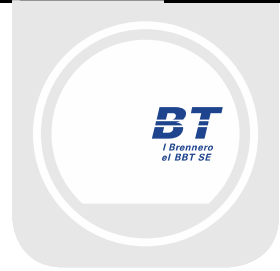




Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



Ausbau Eisenbahnachse München-Verona
BRENNER BASISTUNNEL
Ausführungsplanung

Potenziamento asse ferroviario Monaco-Verona
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
Progettazione esecutiva

D0700: Baulos Mauls 2-3

D0700: Lotto Mules 2-3

Projekteinheit

WBS

Haupttunnel

Gallerie principali

Dokumentenart

Tipo Documento

Statische Berechnung

Calcolo statico

Titel

Titolo

Statische Berechnung CT3

Relazione di calcolo CT3



Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P
c/o Pro.Rer S.r.l., Via G.B. Sommariva 5, 20125 Milano, Tel: +39 026787911, Fax: +39 0267152612

Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche
Ing. Enrico Maria Pizzarotti
Ord. Ingg. Milano N° A 29470

Mandataria



Mandante



Mandante



Mandante



Fachplaner / il progettista specialista
Ing. Davide Merlini
Ord. Ingg. Como N° 2354 A

Datum / Data

Name / Nome

Gesellschaft / Società

Bearbeitet / Elaborato

30.01.2015

A. Battaglia / M. Falanesca

Pini Swiss

Geprüft / Verificato

30.01.2015

D. Merlini

Pini Swiss



Name / Nome
R. Zurlo

Name / Nome
K. Bergmeister

Projekt-kilometer /
Chilometro
progetto

von / da 32.0+88
bis / a 54.0+15
bei / al

Projekt-kilometer /
Chilometro
opera

von / da 45.3+33
bis / a 45.3+33
bei / al

Status
Dokument /
Stato
documento

Massstab /
Scala

-

Staat
Stato

Los
Lotto

Einheit
Unità

Nummer
Numero

Dokumentenart
Tipo Documento

Vertrag
Contratto

Nummer
Codice

Revision
Revisione

02

H61

OP

070

KST

D0700

22917

21

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

| Revision Revisione | Änderungen / Cambiamenti | Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica | Datum Data |
|-----------------------|--|--|---------------|
| 00 | Erstversion / Prima Versione | A.Battaglia / M. Falanesca | 22.05.2014 |
| 10 | Endabgabe / Consegna definitiva | A.Battaglia / M. Falanesca | 31.07.2014 |
| 11 | Projektvervollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e recepimento istruttoria | A.Battaglia / M. Falanesca | 09.10.2014 |
| 20 | Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14 | A.Battaglia / M. Falanesca | 04.12.2014 |
| 21 | Abgabe für Ausschreibung / Emissione per Appalto | A.Battaglia | 30.01.2015 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | EINLEITUNG | |
| 1 | INTRODUZIONE | 6 |
| 2 | MATERIALKENNWERTE | |
| 2 | MATERIALI | 7 |
| 2.1 | SPRITZBETON | |
| 2.1 | BETONCINO PROIETTATO | 7 |
| 2.2 | ANKER | |
| 2.2 | ANCORAGGI | 7 |
| 2.3 | BETON | |
| 2.3 | CALCESTRUZZO..... | 7 |
| 2.4 | BEWEHRUNGSSTAHL | |
| 2.4 | ACCIAIO DA ARMATURA..... | 8 |
| 3 | GEOTECHNISCHES MODELL | |
| 3 | MODELLO GEOTECNICO | 9 |
| 3.1 | GEOLOGIE UND GEOMECHANIK | |
| 3.1 | GEOLOGIA E GEOMECCANICA..... | 9 |
| 3.2 | TRENNFLÄCHENORIENTIERUNG | |
| 3.2 | ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ | 10 |
| 3.2.1 | Trennflächenparameter | |
| 3.2.1 | Parametri delle discontinuità | 11 |
| 4 | METHODIK ZUR ERMITTLUNG DER GEBIRGSLAST | |
| 4 | COMPORAMENTO DELLA ROCCIA | 11 |
| 4.1 | ABSCHÄTZUNG DES GEBIRGSVERHALTENS | |
| 4.1 | VALUTAZIONE DEL COMPORAMENTO DELLA ROCCIA..... | 11 |
