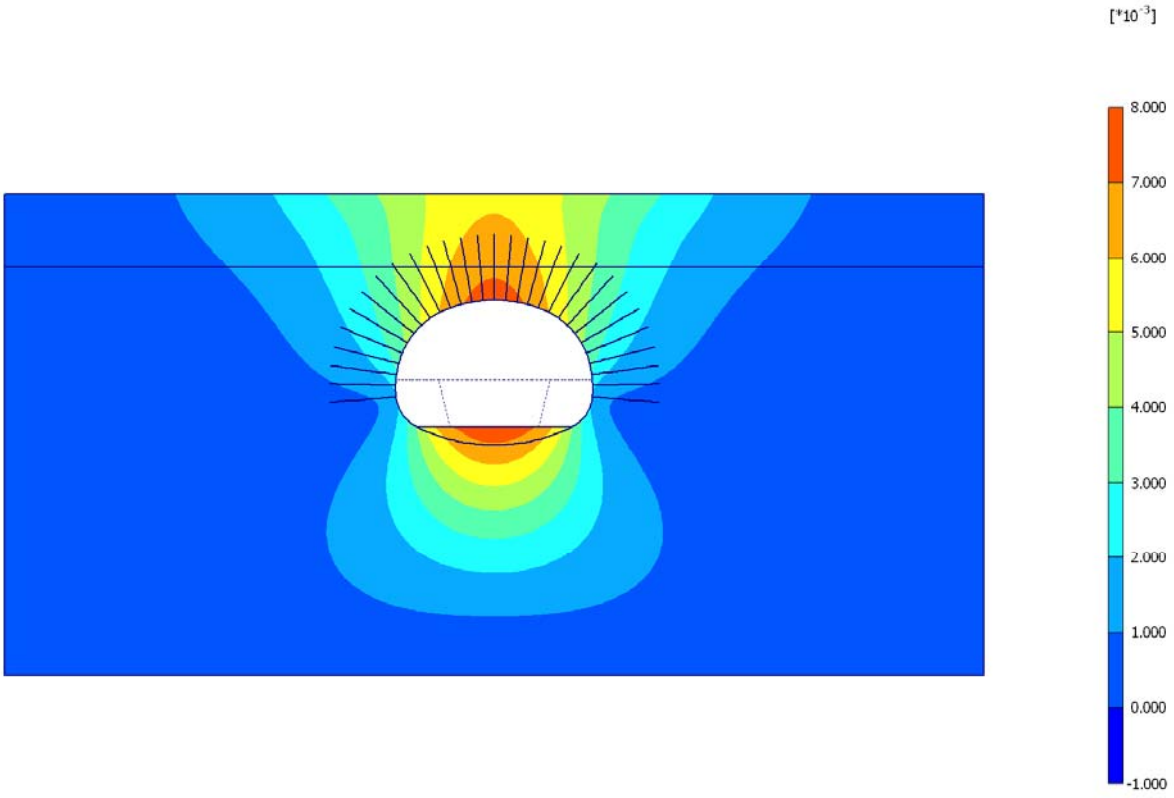


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 20 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

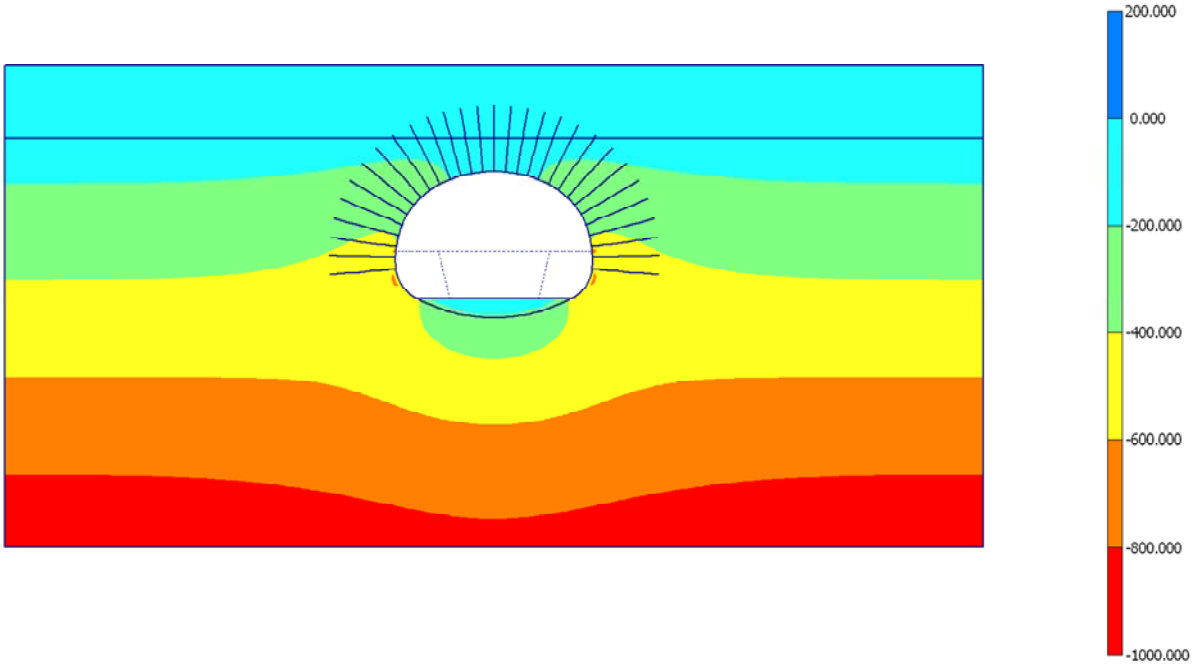


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 20 - (Phase: 6)

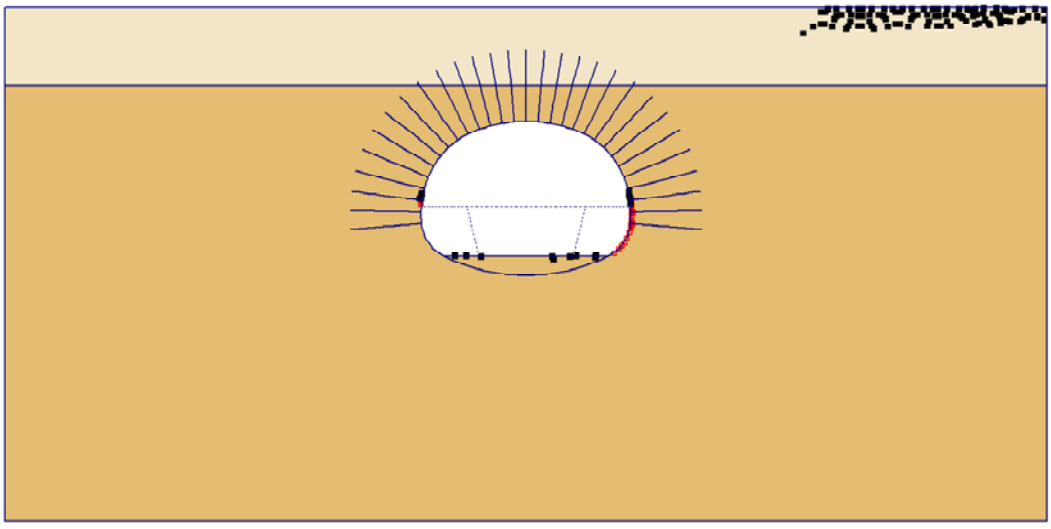


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 20 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

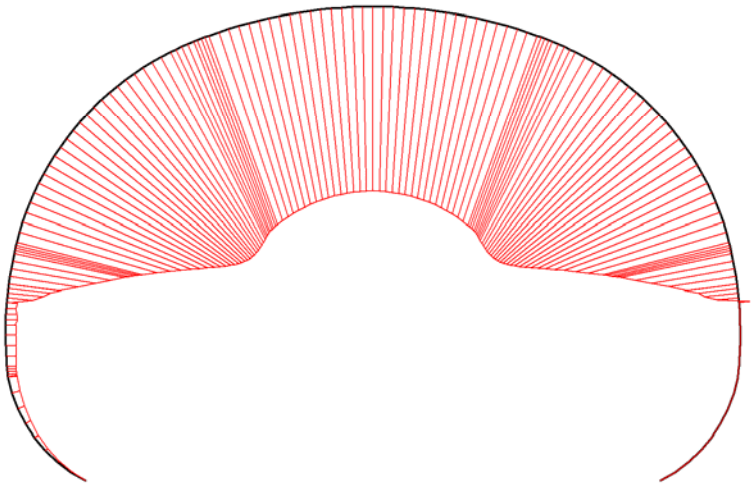


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -572,00 kN/m (Phase: 6)

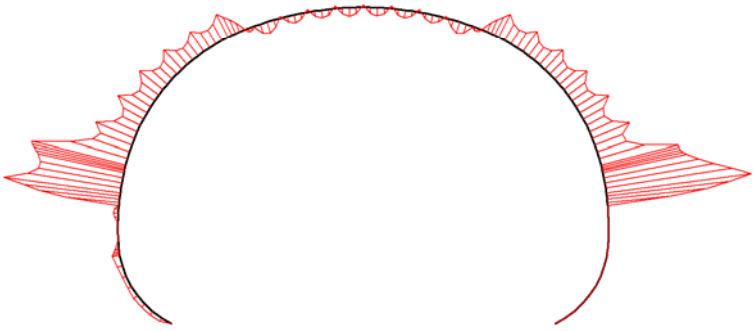


Fig.33 Bending moments in beam
Extreme value -10,10 kNm/m (Phase: 6)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	6,900	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	6,904	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	6,876	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	6,765	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,395	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	5,829	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	5,732	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	6,364	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	7,443	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	8,890	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	10,893	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	13,875	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	20,580	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	6,903	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	6,878	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,766	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	6,398	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,811	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	5,719	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	6,359	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	7,434	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	8,888	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	10,864	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	14,013	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	21,162	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-0,229	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-0,201	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

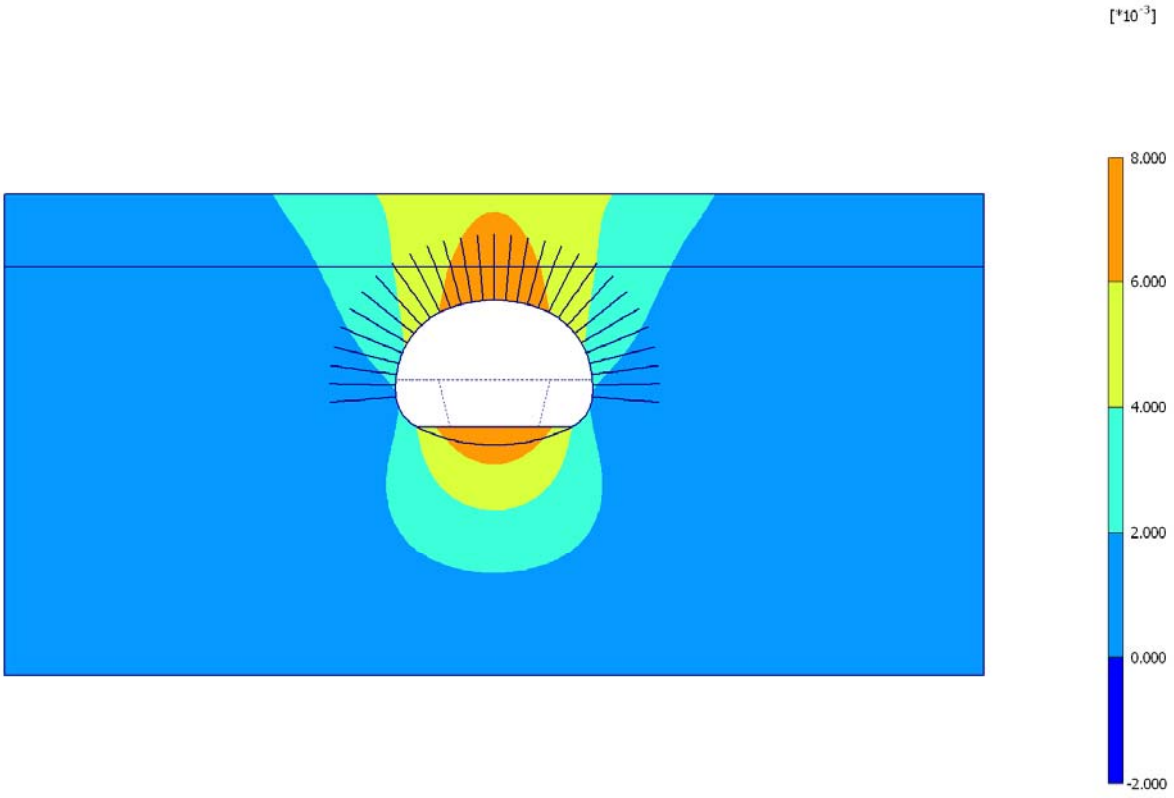


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

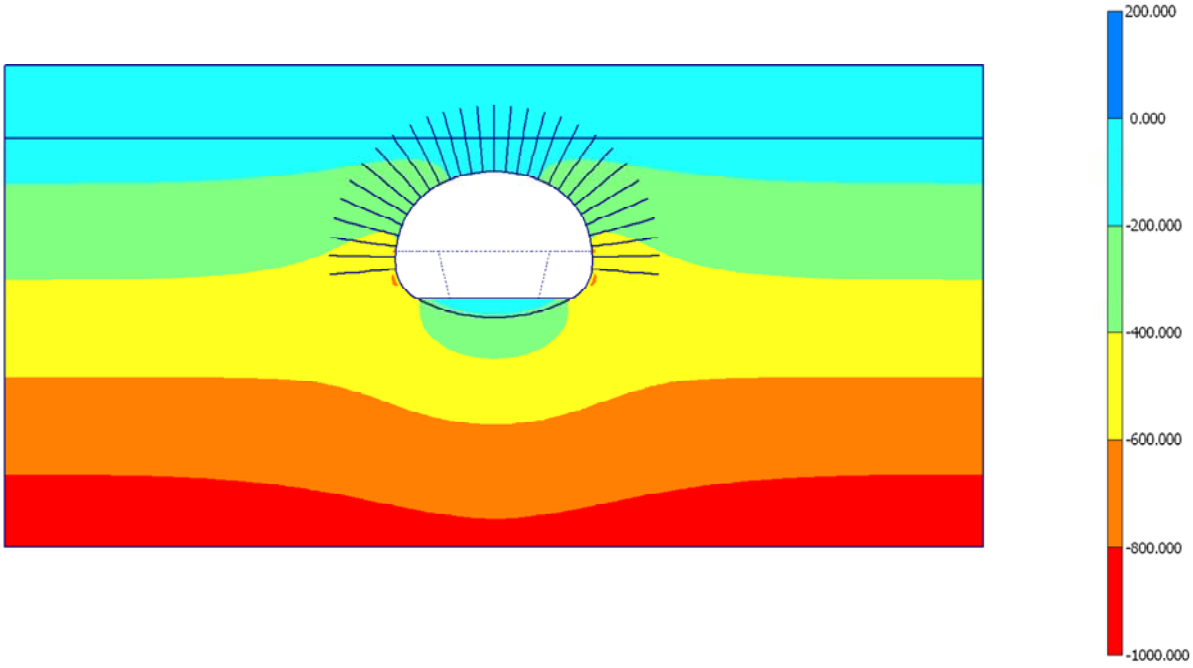


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 7)

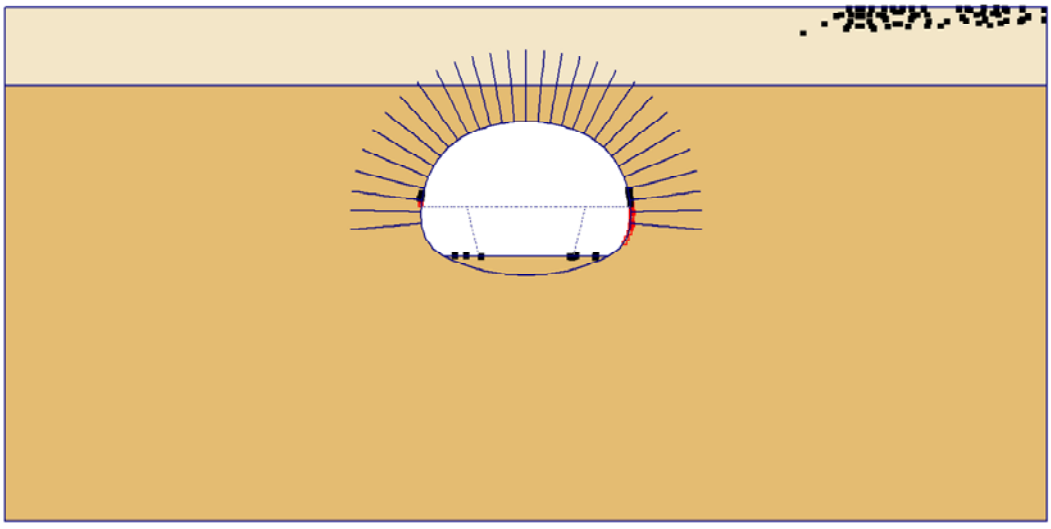


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 22 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