| 5 | AUßENSCHALE | |
| 5 | RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE | 13 |
| 5.1 | BRUCHKÖRPERANALYSE | |
| 5.1 | ANALISI DEI BLOCCHI..... | 13 |
| 5.1.1 | Gebirgslast bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten | |
| 5.1.1 | Carichi dell'ammasso altamente fratturato | 13 |
| 5.1.2 | Nachweisverfahren | |
| 5.1.2 | Procedura di verifica..... | 13 |
| 5.1.3 | Ergebnisse | |
| 5.1.3 | Casi analizzati e risultati | 14 |
| 5.2 | ANALYSE DER AUSBRUCHPHASEN | |
| 5.2 | ANALISI DELLE FASI DI SCAVO | 14 |
| 5.2.1 | Untersuchte Ausbruchsquerschnitte | |
| 5.2.1 | Sezione analizzata | 15 |
| 5.2.2 | Bildendes Gebirgsmodell | |
| 5.2.2 | Modello costitutivo dell'ammasso | 16 |
| 5.2.3 | Eigenschaften der Außenschale | |
| 5.2.3 | Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase | 17 |
| 5.2.4 | Laststufe | |
| 5.2.4 | Step di carico..... | 17 |
| 5.2.5 | Nachweisverfahren | |
| 5.2.5 | Procedura di verifica..... | 18 |
| 5.2.6 | Ergebnisse | |
| 5.2.6 | Risultati..... | 20 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.3 | ANALYSE DER STANDSICHERHEIT DER ORTBRUST | |
| 5.3 | ANALISI DELLA STABILITÀ DEL FRONTE | 21 |
| 5.3.1 | Nachweisverfahren | |
| 5.3.1 | Procedura di verifica..... | 21 |
| 5.3.2 | Ergebnisse | |
| 5.3.2 | Risultati..... | 21 |
| 6 | INNENSCHALE | |
| 6 | RIVESTIMENTO DEFINITIVO | 22 |
| 6.1 | STABWERKSMODELLE | |
| 6.1 | METODO DELLE REAZIONI IPERSTATICHE | 22 |
| 6.2 | MODELLIERUNG DER BETTUNG | |
| 6.2 | INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA..... | 22 |
| 6.2.1 | Modellierung der Bettung | |
| 6.2.1 | Rigidezza radiale..... | 23 |
| 6.2.2 | Federkonstanten Auflagerbereich/Sohle | |
| 6.2.2 | Costante della molla nelle zone di appoggio / fondo | 23 |
| 6.3 | EINWIRKUNGEN | |
| 6.3 | ANALISI DEI CARICHI | 24 |
| 6.3.1 | Eigengewicht G1 | |
| 6.3.1 | Peso proprio G1 | 24 |
| 6.3.2 | Oberleitung G2 | |
| 6.3.2 | Catenaria G2..... | 24 |
| 6.3.3 | Oberleitung G3 | |
| 6.3.3 | Riempimento in cls al di sopra dell'arco rovescio G3 | 25 |
| 6.3.4 | Wasserdruck G4 | |
| 6.3.4 | Pressione idraulica G4 | 25 |
| 6.3.5 | Gebirgslast G5 | |
| 6.3.5 | Carico dell'ammasso G5 | 25 |
| 6.3.6 | Kriechen und Schwinden des Betons G6 | |
| 6.3.6 | Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6..... | 26 |
| 6.3.7 | Temperatur Q1 | |
| 6.3.7 | Temperatura Q1 | 26 |
| 6.3.8 | Erdbebeneinwirkung E1 | |
| 6.3.8 | Azione sismica E1 | 27 |
| 6.3.9 | Druck / Sog infolge Zugfahrt A1 | |
| 6.3.9 | Pressione aerodinamica A1..... | 27 |
| 6.3.10 | Anpralllast A2 | |
| 6.3.10 | Urto A2 | 27 |
| 6.3.11 | Brand A3 | |
| 6.3.11 | Incendio A3 | 27 |
| 6.4 | EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN | |
| 6.4 | COMBINAZIONE DI CARICO | 28 |
| 6.5 | NACHWEISVERFAHREN | |
| 6.5 | VERIFICHE | 28 |
| 6.5.1 | Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) | |
| 6.5.1 | Stati Limite Ultimi (SLU) | 28 |
| 6.5.1.1 | Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen | |
| 6.5.1.1 | Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni | 28 |
| 6.5.1.2 | Kombinationsbeiwerte Einwirkungen | |
| 6.5.1.2 | Coefficienti di combinazione delle azioni..... | 29 |

| | | |
|---------|--|----|
| 6.5.1.3 | Einwirkungskombinationen | |
| 6.5.1.3 | Combinazione delle azioni..... | 29 |
| 6.5.1.4 | Teilsicherheitsfaktoren Widerstand | |
| 6.5.1.4 | Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze | 29 |
| 6.5.1.5 | Bemessung auf Biegung und Längskraft | |
| 6.5.1.5 | Verifica a pressoflessione..... | 29 |
| 6.5.1.6 | Bemessung Querkraft | |
| 6.5.1.6 | Verifica a taglio | 30 |
| 6.5.2 | Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG) | |
| 6.5.2 | Stati Limite Esercizio (SLE) | 31 |
| 6.5.2.1 | Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen | |
| 6.5.2.1 | Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni..... | 31 |
| 6.5.2.2 | Kombinationsbeiwerte Einwirkungen | |
| 6.5.2.2 | Coefficienti di combinazione delle azioni..... | 31 |
| 6.5.2.3 | Lastfallkombinationen | |
| 6.5.2.3 | Combinazioni delle azioni..... | 31 |
| 6.5.2.4 | Teilsicherheitsfaktoren der Festigkeiten | |
| 6.5.2.4 | Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze | 31 |
| 6.5.2.5 | Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen | |
| 6.5.2.5 | Calcolo delle deformazioni | 31 |
| 6.5.2.6 | Begrenzung der Rissbreiten | |
| 6.5.2.6 | Limitazione dello spessore delle fessure..... | 31 |
| 6.6 | BAULICHE DURCHBILDUNG | |
| 6.6 | STRUTTURA COSTRUTTIVA | 31 |
| 6.6.1 | Bauliche Durchbildung | |
| 6.6.1 | Classe di esposizione e copriferro minimo | 31 |
| 6.6.2 | Mindestbewehrung | |
| 6.6.2 | Armatura minima | 32 |
| 6.7 | ERGEBNISSE | |
| 6.7 | RISULTATI | 33 |
| 7 | VERZEICHNISSE | |
| 7 | ELENCHI | 34 |
| 7.1 | TABELLENVERZEICHNIS | |
| 7.1 | ELENCO DELLE TABELLE..... | 34 |
| 7.2 | ABBILDUNGSVERZEICHNIS | |
| 7.2 | ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI..... | 34 |
| 7.3 | ANLAGENVERZEICHNIS | |
| 7.3 | ELENCO APPENDICI | 35 |
| 7.4 | REFERENZDOKUMENTE | |
| 7.4 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO..... | 35 |
| 7.4.1 | Eingangsdokumente | |
| 7.4.1 | Documenti in ingresso..... | 35 |
| 7.4.1.1 | Ausführungsprojekt Baulos Mauis 2-3 | |
| 7.4.1.1 | Progetto Esecutivo Lotto Mules 2-3..... | 35 |
| 7.4.1.2 | Technische Projektaufbereitung | |
| 7.4.1.2 | Elaborazione tecnica del progetto | 36 |
| 7.4.2 | Normen und Richtlinien | |
| 7.4.2 | Normativa..... | 36 |
| 7.4.3 | Literatur | |
| 7.4.3 | Letteratura | 36 |