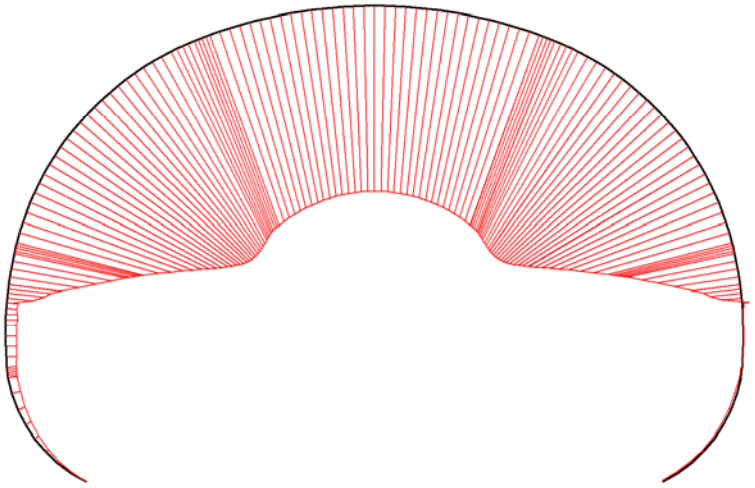


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -571,77 kN/m (Phase: 7)

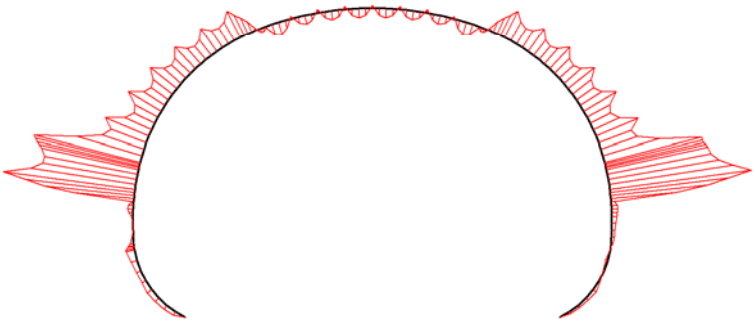


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -8,73 kNm/m (Phase: 7)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	6,910	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	6,915	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	6,889	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	6,781	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,419	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	5,860	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	5,771	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	6,417	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	7,512	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	8,971	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	10,977	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	14,022	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	21,003	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,144	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,044	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	6,912	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	6,887	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,773	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	6,401	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,810	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	5,715	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	6,352	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	7,424	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	8,878	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	10,852	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	14,002	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	21,154	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-0,236	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-0,206	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

13.Results for phase 8

13.1 *Plot of total displacements*

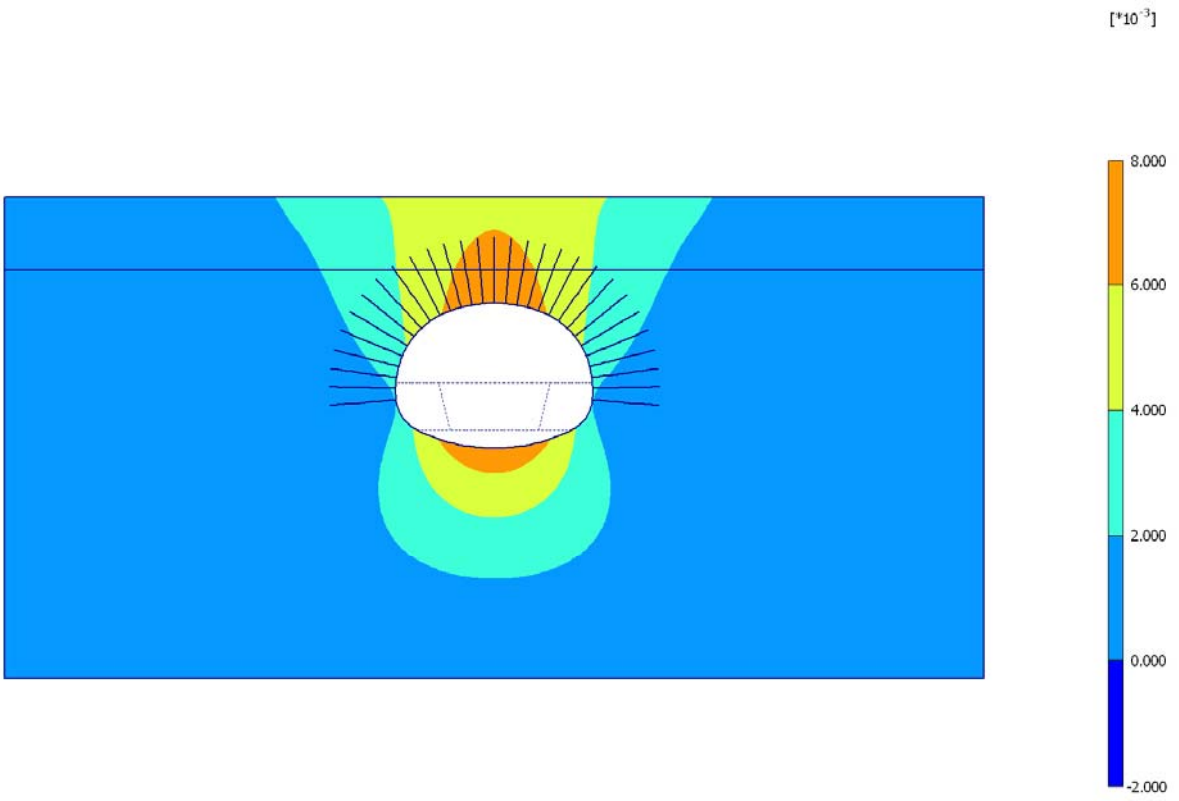


Fig. 39 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 24 - (Phase: 8)

13.2 *of total stresses*

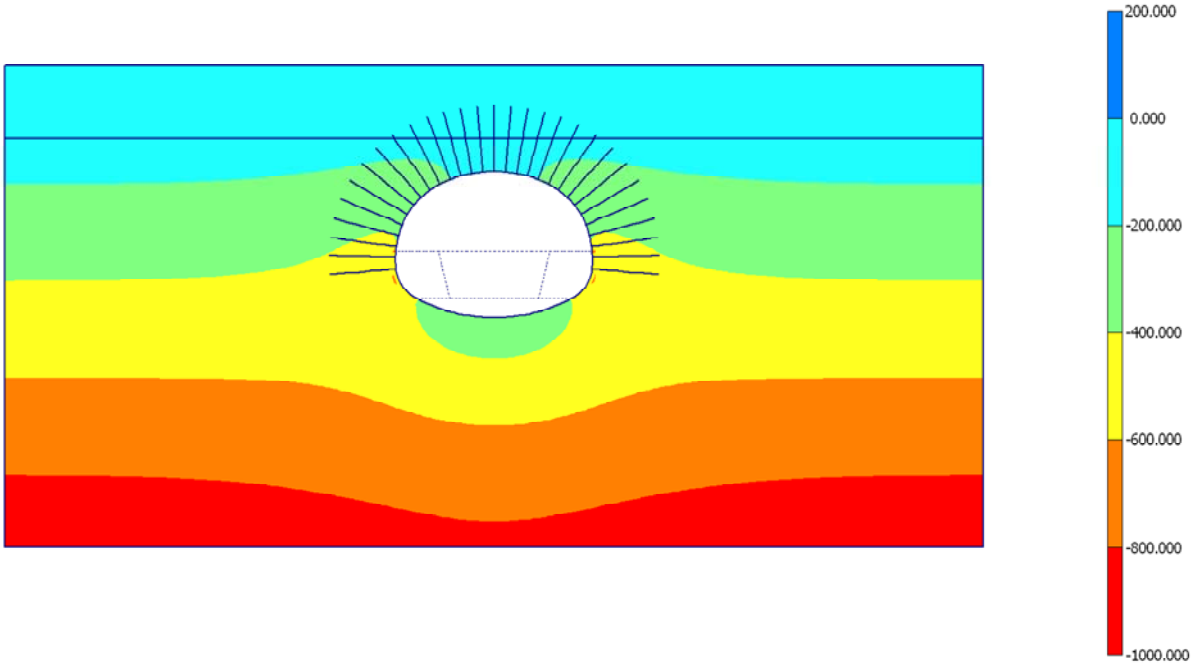


Fig. 40 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 24 - (Phase: 8)

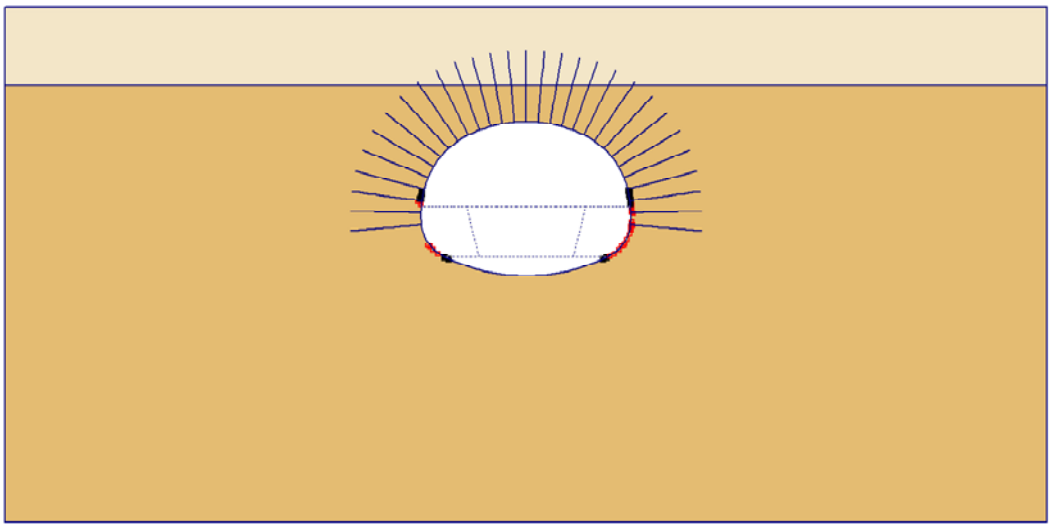


Fig. 41 Plot of plastic points
- Step no: 24 - (Phase: 8)

13.3 *Structures*

13.3.1 Beams

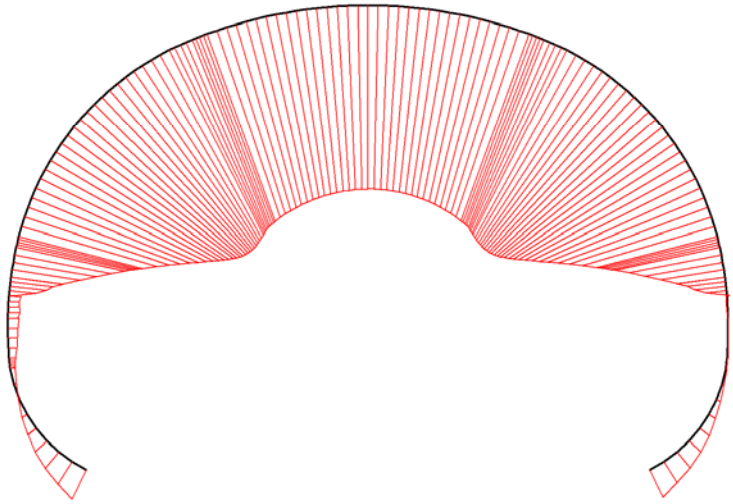


Fig. 42 Axial forces in beam
Extreme value -583,88 kN/m (Phase: 8)

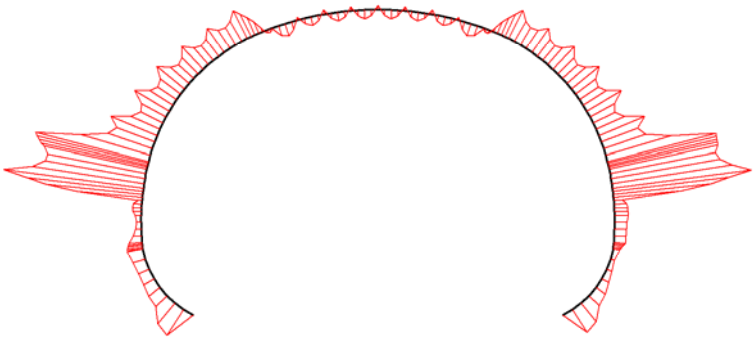


Fig. 43 Bending moments in beam
Extreme value -8,26 kNm/m (Phase: 8)

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	6481 6931	0,000 0,000	7,416 13,416	6,829	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	7263 6601	1,530 1,009	13,346 7,372	6,832	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	7273 6633	3,050 2,011	13,146 7,240	6,800	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7775 6947	4,540 2,993	12,816 7,023	6,682	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	8227 7174	6,000 3,954	12,366 6,721	6,302	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8603 7495	7,590 4,885	11,676 6,326	5,715	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8833 7581	9,190 5,754	10,726 5,806	5,614	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9041 7811	10,640 6,543	9,546 5,166	6,257	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9231 7827	11,910 7,231	8,186 4,424	7,370	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9241 7995	12,970 7,807	6,656 3,593	8,873	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9073 8031	13,800 8,261	4,986 2,686	10,947	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9315 8021	14,390 8,582	3,216 1,724	14,145	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9115 7843	14,720 8,772	1,526 0,730	21,421	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9105 7869	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,636	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8567 7692	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,947	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	6439 6167	-1,530 -1,009	13,346 7,372	6,829	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	6307 5749	-3,050 -2,011	13,146 7,240	6,798	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	5995 5717	-4,540 -2,993	12,816 7,023	6,673	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	5953	-6,000	12,366	6,284	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]
	5241	-3,954	6,721				0		
20	5573 5193	-7,590 -4,885	11,676 6,326	5,664	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	5139 5171	-9,190 -5,754	10,726 5,806	5,558	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4603 4989	-10,640 -6,543	9,546 5,166	6,193	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4543 4979	-11,910 -7,231	8,186 4,424	7,283	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4065 4969	-12,970 -7,807	6,656 3,593	8,781	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	3889 4453	-13,800 -8,261	4,986 2,686	10,829	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	3515 4113	-14,390 -8,582	3,216 1,724	14,084	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	3049 4283	-14,720 -8,772	1,526 0,730	21,392	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	3007 4263	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,229	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	2985 3847	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,683	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

REPORT

06/18/2013

User: EPTISA

Title: CAVERNA ESTACION HOSPITAL.
CS-5 Areniscas. 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	23,416