| | |
|--|------------|
| ANHANG 1 - GEOMECHANISCHE KARTEN | |
| APPENDICE 1 - SCHEDE GEOMECCANICHE..... | 38 |
| ANHANG 2 - KENNLINIENVERFAHREN | |
| APPENDICE 2 - CURVE CARATTERISTICHE..... | 43 |
| ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE | |
| APPENDICE 3 - ANALISI DEI BLOCCHI..... | 46 |
| ANHANG 4 - FEM- ANALYSEN FÜR DIE AUßENSCHALE | |
| APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE..... | 53 |
| ANHANG 5 - FEM-ANALYSEN DER INNENSCHALE | |
| APPENDICE 5 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO..... | 57 |
| ANHANG 6 – WAND DES LÖSCHWASSERBECKENS | |
| APPENDICE 6 - PARETE VASCA ANTINCENIO..... | 102 |
| 1 BERECHNUNGSMODELL | |
| 1 MODELLO DI CALCOLO..... | 103 |
| 2 NACHWEISVERFAHREN | |
| 2 VERIFICHE..... | 105 |
| 2.1 PRÜFUNGEN DER TRAGGRENZZUSTÄNDE | |
| 2.1 VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI..... | 105 |
| 2.1.1 Biegenachweis | |
| 2.1.1 Verifica a flessione..... | 105 |
| 2.1.2 Prüfung auf Querkraft | |
| 2.1.2 Verifica a taglio..... | 106 |
| 2.2 PRÜFUNGEN DER GEBRAUCHSGRENZZUSTÄNDE | |
| 2.2 VERIFICHE STATI LIMITE D'ESERCIZIO..... | 107 |
| 2.2.1 Nachweis Rissbildung | |
| 2.2.1 Verifica delle tensioni e fessurazione..... | 107 |

1 EINLEITUNG

Das vorliegende Dokument beinhaltet die Erläuterung zur Bemessung der Außen- und Innenschalen des Querschlags CT3, welcher im konventionellen Vortrieb im Bereich der Kilometrierung km 45.3+33.0 (Oströhre) und mit einer Länge von 60m gebaut wird.

Im Inneren des CT3 befindet sich das Löschwasserbecken. Aus diesem Grund erweitert sich der Querschnitt von anfänglichen 26.38 m² im Anschlussbereich auf max. 46.31 m². Im vorliegenden Bericht wird der maximale Querschnitt behandelt. Hingegen für den kleinen Querschnitt wird auf den Bericht 02_H61_OP_070_KST_D0700_22915 verwiesen. Der CT3 liegt im Bereich der Amphibolite (Geomechanische Homogenzonen 14 [2]) mit variablen Überlagerungen von 1095 m bis 1200 m, wie in den geomechanischen Längsprofilen [3]-[4] angegeben und in Abbildung 1 dargestellt.

Der Ausbruchsquerschnitt in Ausbruchsklasse II CT3-T2 genannt, weist eine Ausbruchsquerschnittsfläche von 46.31 m² auf und sieht radiale Anker des Typs Superswellex Pm16, 3 m lang, mit Querabstand 1.8 m und Längsabstand 1.5 m, vor. Der Spritzbeton hat eine nominale Stärke von 15 cm.

Der Ausbruchsquerschnitt in Klasse III, CT3 T3 genannt, hat eine Ausbruchsquerschnittsfläche von 83.92 m², und sieht radiale Anker des Typs Superswellex Pm24, 4.5 m lang, mit Querabstand 1.8 m und Längsabstand 1.5 m, vor. Der Spritzbeton hat eine nominale Stärke von 15 cm.

1 INTRODUZIONE

La seguente relazione riporta il dimensionamento dei rivestimenti di prima fase e definitivi del cunicolo di collegamento trasversale (CT3), realizzata mediante avanzamento in scavo tradizionale in corrispondenza della progr. 45.3+33.0 (Canna Est) per una lunghezza di circa 60 m. All'interno del CT3 è presente la vasca antincendio e pertanto la sezione di scavo passa da 26.38 m² agli imbocchi a 46.31 m² in corrispondenza dell'allargato. Nel presente rapporto sono riportate le analisi per la sezione allargata mentre per la sezione normale è valido il dimensionamento contenuto nel rapporto 02_H61_OP_070_KST_D0700_22915. Facendo riferimento alla Figura 1 [3]-[4], il CT3 si sviluppa all'interno del complesso delle Anfiboliti (zona geomeccanica 14 [2]) con coperture variabili da 1095 m a 1200 m.

La sezione prevista per affrontare lo scavo in classe II, è denominata CT3 T2 avente sezione di scavo 46.31 m², e prevede chiodature radiali costituite da Superswellex Pm16, lunghezza 3 m, con passo trasversale 1.8 m e longitudinale 1.5 m e uno spessore di betoncino proiettato totale di 15 cm.

La sezione prevista per affrontare lo scavo in classe III, è denominata CT3 T3 avente sezione di scavo 46.31 m², e prevede chiodature radiali costituite da Superswellex Pm24, lunghezza 4.5 m, con passo trasversale 1.8 m e longitudinale 1.5 m e uno spessore di betoncino proiettato totale di 15 cm.