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Structures

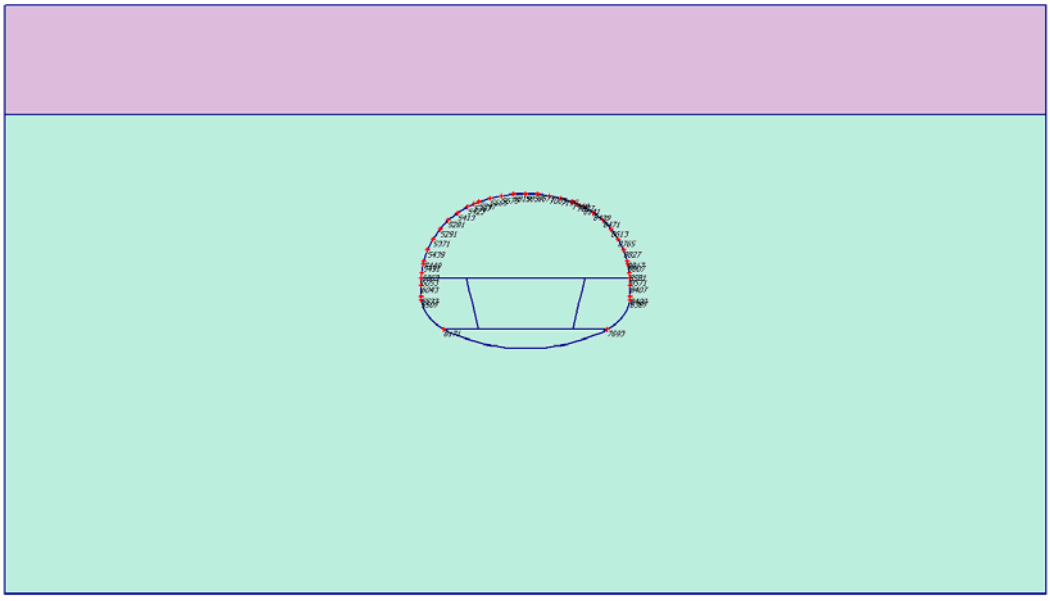


Fig. 1 Plot of geometry model with structures

3. Mesh data

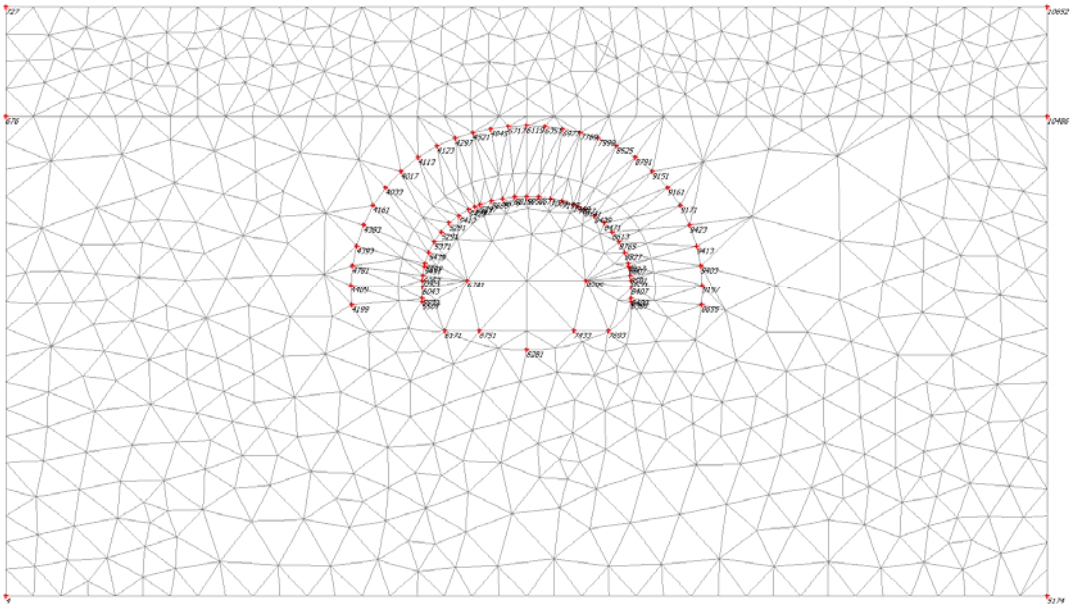


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

4. Material data

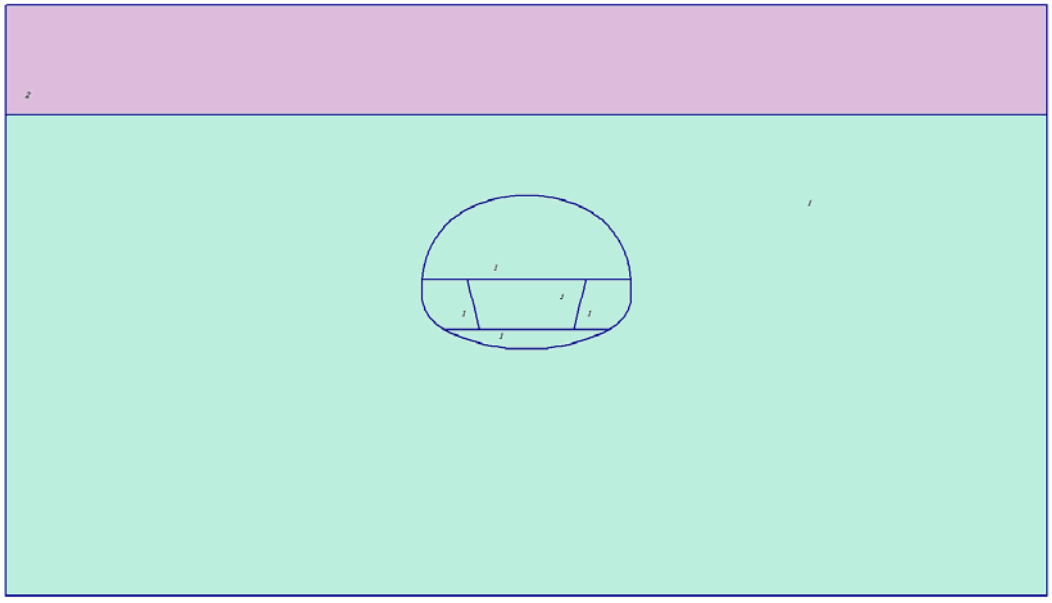


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		1 Are RMR20	2 Suelos_Roca alterada
Type		Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m³]	26,00	21,00
γ_{sat}	[kN/m³]	26,00	21,00
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]	800000,000	530000,000
ν	[-]	0,300	0,300
G_{ref}	[kN/m²]	307692,308	203846,154
E_{oed}	[kN/m²]	1076923,077	713461,538
c_{ref}	[kN/m²]	230,00	148,00
φ	[°]	41,15	35,00
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	Staged construction	1	3
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	4	16
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Staged construction	17	22
<Phase 4>	4	3	Plastic analysis	Staged construction	23	24
<Phase 5>	5	4	Plastic analysis	Staged construction	25	26
<Phase 6>	6	5	Plastic analysis	Staged construction	27	28
<Phase 7>	7	6	Plastic analysis	Staged construction	29	30
<Phase 8>	8	7	Plastic analysis	Staged construction	31	32

6. Results for phase 1

6.1 *Plot of total displacements*

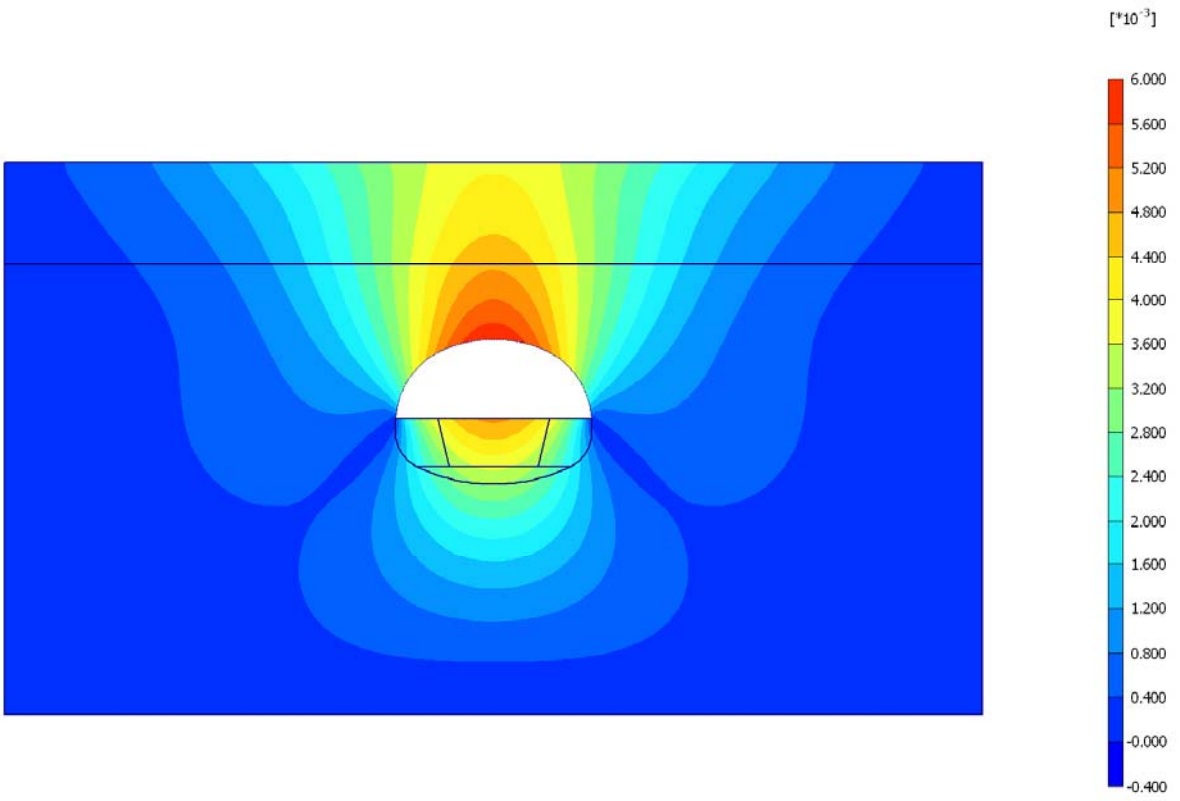


Fig. 4 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.2 *Plot of total stresses*

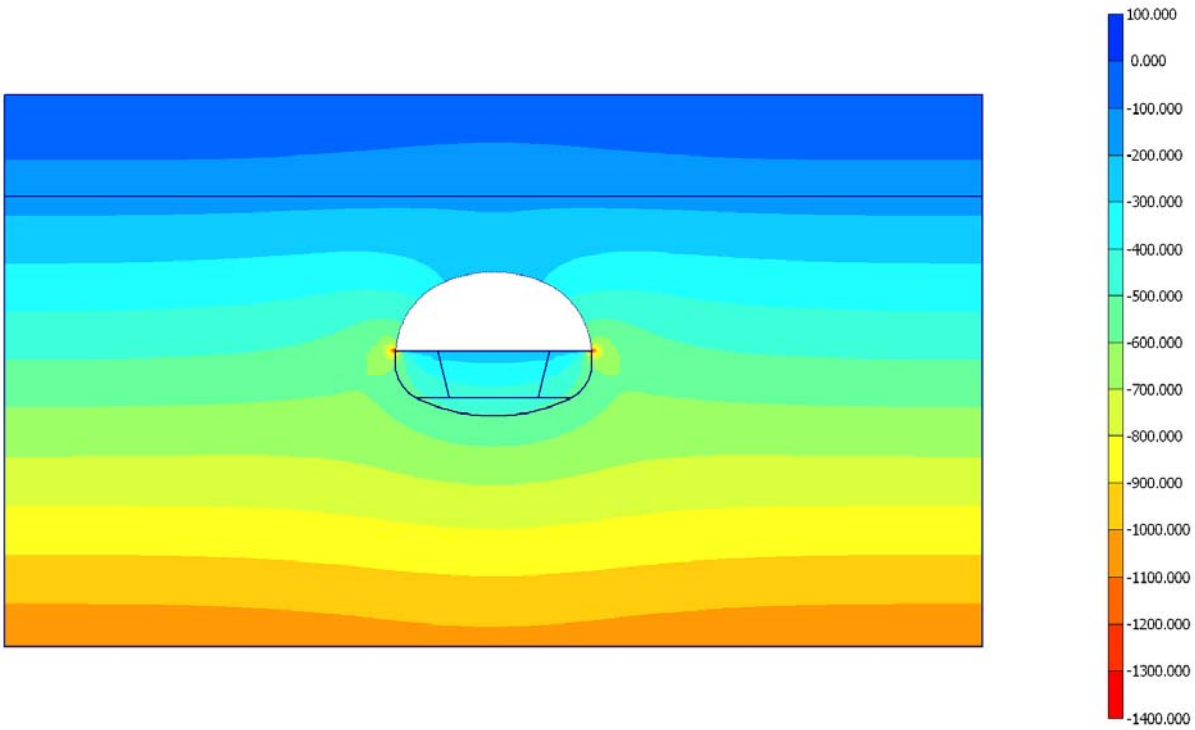


Fig. 5 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 3 - (Phase: 1)

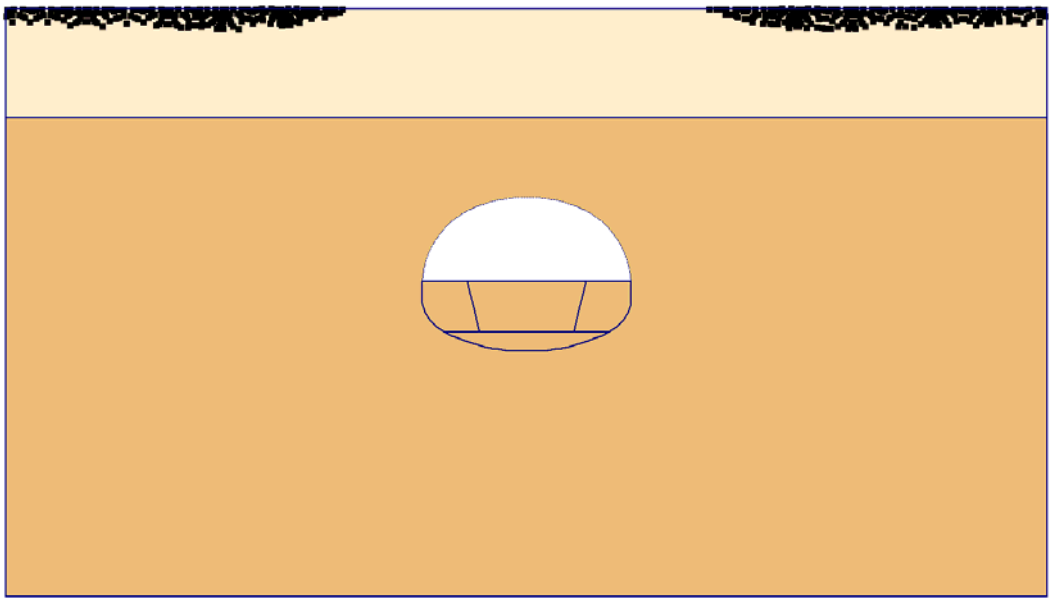


Fig. 6 Plot of plastic points
- Step no: 3 - (Phase: 1)

6.3 *Structures*

6.3.1 Beams

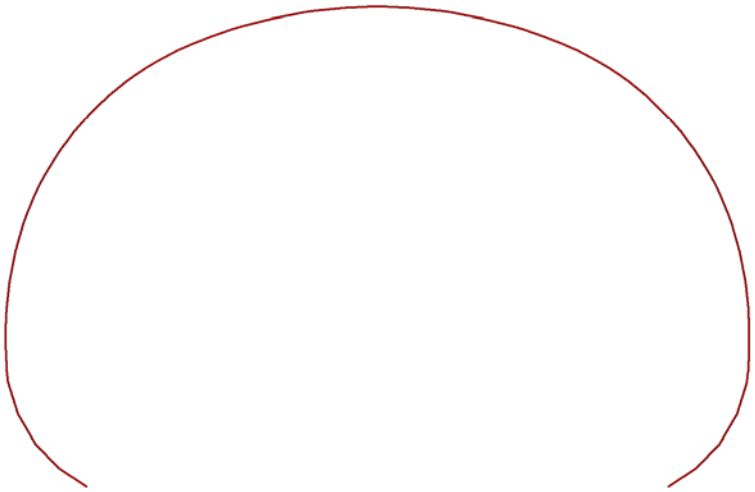


Fig. 7 Axial forces in beam
Extreme value 0,00 kN/m (Phase: 1)

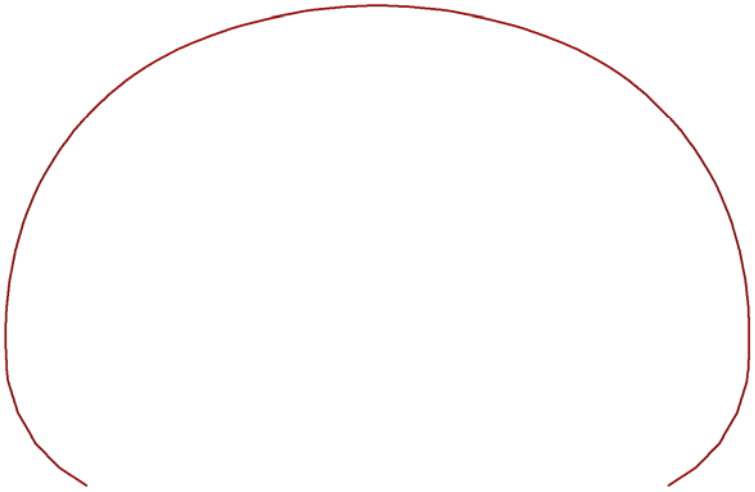


Fig. 8 Bending moments in beam
Extreme value 0,00 kNm/m (Phase: 1)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521	-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]
	5665	-2,993	7,023				0		
19	4297 5397	-6,000 -3,954	12,366 6,721	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-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 *Plot of total displacements*

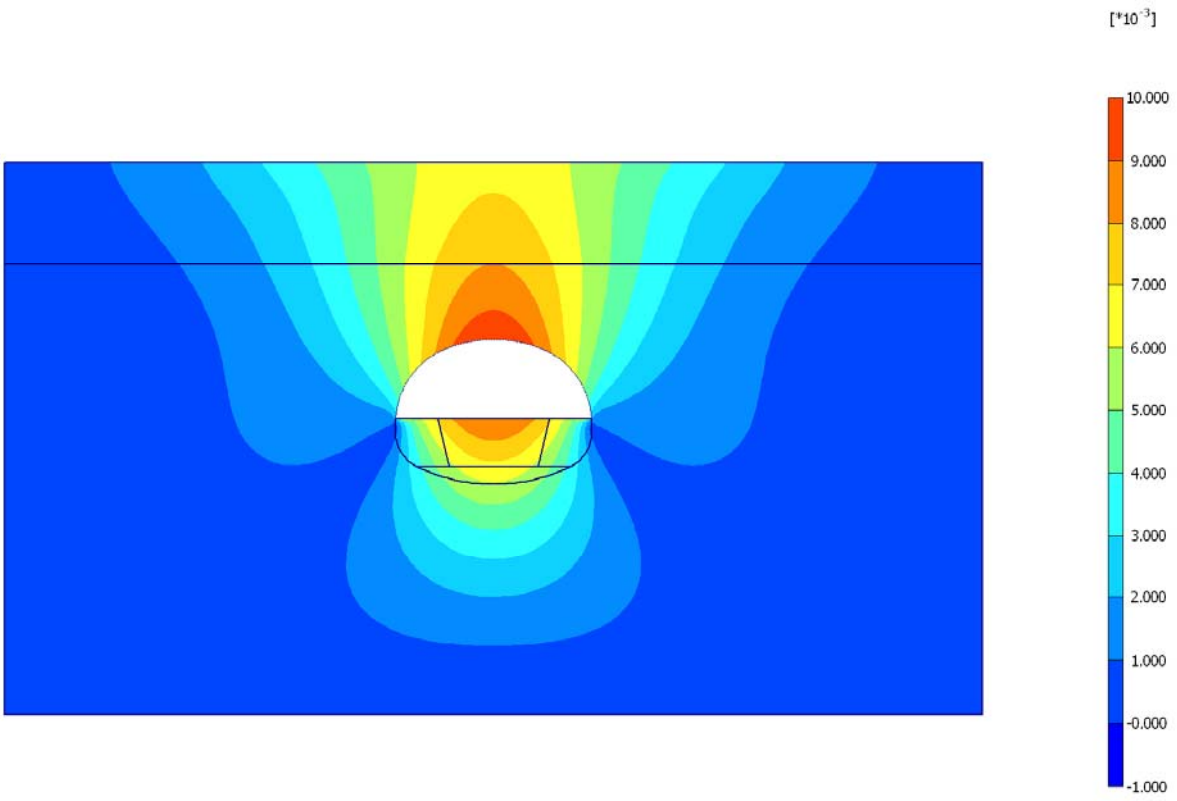


Fig. 9 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 16 - (Phase: 2)