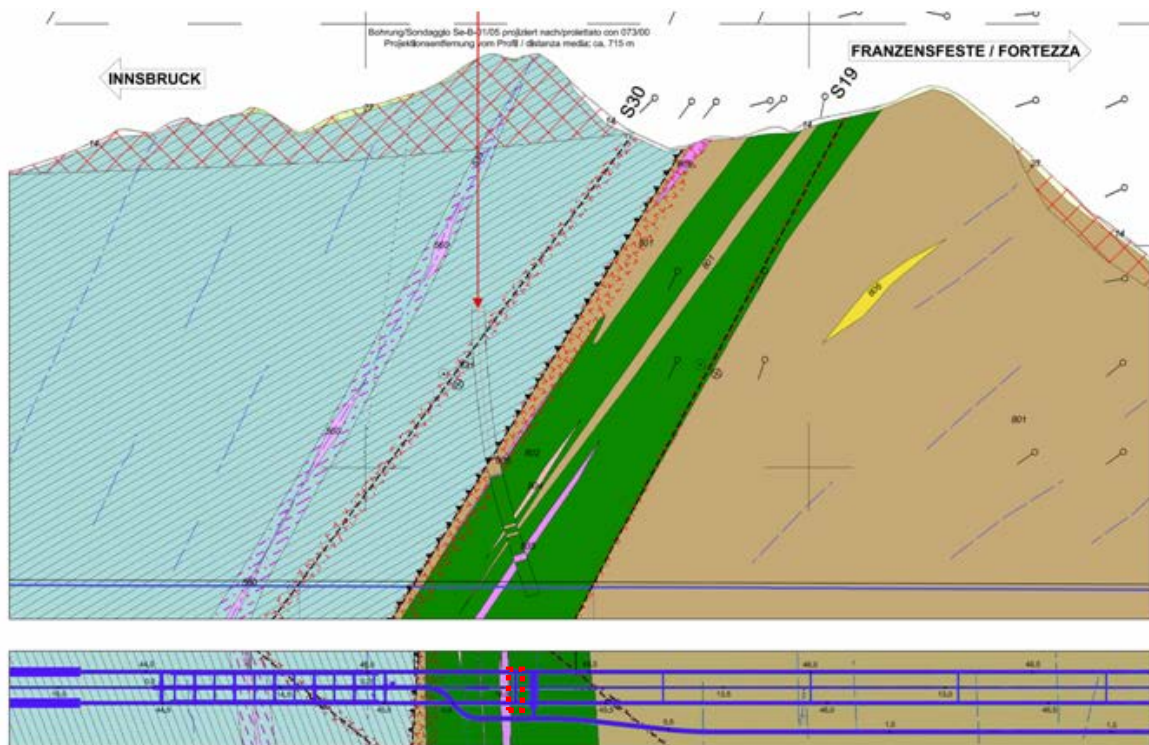


Abbildung 1: Auszug aus dem geomechanischen Längsschnitt und

Figura 1: Estratto del profilo geomeccanico longitudinale e della

aus dem geologischen Lageplan [3]-[4] mit Angabe des untersuchten Bereichs.

planimetria geologica [3]-[4] con indicazione dell'area di studio.

Die Innenschale ist bewehrt und wird in Beton der Festigkeitsklasse C30/37 ausgeführt. Es werden die vorgeschriebenen Mindestdicken von pari a 35 e 45 cm in der Kalotte bzw. in der Sohle eingehalten.

Il rivestimento definitivo è armato ed è costituito da calcestruzzo C30/37 con spessori minimi, che tengono conto delle tolleranze in fase di costruzione pari a 35 e 45 cm rispettivamente in calotta ed in platea di fondazione.

2 MATERIALKENNWERTE

2.1 SPRITZBETON

Für die Bemessung der Spritzbetonaußenschale ist in der Regel ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften zu berücksichtigen:

$$E_{cm} = 32000 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Hierbei sind:

- E_{cm} = Mittelwert Sekantenmodul
- f_{ck} = charakteristische Druckfestigkeit Spritzbeton nach 28 Tagen

2.2 ANKER

Es wird der Einsatz von Anker des Typs Superswellex Pm 16 (CT3 T2) und Superswellex Pm24 (CT3 T3) vorgesehen, mit folgenden Eigenschaften:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$N_y = 140 \text{ kN (Pm16)}$$

$$N_y = 200 \text{ kN (Pm24)}$$

Wobei:

- E_s = Elastizitätsmodul
- N_y = Streckgrenze des Ankers

2.3 BETON

Für die Bemessung der Innenschale ist in der Regel ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften zu berücksichtigen:

$$E_{cm} = 32000 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Hierbei sind:

- E_{cm} = Mittelwert Sekantenmodul
- f_{ck} = charakteristische Druckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen

2 MATERIALI

2.1 BETONCINO PROIETTATO

Per il dimensionamento del rivestimento di prima fase in betoncino proiettato si considera un calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 con le seguenti caratteristiche:

Dove:

- E_{cm} è il valore medio del modulo elastico secante
- f_{ck} è la resistenza caratteristica a compressione del betoncino proiettato a 28 giorni

2.2 ANCORAGGI

Si prevede l'utilizzo di ancoraggi tipo Superswellex Pm 16 (CT3 T2) e Superswellex Pm24 (CT3 T3) aventi le seguenti caratteristiche:

Dove:

- E_s è il modulo elastico
- N_y è il carico di snervamento del chiodo

2.3 CALCESTRUZZO

Per il dimensionamento del rivestimento definitivo si considera un calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 con le seguenti caratteristiche:

Dove:

- E_{cm} è il valore medio del modulo elastico
- f_{ck} è la resistenza a compressione caratteristica del calcestruzzo dopo 28 giorni

2.4 BEWEHRUNGSSTAHL

Folgende Betonstähle sind für die Bemessung der Außenschale heranzuziehen:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 450 \text{ MN/m}^2$$

Hierbei ist:

- E_s = Sekantenmodul
- f_{yk} = charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls

2.4 ACCIAIO DA ARMATURA

Per il dimensionamento dell'anello si utilizza l'acciaio tipo B450C:

dove:

- E_s = modulo elastico
- f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento acciaio per cemento armato

3 GEOTECHNISCHES MODELL

3.1 GEOLOGIE UND GEOMECHANIK

Die Haupttunnel zwischen Kilometrierung km 46.7+61.0 und km 45.0+25.0 (Oströhre) und zwischen Kilometrierung km 46.7+98.2 und km 44.9+87.2 (Weströhre) werden konventionell vorgetrieben und befinden sich hauptsächlich innerhalb des Bereichs der Amphibolite (geomechanische Zone 14 [2]) mit einer Überdeckung, die von 1095 m bis 1200 m reicht.

In Folge werden die Daten der, laut dem Dokumente [2], vom Ausbruch betroffenen homogenen Strecken, aufgezeigt.

| Zone number | Zone initial pk (approx.) | Zone final pk (approx.) | Zone length | Zone max overburden | Zone min overburden | Rock mass name | Rock mass Length | |
|-------------|---------------------------|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------|----------------|--------------------|-------|
| | [km] | [km] | [m] | [m] | [m] | | [% of zone length] | [m] |
| 14 | 45.1 | 45.5 | 390 | 1200 | 1095 | GA-BCA-A-10g | 85% | 331.5 |
| | | | | | | GA-BCA-GS-10g | 15% | 58.5 |

Tabelle 1 Homogenbereich

Folgende Tabellen zeigen die geomechanischen Grundparameter für die Definition der geomechanisch homogenen Zonen und die Wahrscheinlichkeitsverteilung nach Bieniawskis [2] der unterschiedlichen Klassen.

| Zone number | 14 | |
|---------------------------------------|--------------|---------------|
| Rock mass name | GA-BCA-A-10g | GA-BCA-GS-10g |
| $\gamma(m)$ [kN/m ³] | 27.8 | 27.3 |
| $\gamma(\sigma)$ [kN/m ³] | 0.52 | 1.49 |
| $\sigma_{ci}(m)$ [MPa] | 140 | 75 |
| $\sigma_{ci}(\sigma)$ [MPa] | 48 | 5 |
| $m_i(m)$ | 20 | 17 |
| $m_i(\sigma)$ | 6 | 3 |
| $E_i(m)$ [GPa] | 53 | 56 |
| $E_i(\sigma)$ [GPa] | 8 | 10.9 |
| RMR(m) | 70 | 60 |
| RMR(σ) | 5 | 5 |
| GSI(m) | 65 | 50 |
| GSI(σ) | 10 | 5 |

| Zone number | 14 | |
|----------------|--------------|-------------------|
| Rock mass name | GA-BCA-A-10g | GA-BCA-GS-10g (*) |
| p(class I) | - | - |
| p(class II) | 100% | - |
| p(class III) | - | 100% |
| p(class IV) | - | - |
| p(class V) | - | - |

Tabelle 2: Charakterisierung des Gebirges jeder homogenen Zone und Wahrscheinlichkeitsverteilung der unterschiedlichen Klassen (die mit [*] angegebenen Gebirge haben vorgesehene Längen von unter ca. 100m, während für die mit [**] angegebenen Gebirge stellte sich heraus, dass die Literaturwechselbeziehungen zwischen RMR und nicht gültig sind; in beiden Fällen wurden die RMR und GSI Mittelwerte angewandt).

Wobei:

- γ = spezifisches Gewicht des Gebirges
- σ_{ci} = einaxiale Druckfestigkeit der Gesteinsmatrix
- m_i = Krümmungsparameter aus triaxialem Druckversuch des Gebirgsmaterial

3 MODELLO GEOTECNICO

3.1 GEOLOGIA E GEOMECCANICA

Le galleria di linea tra le progr. 46.7+61.0 e 45.0+25.0 (Canna Est) e tra le progr. 46.7+98.2 e 44.9+87.2 (Canna Ovest) sono scavate in tradizionale e si sviluppano all'interno del complesso delle Anfiboliti (zona geomeccanica 14 [2]) con coperture variabili da 1095 m a 1200 m.