7.2 *Plot of total stresses*

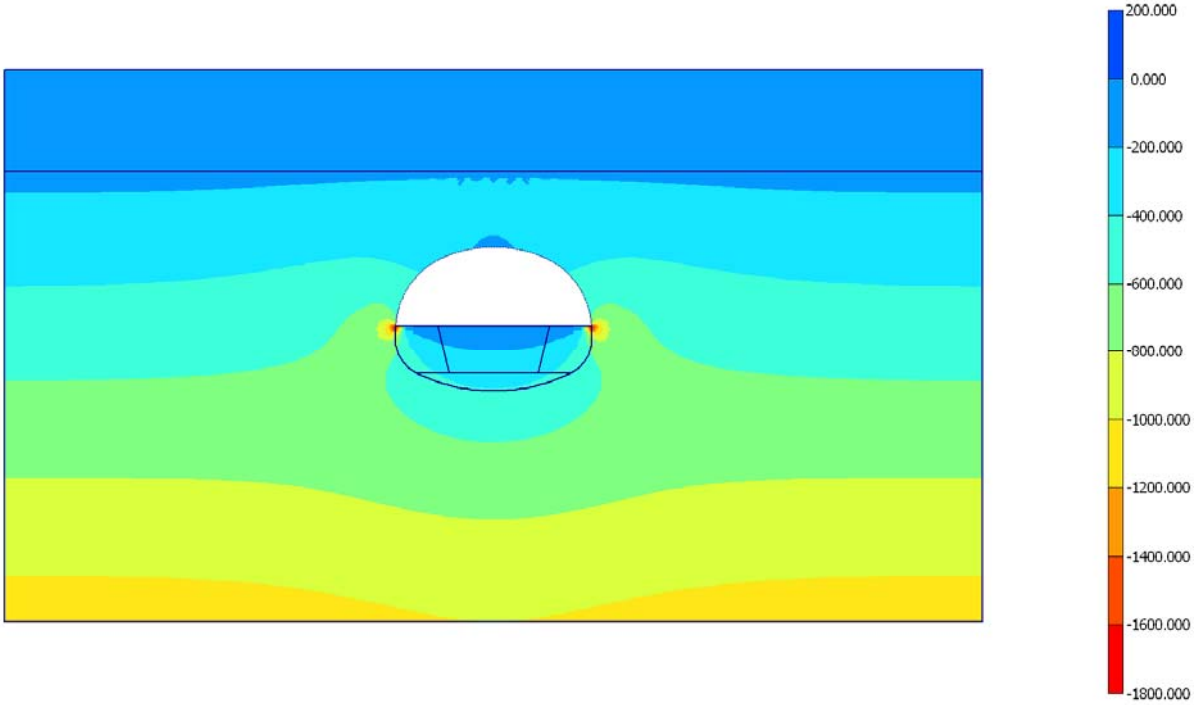


Fig. 10 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 16 - (Phase: 2)

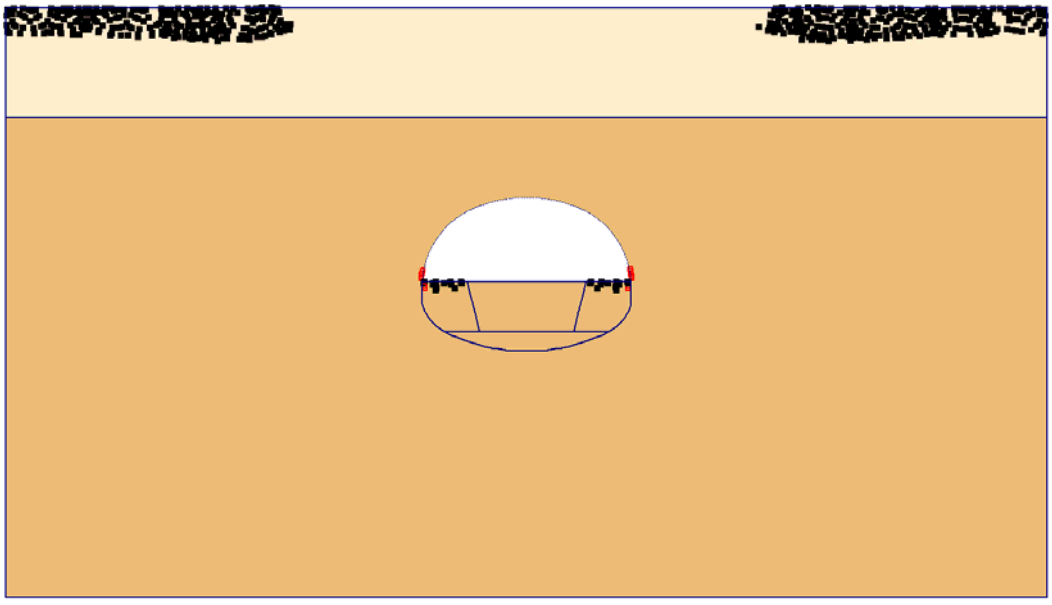


Fig. 11 Plot of plastic points
- Step no: 16 - (Phase: 2)

7.3 *Structures*

7.3.1 Beams

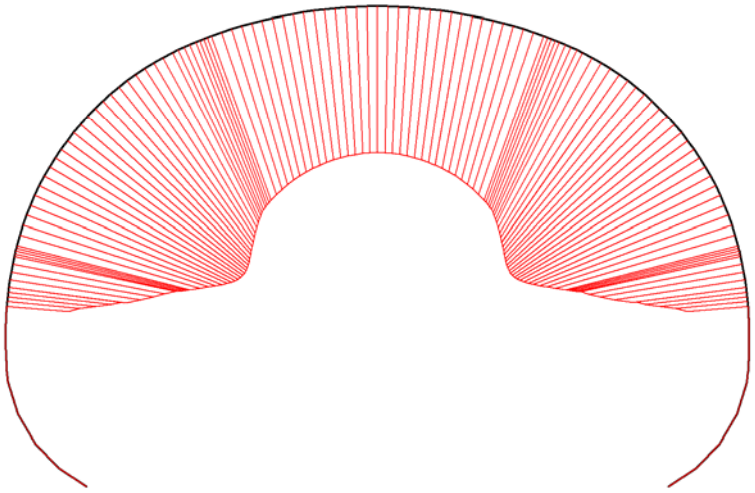


Fig. 12 Axial forces in beam
Extreme value -647,90 kN/m (Phase: 2)

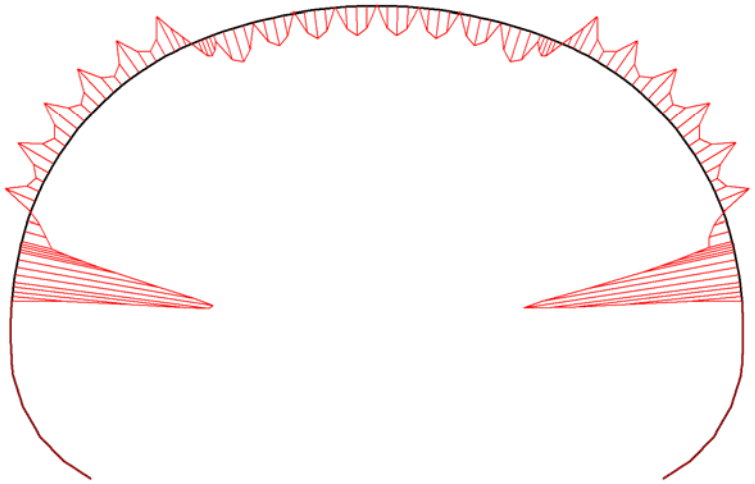


Fig. 13 Bending moments in beam
Extreme value 8,99 kNm/m (Phase: 2)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	10,940	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	10,978	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	11,024	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	10,981	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	10,702	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	10,268	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	10,307	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	10,508	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	10,746	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	11,018	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	11,092	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	10,384	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	6,294	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	10,966	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	11,024	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521 5665	-4,540 -2,993	12,816 7,023	10,980	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4297	-6,000	12,366	10,697	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]
	5397	-3,954	6,721				0		
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	10,272	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	10,295	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	10,495	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	10,736	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	10,988	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	11,065	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	10,368	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	6,260	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-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 *Plot of total displacements*

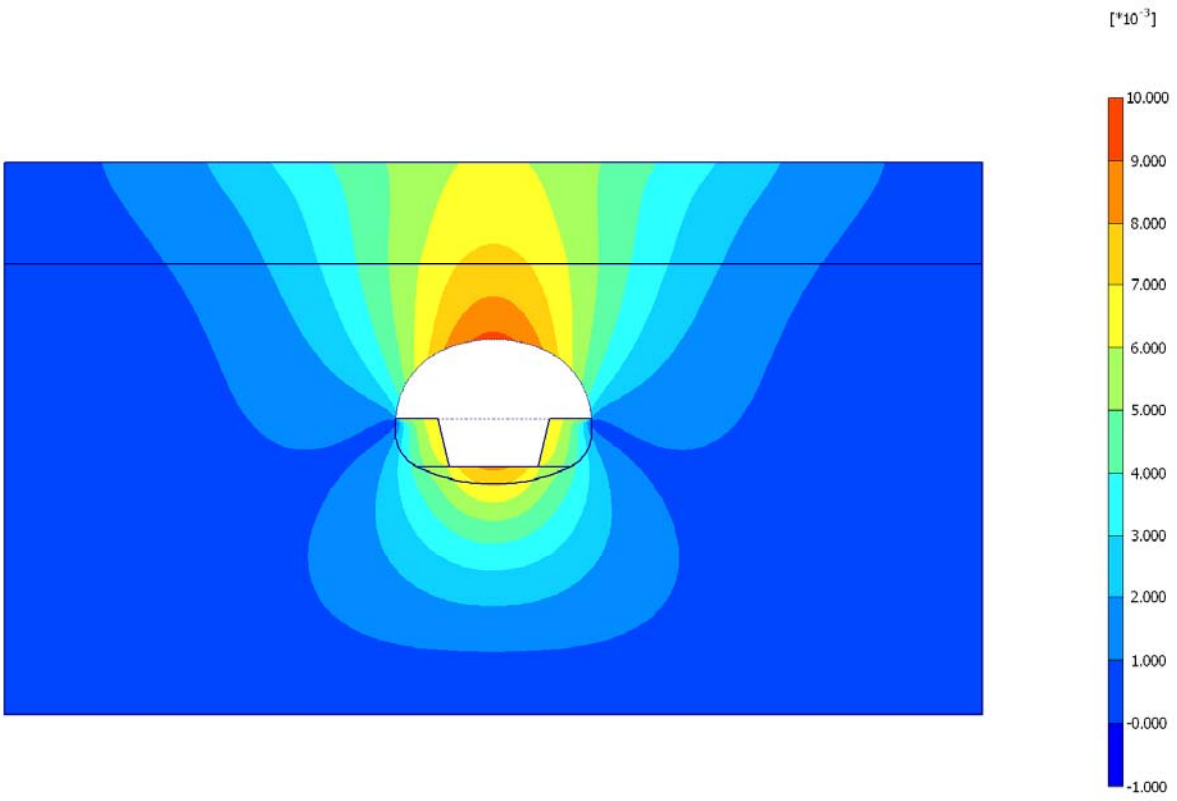


Fig. 14 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 3)

8.2 *Plot of total stresses*

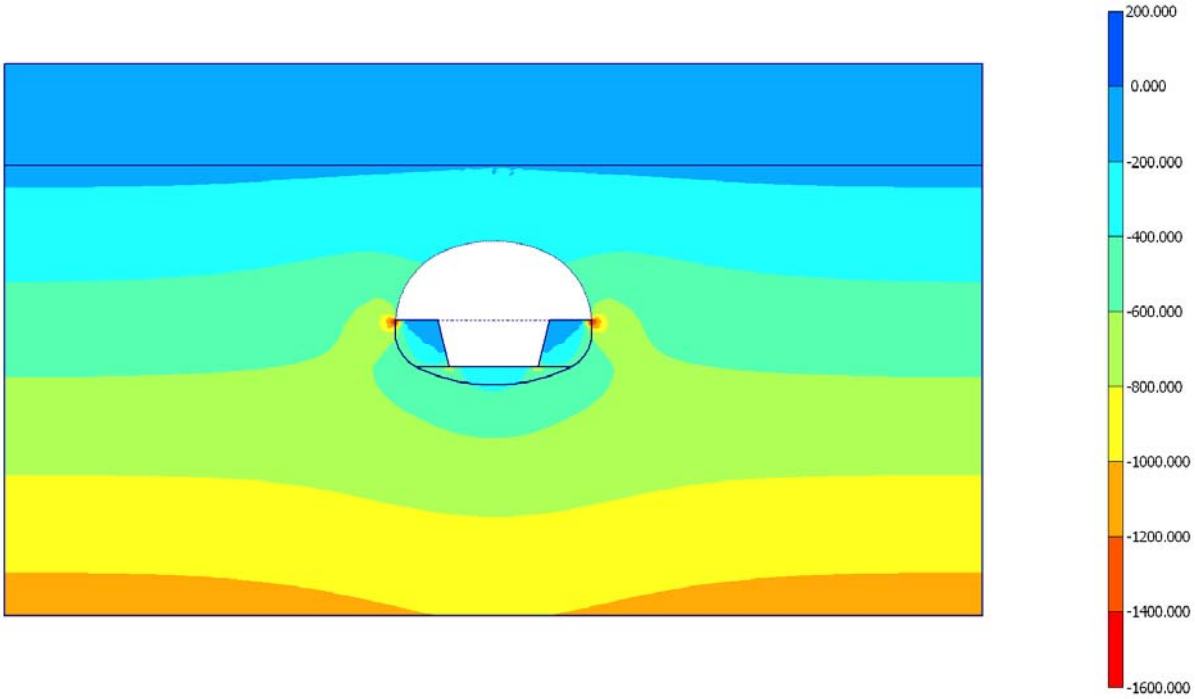


Fig. 15 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 3)

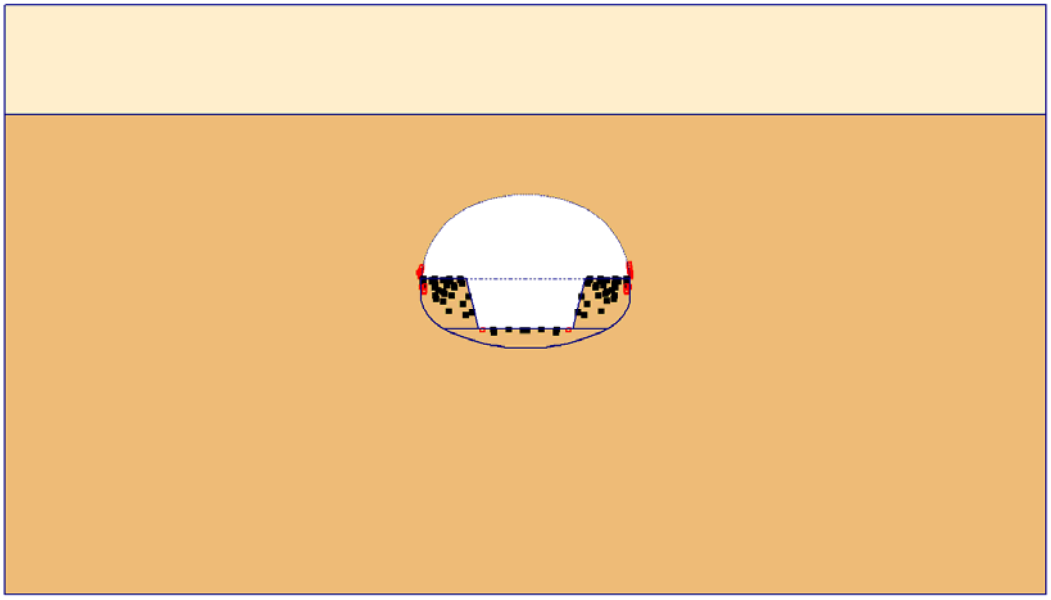


Fig. 16 Plot of plastic points
- Step no: 22 - (Phase: 3)

8.3 *Structures*

8.3.1 Beams

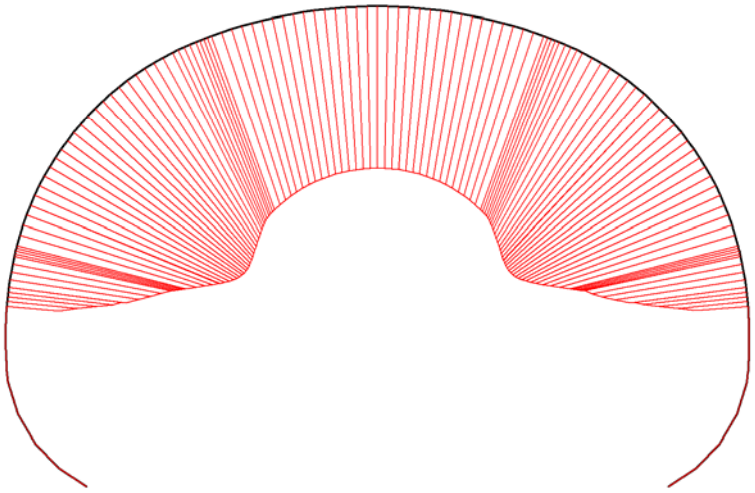


Fig. 17 Axial forces in beam
Extreme value -728,73 kN/m (Phase: 3)

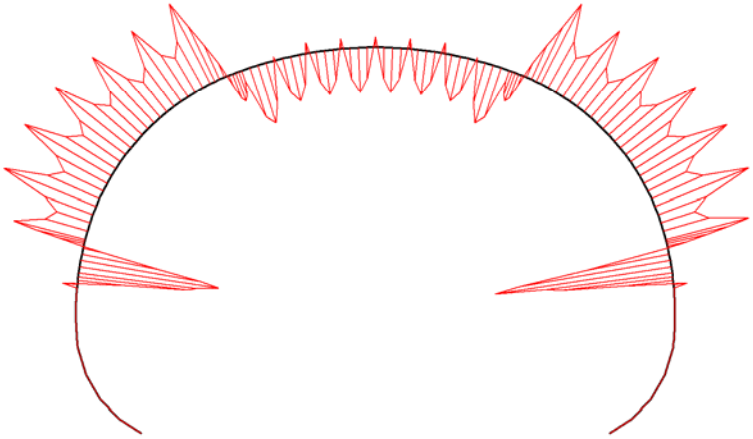


Fig. 18 Bending moments in beam
Extreme value 3,84 kNm/m (Phase: 3)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	10,597	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	10,624	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	10,633	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	10,526	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	10,129	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	9,506	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	9,455	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	9,696	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	10,119	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	10,769	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	11,527	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	12,189	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	11,928	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	10,612	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	10,633	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521 5665	-4,540 -2,993	12,816 7,023	10,524	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4297	-6,000	12,366	10,123	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]
	5397	-3,954	6,721				0		
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	9,508	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	9,442	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	9,683	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	10,108	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	10,738	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	11,500	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	12,175	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	11,860	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-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 *Plot of total displacements*

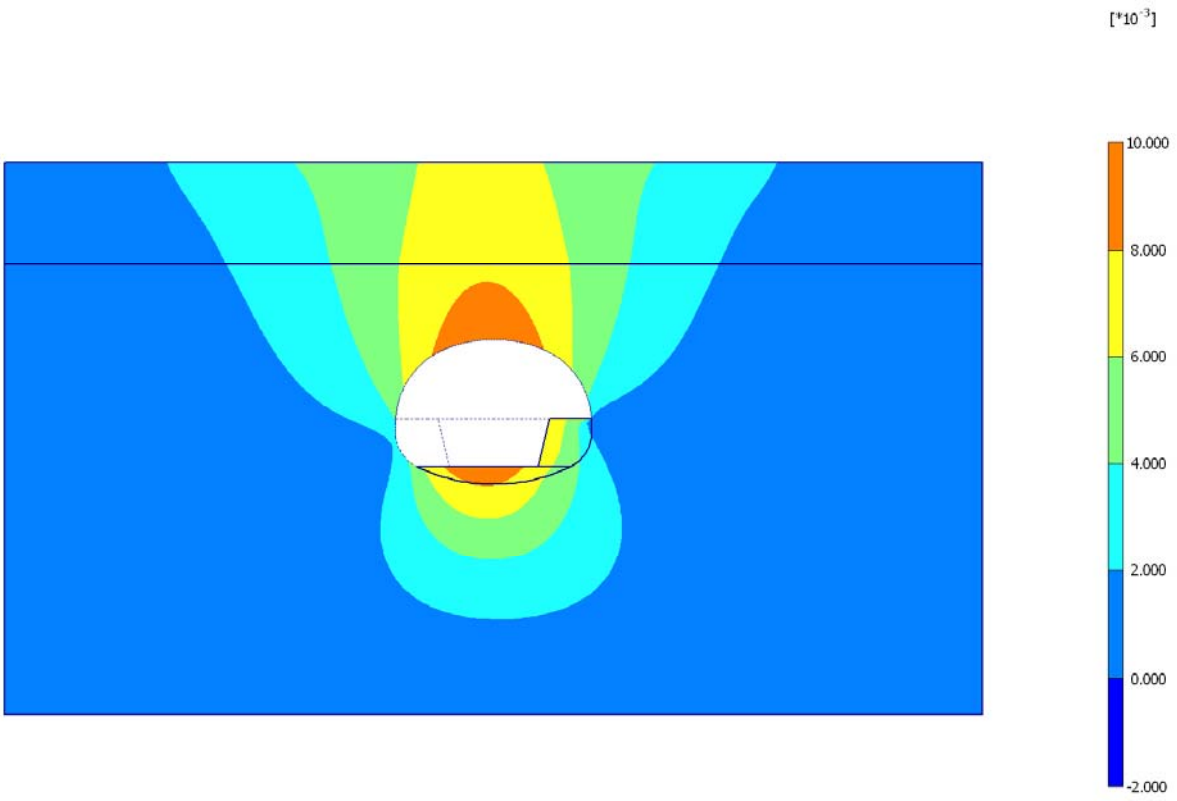


Fig. 19 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 24 - (Phase: 4)

9.2 *Plot of total stresses*

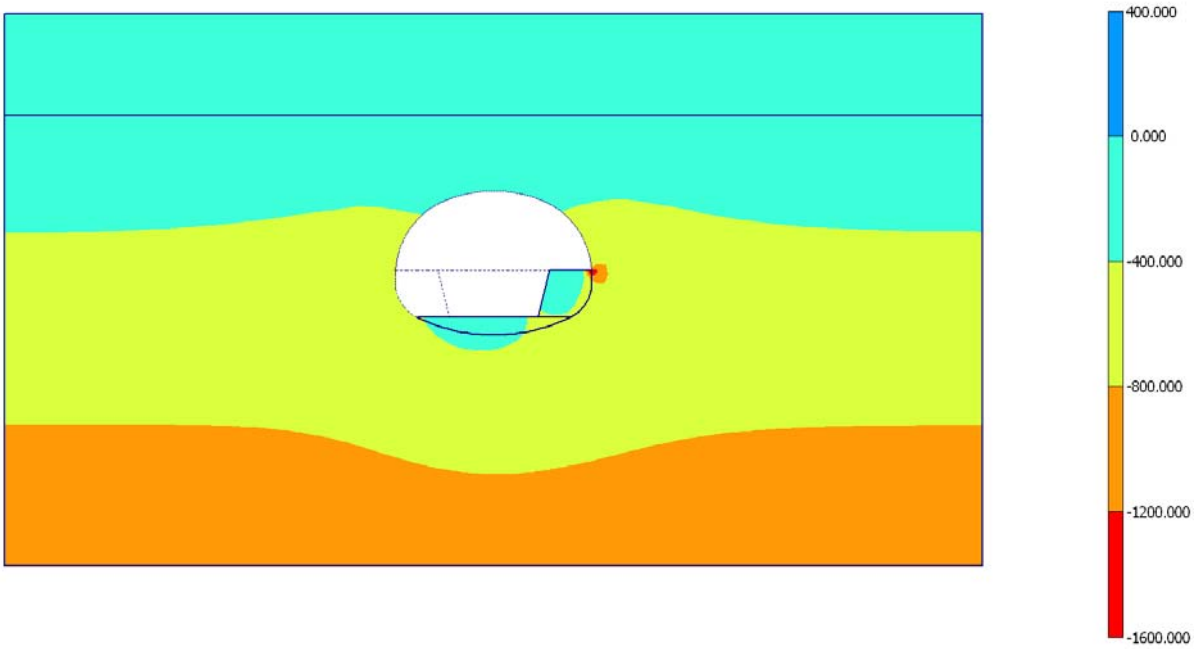


Fig. 20 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 24 - (Phase: 4)



Fig. 21 Plot of plastic points
- Step no: 24 - (Phase: 4)

9.3 *Structures*

9.3.1 Beams

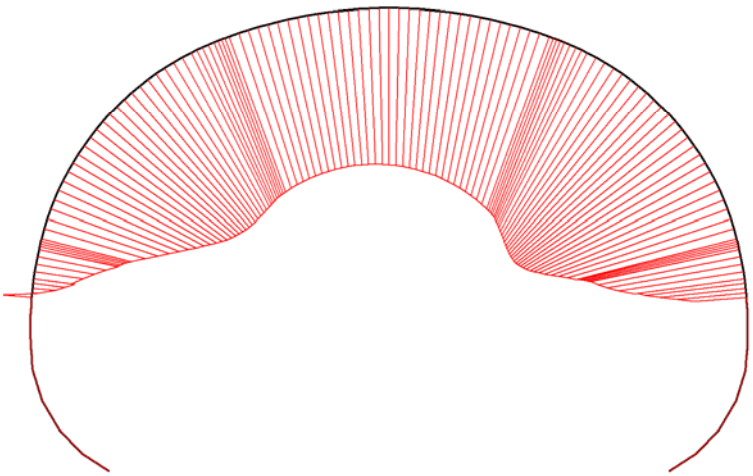


Fig. 22 Axial forces in beam
Extreme value -807,56 kN/m (Phase: 4)

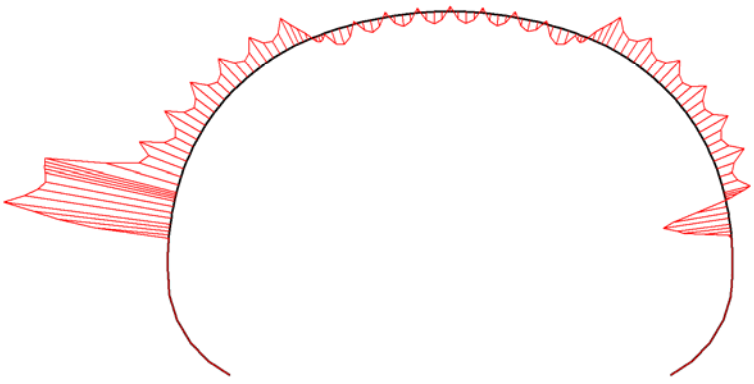


Fig. 23 Bending moments in beam
Extreme value -11,95 kNm/m (Phase: 4)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	10,642	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	10,659	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	10,651	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	10,504	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	10,017	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	9,255	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	9,109	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	9,288	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	9,681	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	10,333	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	11,127	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	11,847	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	11,535	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	10,671	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	10,726	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521 5665	-4,540 -2,993	12,816 7,023	10,697	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4297	-6,000	12,366	10,465	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]
	5397	-3,954	6,721				0		
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	10,091	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	10,432	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	11,311	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	12,622	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	14,484	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	17,048	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	21,083	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	31,035	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-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 *Plot of total displacements*

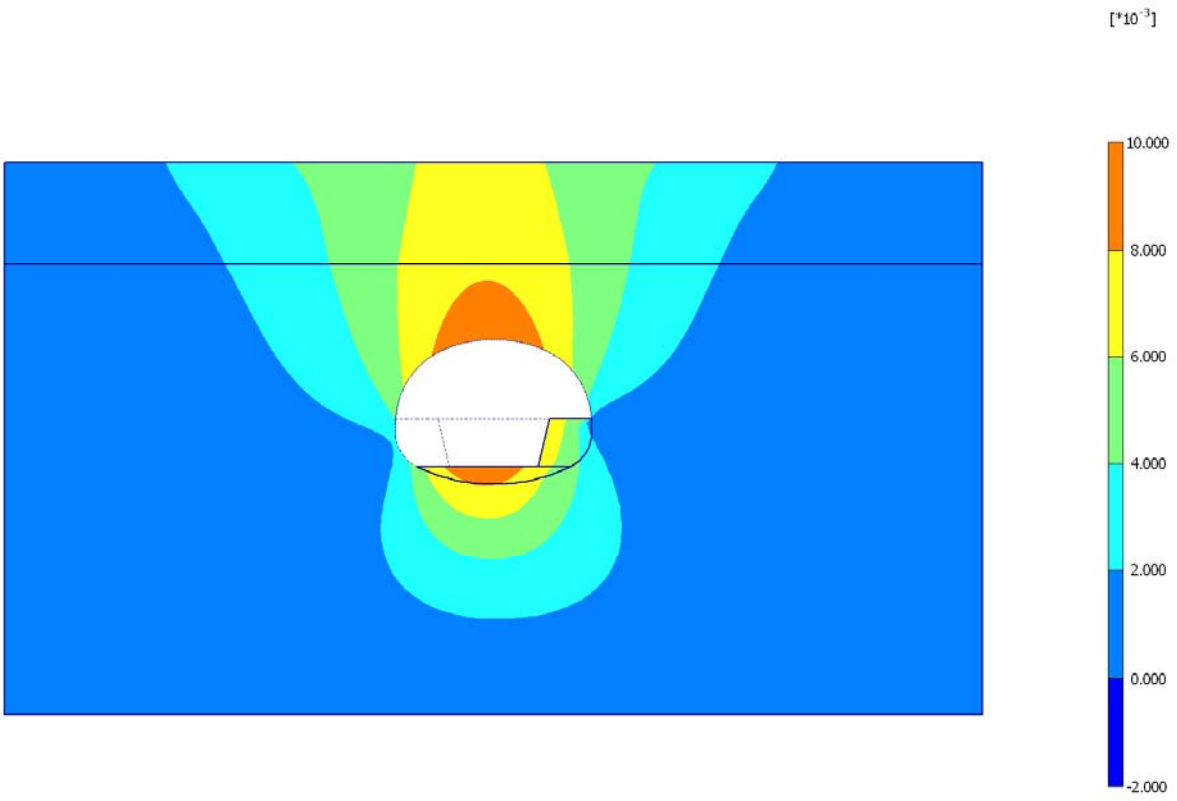


Fig. 24 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 26 - (Phase: 5)

10.2 *Plot of total stresses*

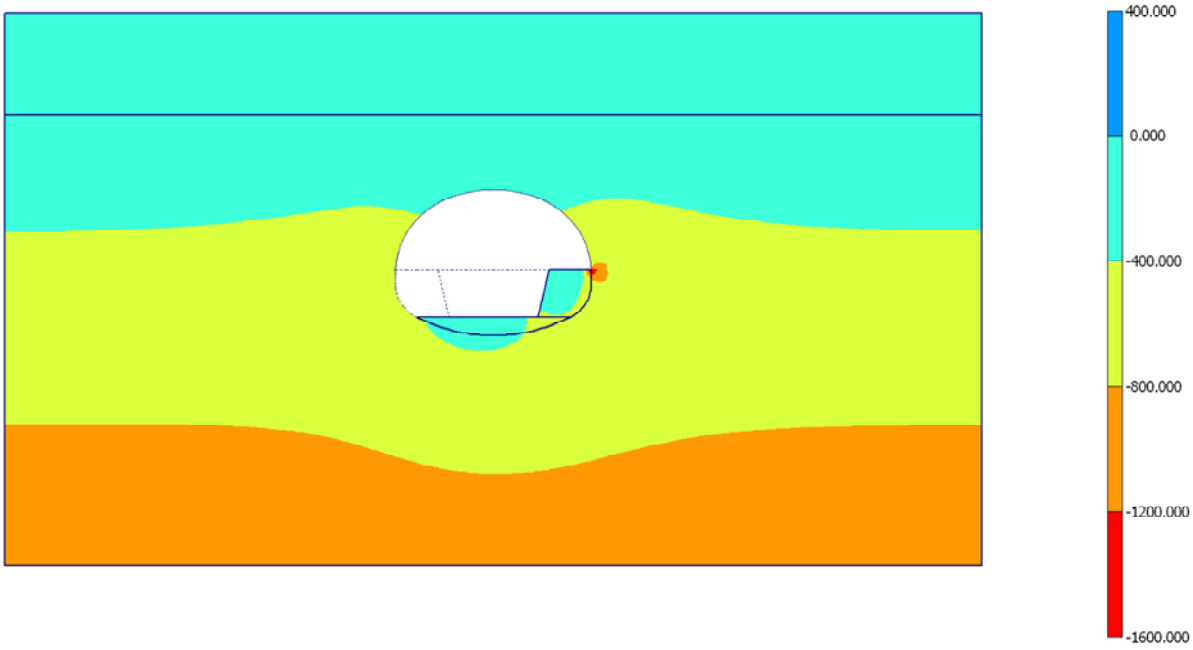


Fig. 25 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 26 - (Phase: 5)

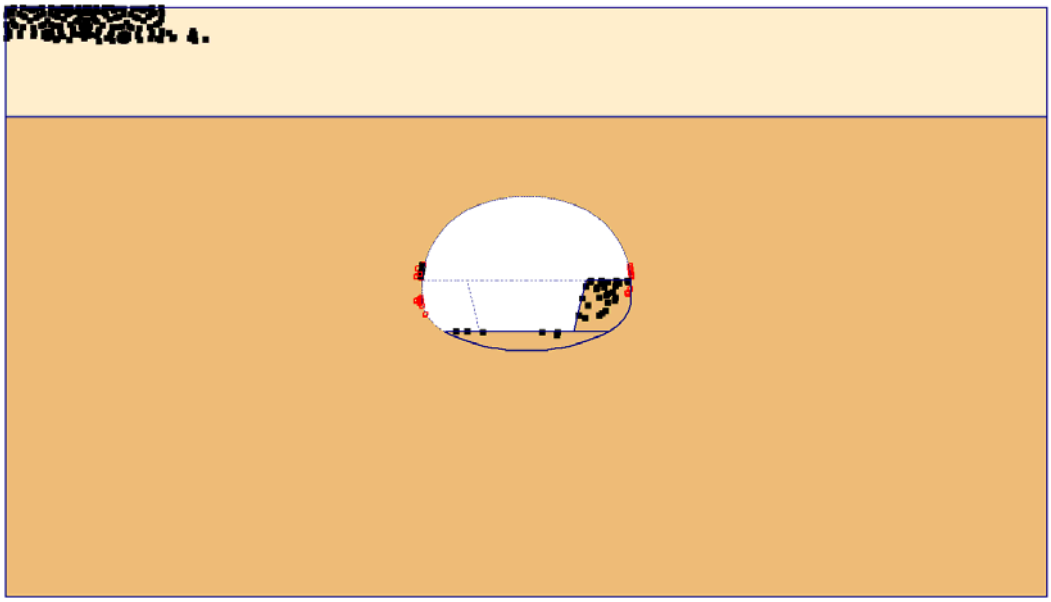


Fig. 26 Plot of plastic points
- Step no: 26 - (Phase: 5)

10.3 *Structures*

10.3.1 Beams

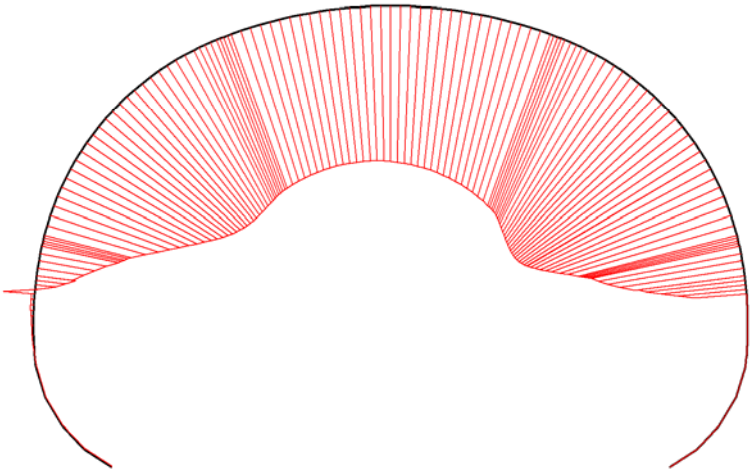


Fig. 27 Axial forces in beam
Extreme value -809,22 kN/m (Phase: 5)

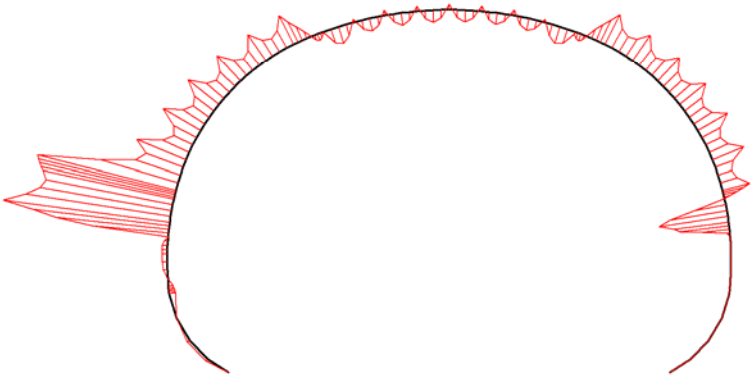


Fig. 28 Bending moments in beam
Extreme value -11,56 kNm/m (Phase: 5)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	10,650	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	10,666	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	10,657	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	10,510	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	10,021	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	9,258	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	9,112	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	9,291	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	9,683	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	10,336	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	11,131	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	11,853	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	11,542	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	10,680	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	10,737	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521 5665	-4,540 -2,993	12,816 7,023	10,711	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4297	-6,000	12,366	10,487	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]
	5397	-3,954	6,721				0		
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	10,123	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	10,474	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	11,365	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	12,689	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	14,563	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	17,134	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	21,210	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	31,195	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-0,010	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	0,042	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

11.Results for phase 6

11.1 *Plot of total displacements*

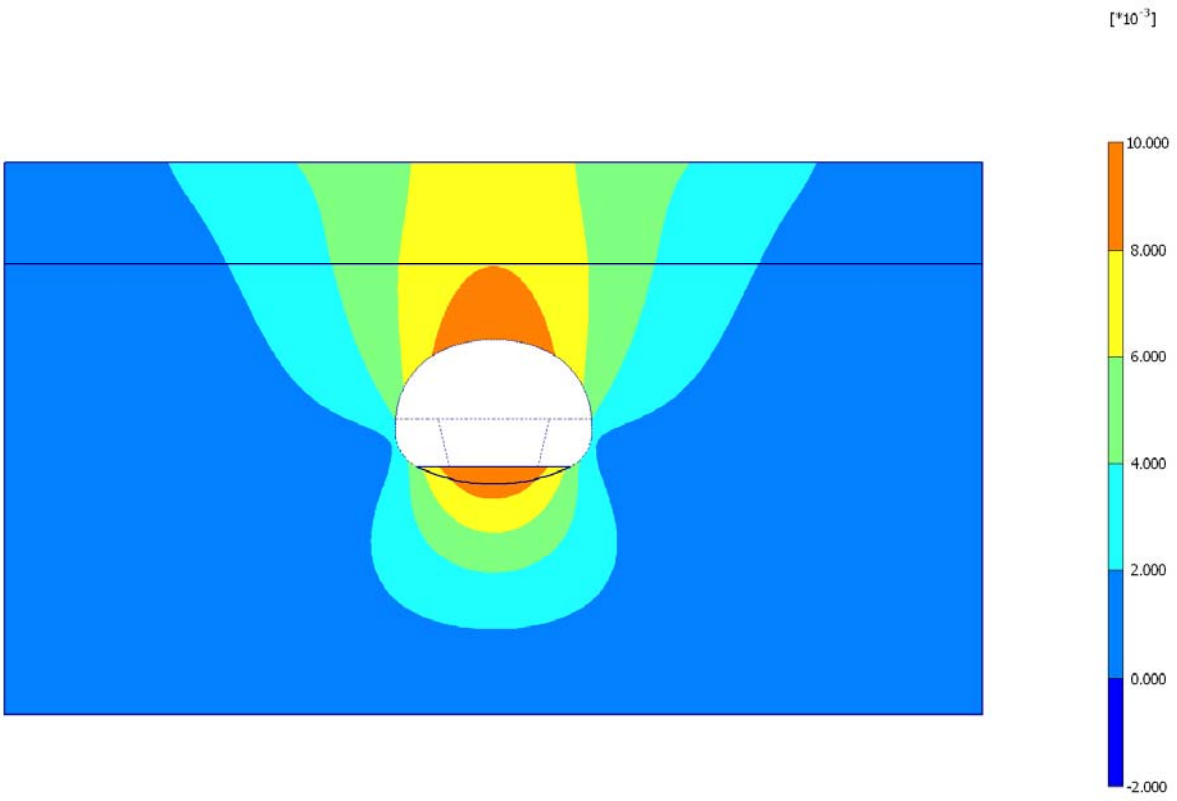


Fig. 29 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 6)

11.2 *Plot of total stresses*

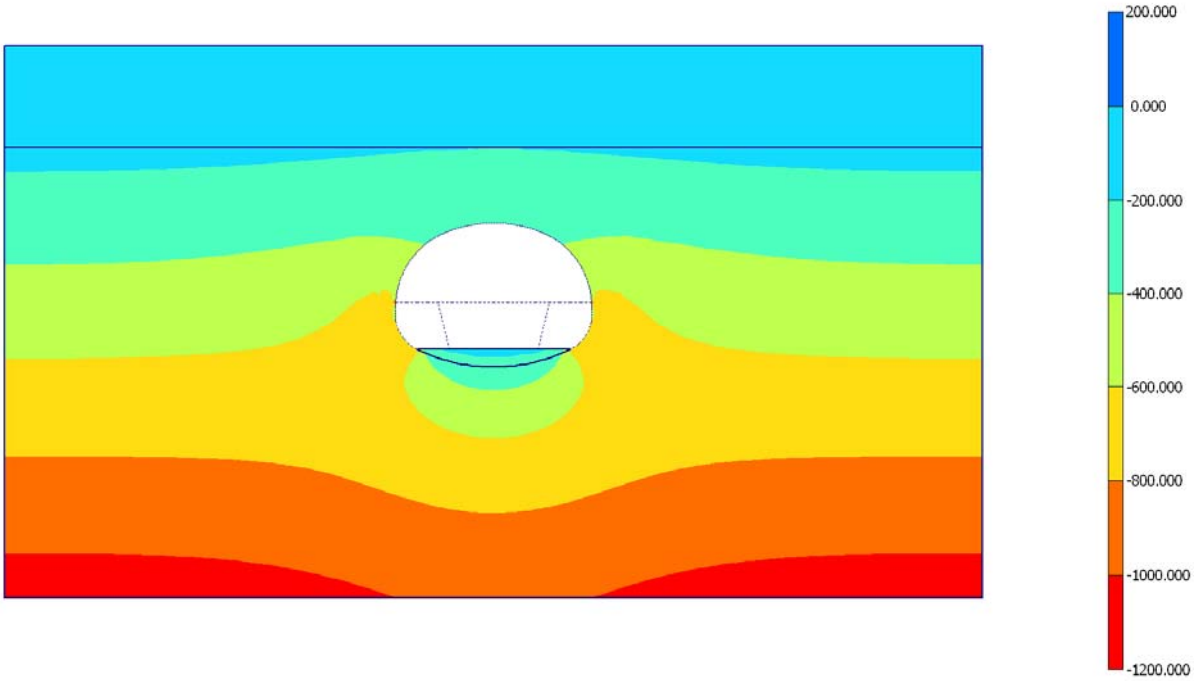


Fig. 30 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 28 - (Phase: 6)

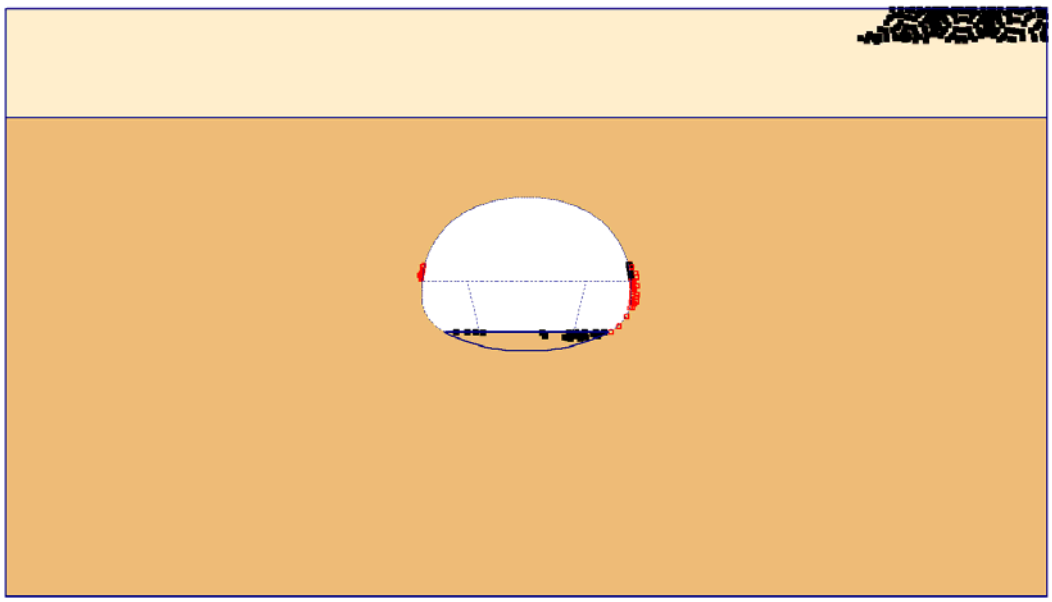


Fig. 31 Plot of plastic points
- Step no: 28 - (Phase: 6)

11.3 *Structures*

11.3.1 Beams

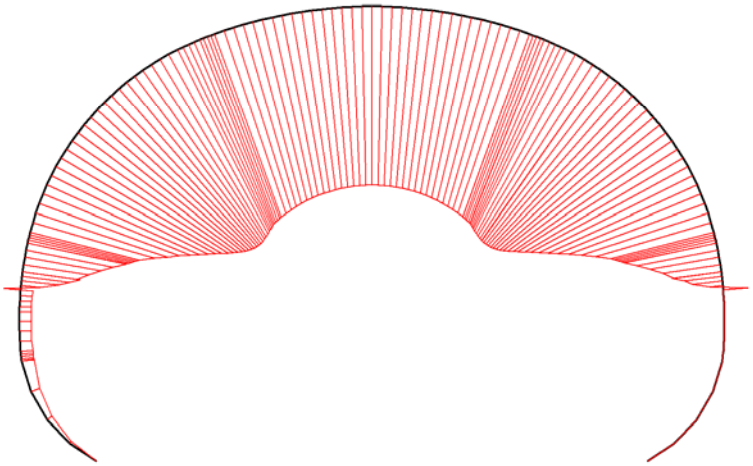


Fig. 32 Axial forces in beam
Extreme value -763,34 kN/m (Phase: 6)

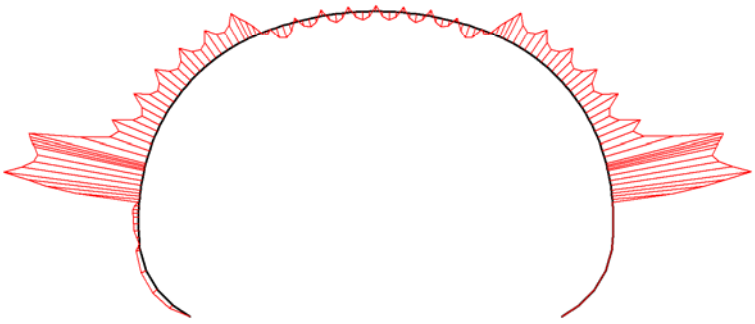


Fig. 33 Bending moments in beam
Extreme value -11,78 kNm/m (Phase: 6)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	10,690	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	10,725	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	10,757	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	10,698	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	10,389	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	9,882	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	10,159	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	10,989	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	12,279	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	14,179	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	16,776	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	20,916	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	31,086	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	0,000	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	10,706	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	10,740	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521	-4,540	12,816	10,667	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]
	5665	-2,993	7,023				0		
19	4297 5397	-6,000 -3,954	12,366 6,721	10,339	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	9,821	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	10,059	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	10,864	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	12,129	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	13,975	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	16,556	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	20,696	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	30,822	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-0,297	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-0,162	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

12.Results for phase 7

12.1 *Plot of total displacements*

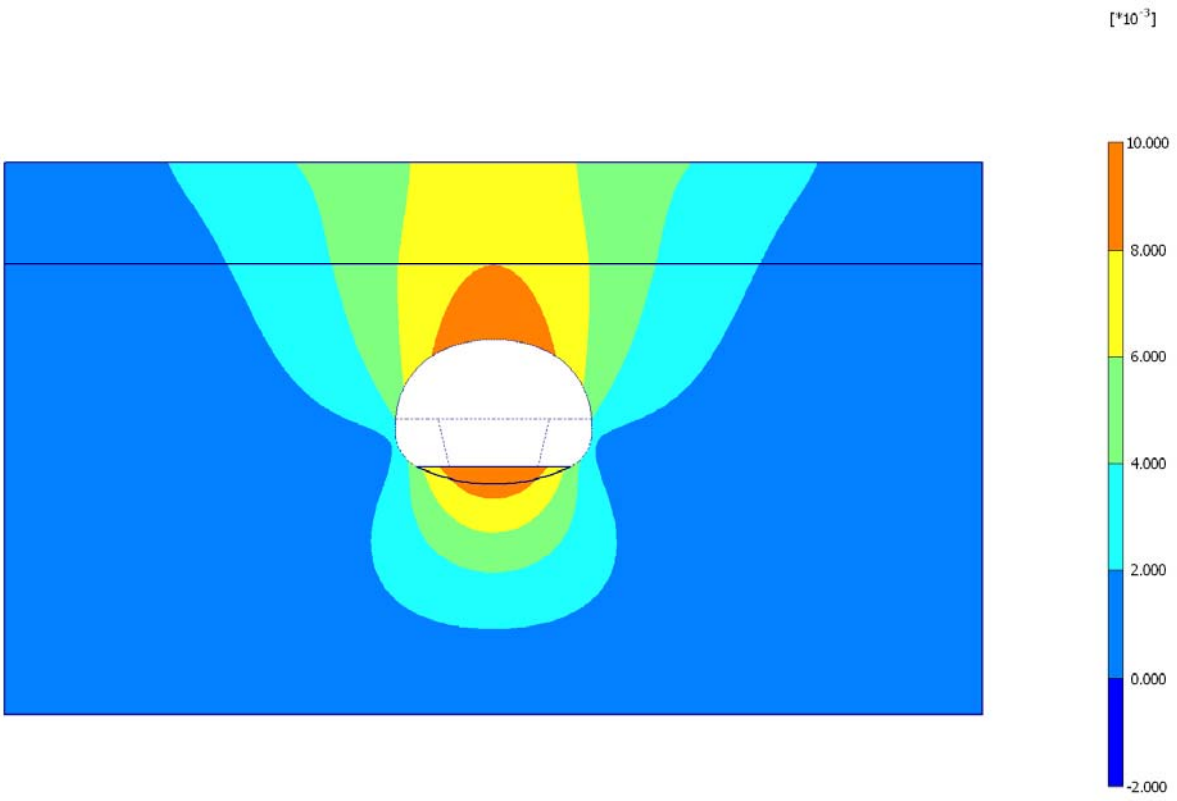


Fig. 34 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 7)

12.2 *Plot of total stresses*

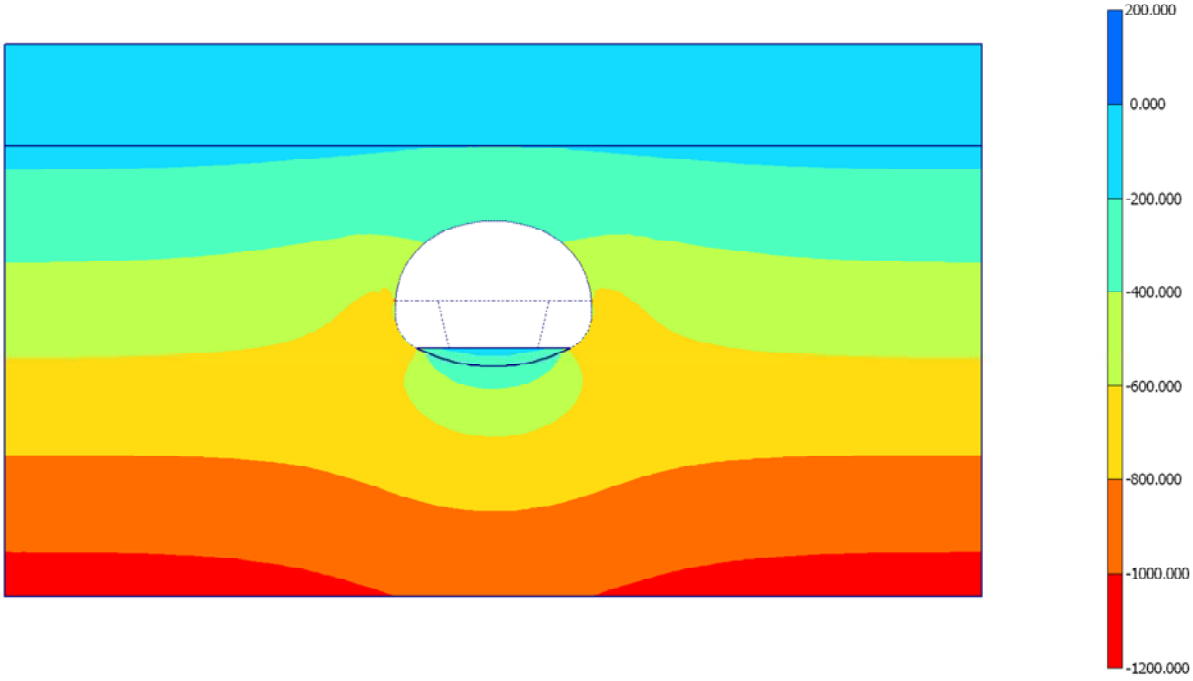


Fig. 35 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 30 - (Phase: 7)

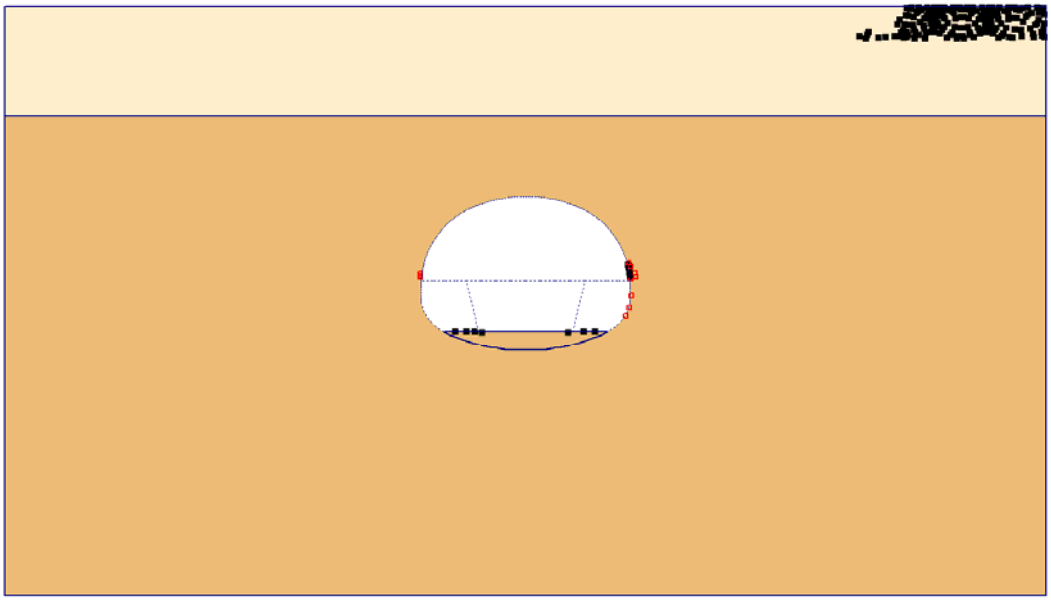


Fig. 36 Plot of plastic points
- Step no: 30 - (Phase: 7)

12.3 *Structures*

12.3.1 Beams

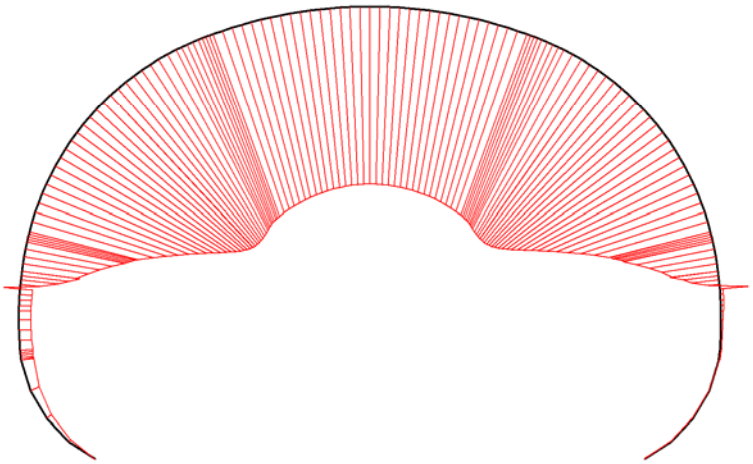


Fig. 37 Axial forces in beam
Extreme value -765,21 kN/m (Phase: 7)

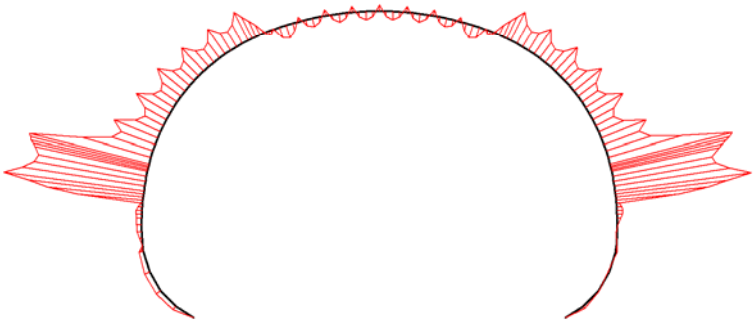


Fig. 38 Bending moments in beam
Extreme value -11,51 kNm/m (Phase: 7)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	10,697	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	10,734	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	10,768	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	10,713	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	10,411	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	9,915	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	10,202	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	11,045	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	12,348	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	14,257	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	16,858	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	21,076	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	31,318	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,014	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	-0,035	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	10,712	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	10,745	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521 5665	-4,540 -2,993	12,816 7,023	10,672	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
19	4297	-6,000	12,366	10,342	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]
	5397	-3,954	6,721				0		
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	9,821	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	10,058	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	10,861	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	12,125	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	13,970	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	16,550	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	20,690	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	30,818	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	-0,301	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	-0,166	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002

13.Results for phase 8

13.1 *Plot of total displacements*

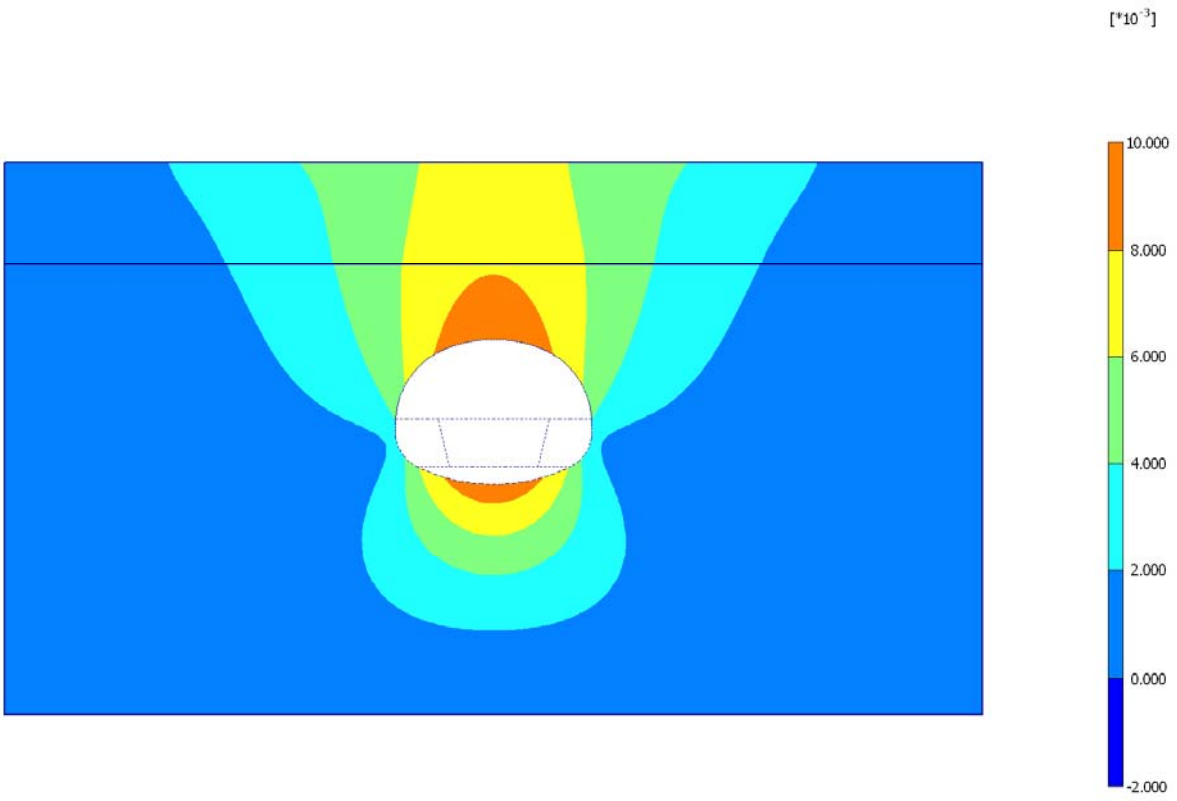


Fig. 39 Plot of total displacements (shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 8)

13.2 *Plot of total stresses*

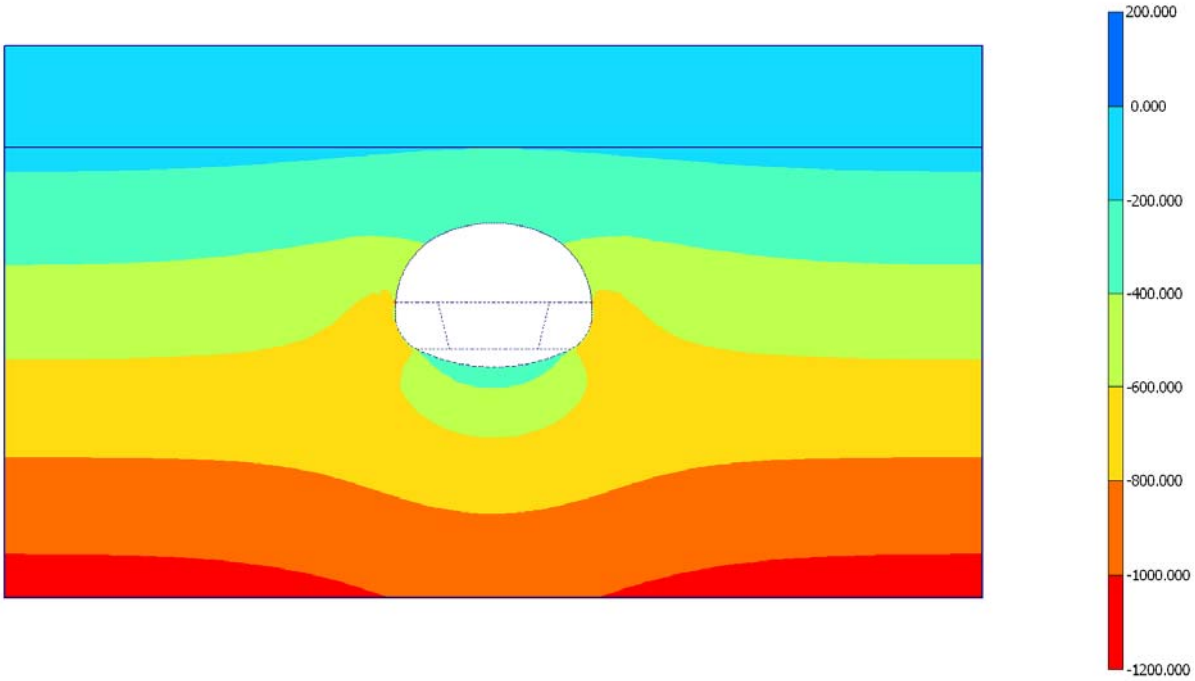


Fig. 40 Plot of total stresses (mean shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 8)

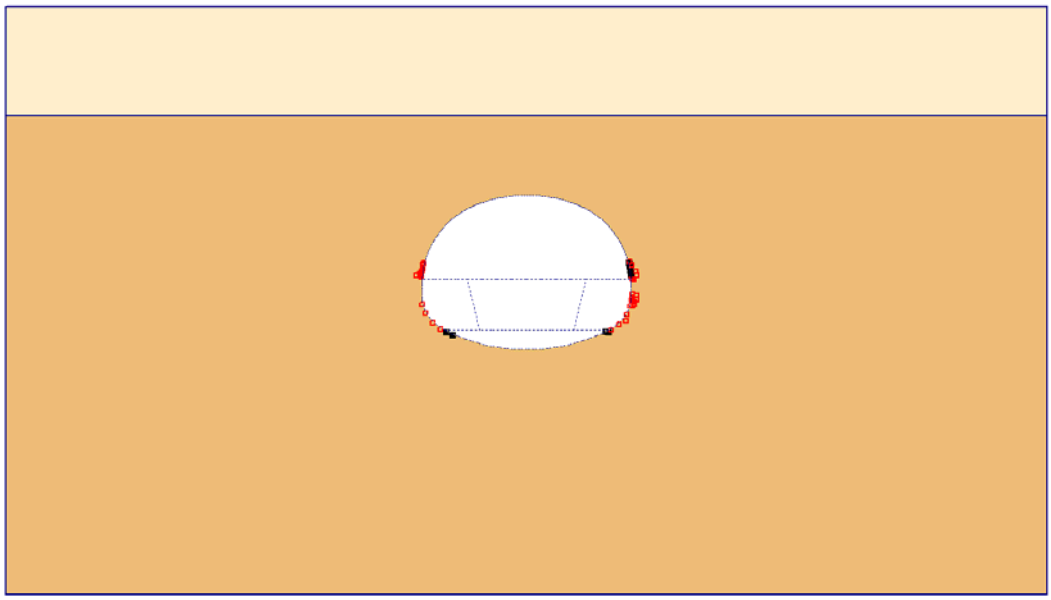


Fig. 41 Plot of plastic points
- Step no: 32 - (Phase: 8)

13.3 *Structures*

13.3.1 Beams

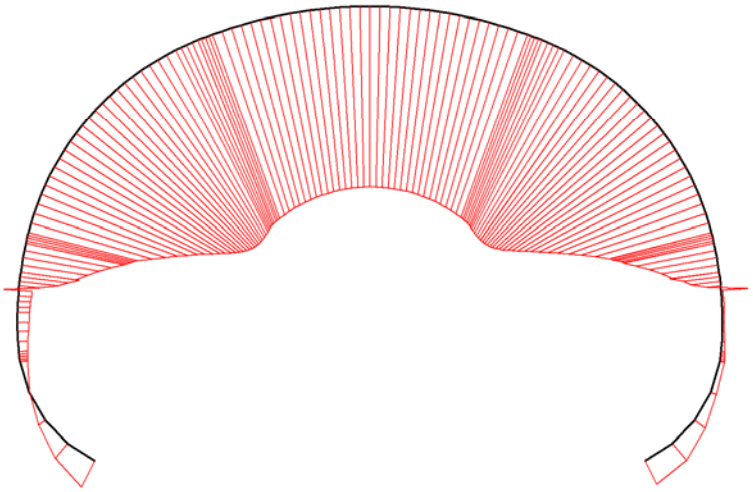


Fig. 42 Axial forces in beam
Extreme value -785,78 kN/m (Phase: 8)

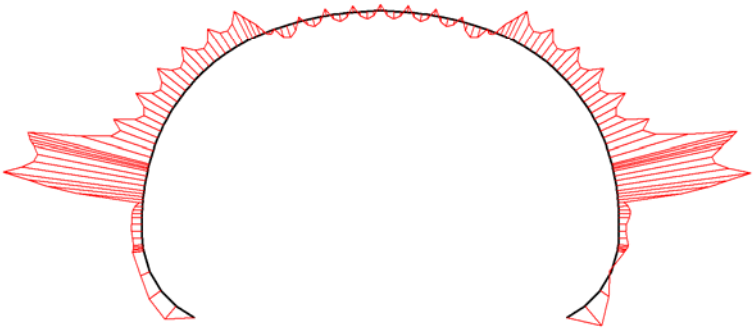


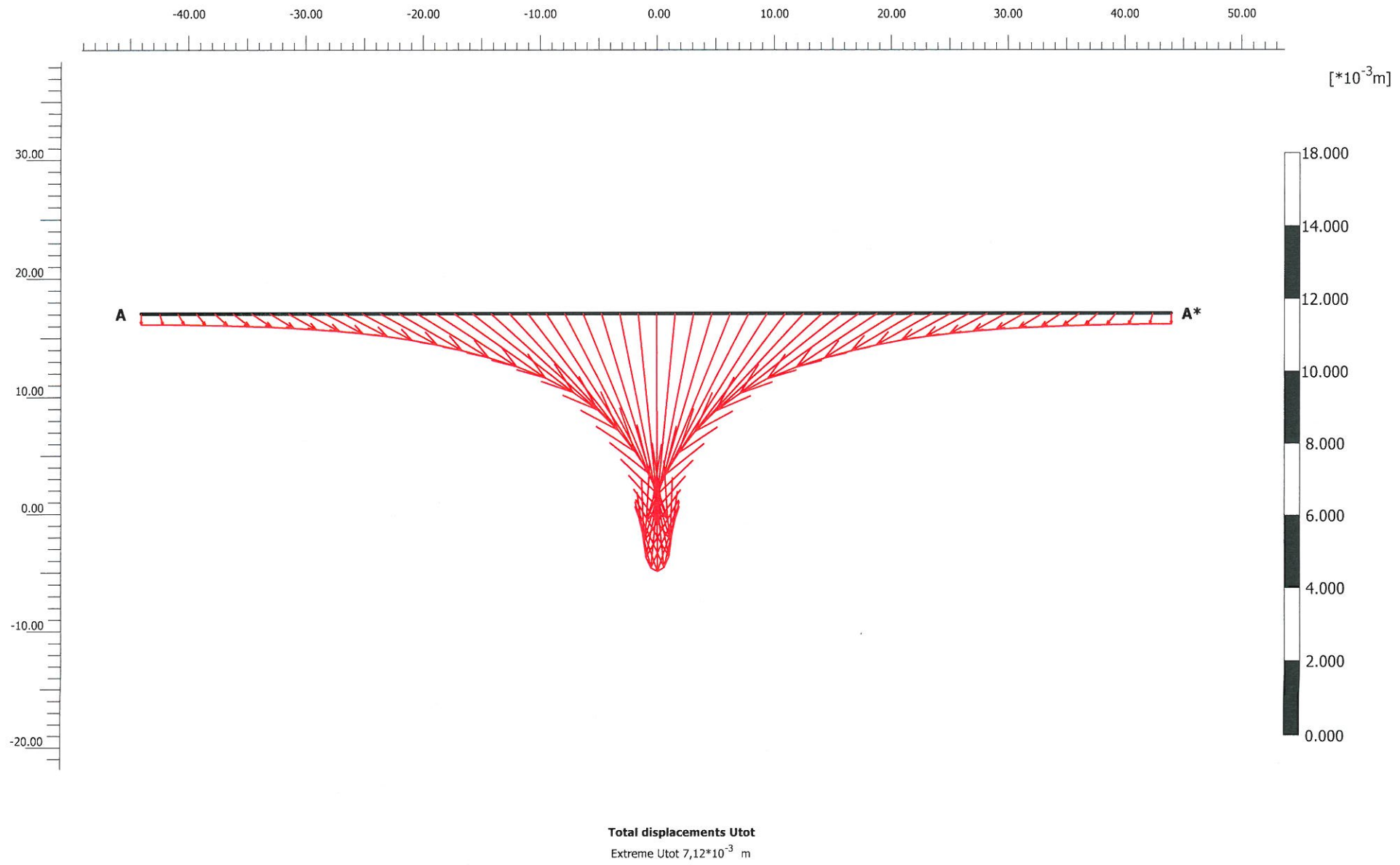
Fig. 43 Bending moments in beam
Extreme value -11,60 kNm/m (Phase: 8)

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	5857 6119	0,000 0,000	7,416 13,416	10,619	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,000
2	6351 6671	1,530 1,009	13,346 7,372	10,653	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
3	6977 7003	3,050 2,011	13,146 7,240	10,679	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
4	7769 7195	4,540 2,993	12,816 7,023	10,610	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
5	7999 7469	6,000 3,954	12,366 6,721	10,282	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
6	8525 8141	7,590 4,885	11,676 6,326	9,742	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
7	8791 8439	9,190 5,754	10,726 5,806	10,007	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
8	9151 8471	10,640 6,543	9,546 5,166	10,855	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
9	9161 8613	11,910 7,231	8,186 4,424	12,190	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
10	9171 8765	12,970 7,807	6,656 3,593	14,159	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
11	9423 8827	13,800 8,261	4,986 2,686	16,849	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
12	9413 8817	14,390 8,582	3,216 1,724	21,247	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
13	9403 8581	14,720 8,772	1,526 0,730	31,761	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
14	9197 8407	14,850 8,851	-0,134 -0,276	0,671	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
15	8655 8400	14,800 8,820	-1,794 -1,282	1,210	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002
16	5717 5819	-1,530 -1,009	13,346 7,372	10,632	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
17	4845 5675	-3,050 -2,011	13,146 7,240	10,656	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,996
18	4521	-4,540	12,816	10,568	184,00	184,00	103000,0	N/A	5,996

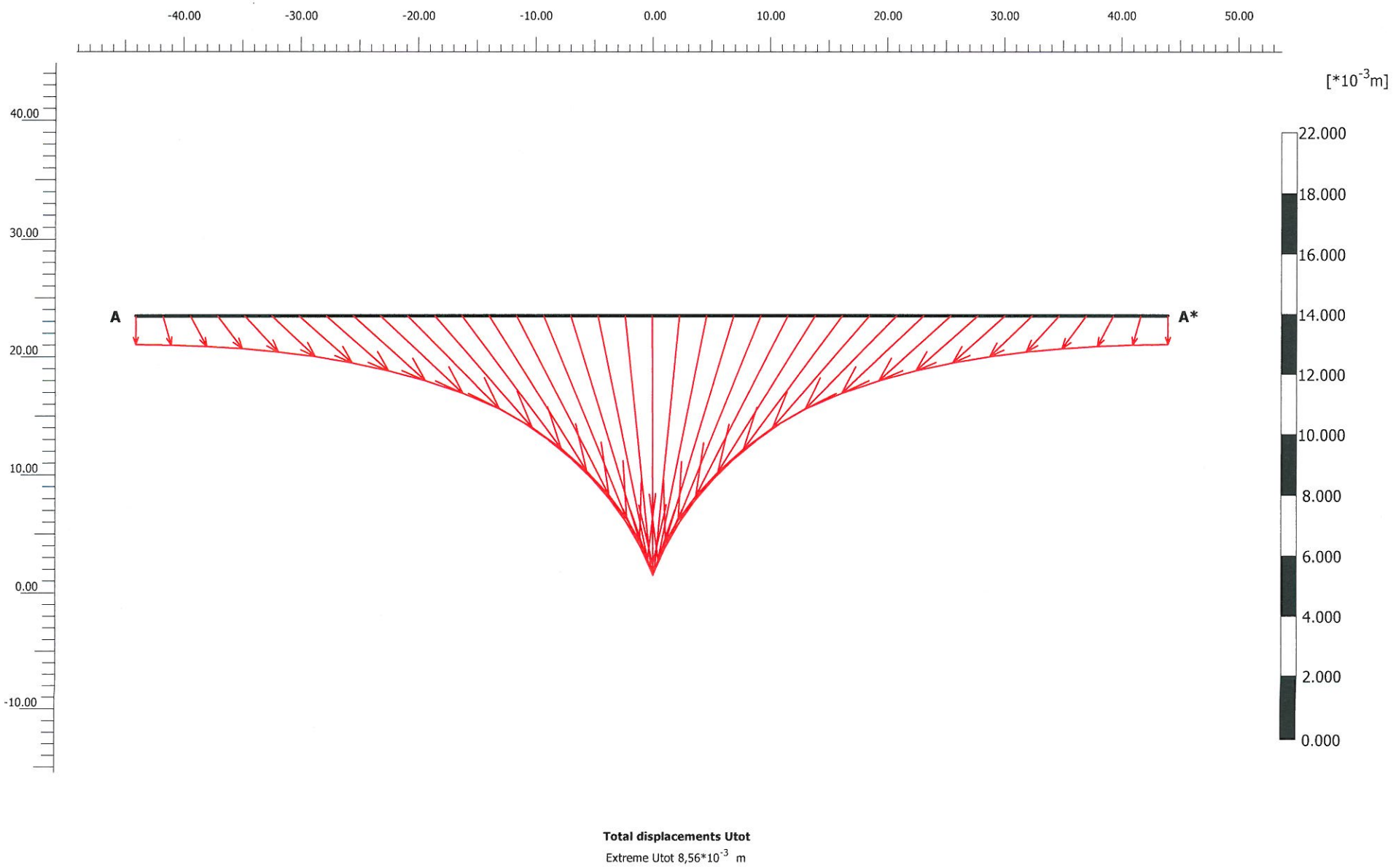
Anchor no.	**Node**	**x-coord.** [m]	**y-coord.** [m]	**F** [kN]	**|Fmax,comp|** [kN]	**|Fmax,tens|** [kN]	**EA** [kN]	**Rotation** [°]	Le [m]
	5665	-2,993	7,023				0		
19	4297 5397	-6,000 -3,954	12,366 6,721	10,212	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
20	4123 5423	-7,590 -4,885	11,676 6,326	9,647	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,995
21	4113 5413	-9,190 -5,754	10,726 5,806	9,862	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
22	4017 5281	-10,640 -6,543	9,546 5,166	10,671	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
23	4033 5291	-11,910 -7,231	8,186 4,424	11,968	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,004
24	4161 5371	-12,970 -7,807	6,656 3,593	13,874	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,003
25	4383 5439	-13,800 -8,261	4,986 2,686	16,548	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
26	4393 5449	-14,390 -8,582	3,216 1,724	20,825	184,00	184,00	103000,00	N/A	5,997
27	4781 6063	-14,720 -8,772	1,526 0,730	31,174	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
28	4409 6043	-14,850 -8,851	-0,134 -0,276	0,345	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,001
29	4199 5533	-14,800 -8,820	-1,794 -1,282	1,044	184,00	184,00	103000,00	N/A	6,002



PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description
CS-5 Lutitas y areniscas. Sección A. DESPLAZAMIENTOS EN SUPERFICIE

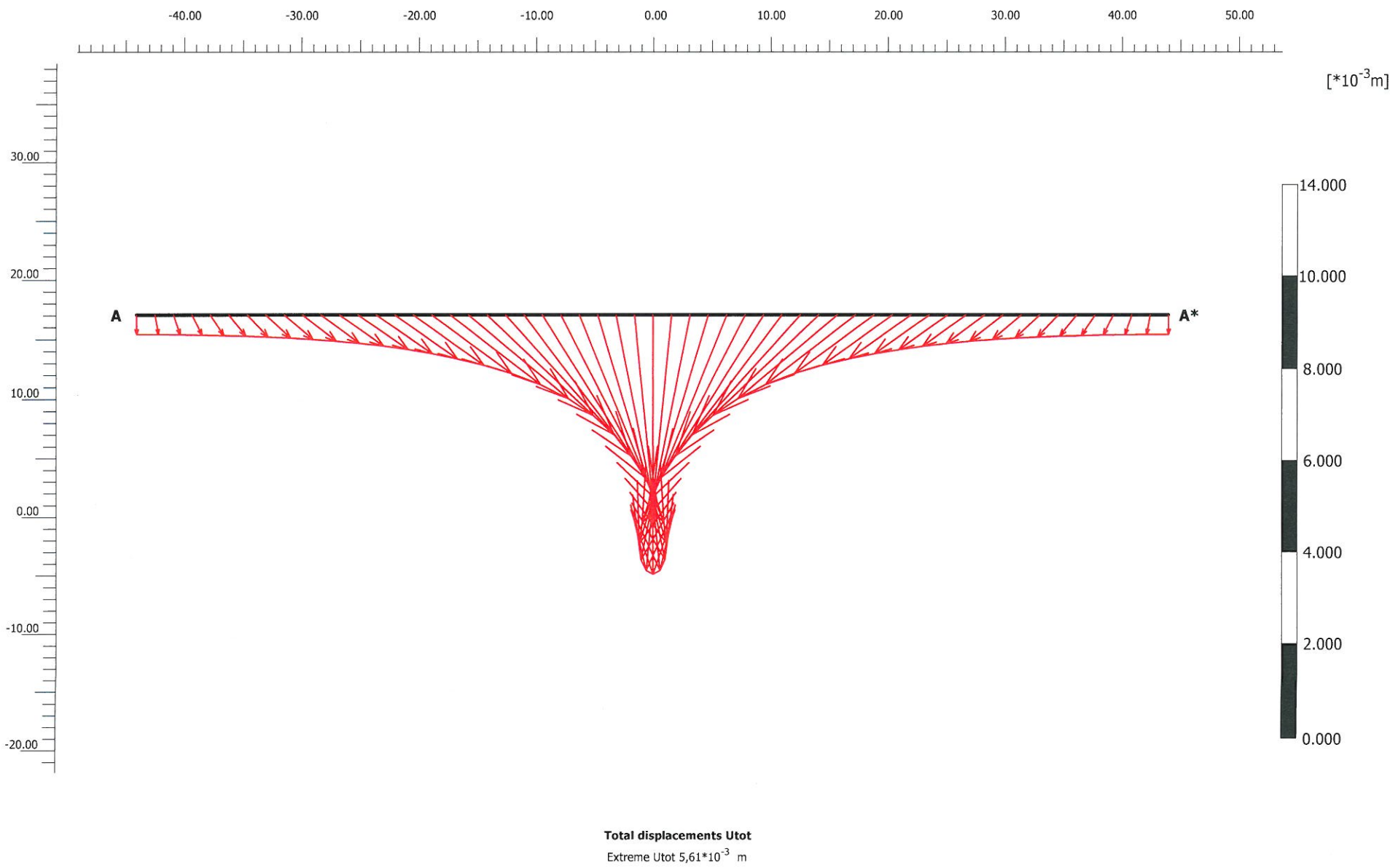
Project name	*Step*	*Date*	*User name*
Cav E_III CS_5...	22	18/06/13	EPTISA



PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description
CS-5 Lutitas y areniscas. Sección B. DESPLAZAMIENTOS EN SUPERFICIE

Project name	*Step*	*Date*	*User name*
Cav E_III CS_5...	32	18/06/13	EPTISA



Total displacements Utot

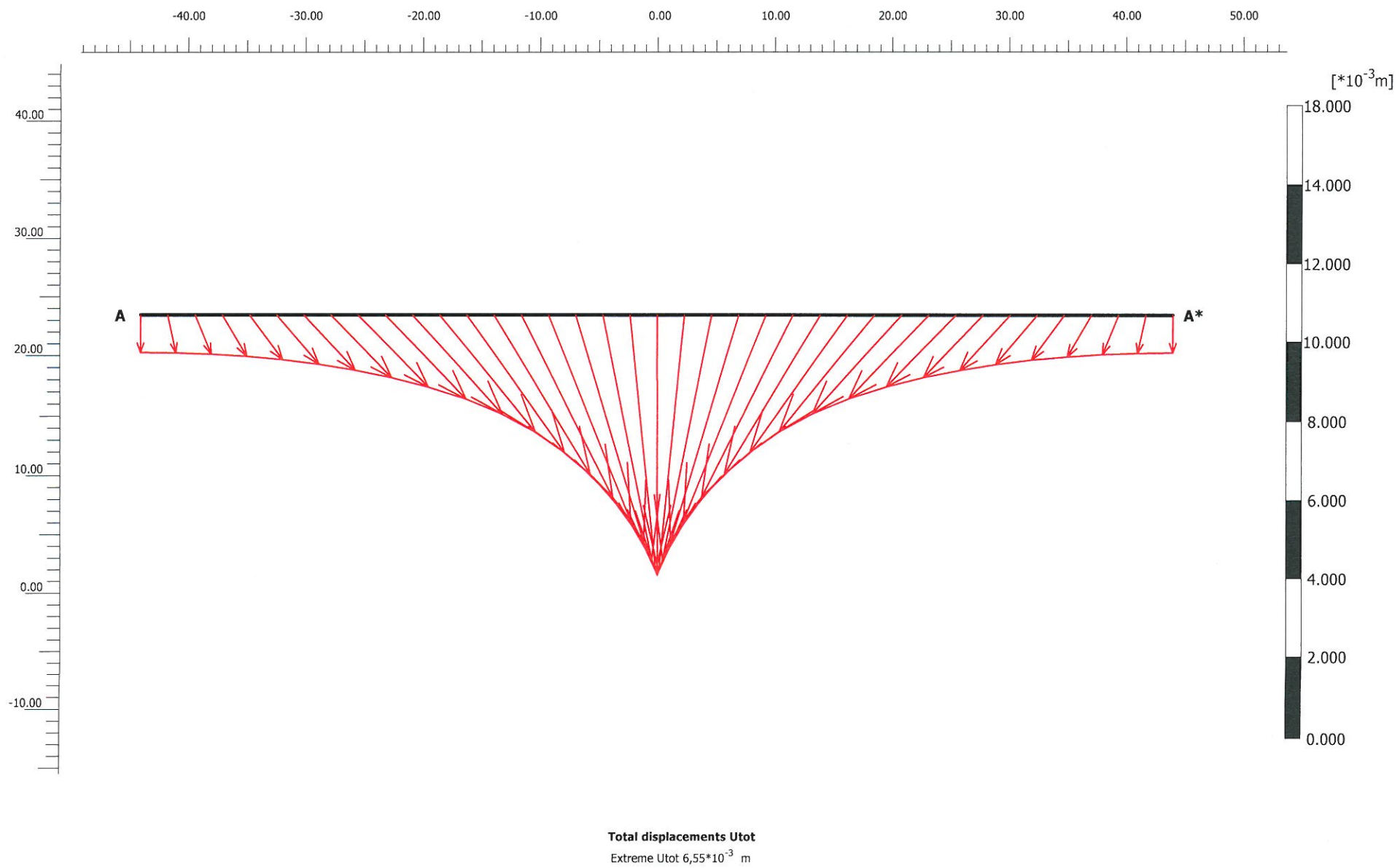
Extreme Utot $5{,}61*10^{-3}$ m

PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description

CS-5 Areniscas. Sección A. DESPLAZAMIENTOS EN SUPERFICIE

Project name	*Step*	*Date*	*User name*
Cav E_III CS_5...	24	18/06/13	EPTISA



Total displacements Utot

Extreme Utot 6,55*10^{-3} m

PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description

CS-5 Areniscas. Sección B. DESPLAZAMIENTOS EN SUPERFICIE

Project name	*Step*	*Date*	*User name*
Cav E_III CS_5...	32	18/06/13	EPTISA