Nel seguito si riportano i dati delle tratte omogenee interessate dallo scavo secondo il documento [2].

Tabella 1: Zone geomeccaniche omogenee

Le seguenti tabelle riportano i parametri geomeccanici di base che caratterizzano ciascuna zona geomeccanica omogenea e la distribuzione probabilistica delle diverse classi secondo la classificazione di Bieniawski [2]

Tabella 2: Caratterizzazione degli ammassi di ciascuna zona omogenea e distribuzione probabilistica delle diverse classi (gli ammassi indicati con [*] hanno lunghezze previste inferiori a circa 100m, mentre per quelli indicati con [**] non risultano valide le correlazioni da letteratura tra RMR e GSI; in entrambi i casi sono stati adottati i valori medi di RMR e GSI).

Dove:

- γ è il peso di volume naturale dell'ammasso roccioso.
- σ_{ci} è la resistenza a compressione monoassiale di matrice.
- m_i è un parametro di curvatura dell'involuppo di rottura

- E_i = Verformungsmodul der Gesteinsmatrix
- RMR = *Rock Mass Rating 1989*
- GSI = *Geological Strength Index*

triassiale del materiale roccia.

- E_i è il modulo di deformazione di matrice.
- RMR è il *Rock Mass Rating 1989*.
- GSI è il *Geological Strength Index*.

Die typischen Verformungs- und Festigkeitsparameter jeder Strecke wurden gemäß dem Bruchkriterium nach Hoek & Brown [22] berechnet, welches im allgemeinen geomechanischen Bericht [1] näher beschrieben wird.

I parametri di deformabilità e di resistenza caratteristici di ciascuna tratta sono stati calcolati in accordo al principio di linearizzazione dell'involuppo di rottura proposto da Hoek & Brown [22] e esplicitato nella relazione geomeccanica generale [1].

| Zone number | Rock mass name | Class [-] | Zone max overburden [m] | γ [kN/m ³] | Φ_{peak} [°] | Φ_{res} [°] | C_{peak} [MPa] | C_{res} [MPa] | E_{rm} [MPa] | Ψ [°] |
|-------------|----------------|-----------|-------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------|
| 14 | GA-BCA-A-10g | II | 1200 | 27.8 | 42.21 | 33.15 | 4.887 | 2.900 | 21074 | 6.86 |
| | GA-BCA-GS-10g | III | | 27.3 | 36.23 | 28.85 | 3.535 | 2.274 | 15528 | 4.53 |

Tabelle 3: Typische Parameter der Gebirges in den unterschiedlichen Zonen und Klassen

Tabella 3: Parametri caratteristici dell'ammasso nelle diverse zone e classi

Wobei:

- Φ_{peak} Reibungswinkel am Peak
- Φ_{res} Restreibungswinkel
- C_{peak} Kohäsion am Peak
- C_{res} Restkohäsion
- E_{rm} Gebirgsmodul
- Ψ Dilatanz

Dove:

- Φ_{peak} è l'angolo d'attrito di picco.
- Φ_{res} è l'angolo d'attrito residuo.
- C_{peak} è la coesione di picco.
- C_{res} è la coesione residua.
- E_{rm} è il modulo d'ammasso.
- ψ è la dilatanza.

3.2 TRENNFLÄCHENORIENTIERUNG

Auf Grund der verfügbaren Daten aus der Regelplanung [6] und [6] wurden die Diskontinuitäten aus Tabelle 4 berücksichtigt.

3.2 ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ

Sulla base dei dati disponibili dalla progettazione di sistema [6] sono state considerate le discontinuità riportate in Tabella 4.

| Rock mass name | ID Joint | Dip direction [°] | Dip [°] | Max Persistence [m] |
|--|----------|-------------------|---------|---------------------|
| GA-BCA-A-10g GA-BCA-GS-10g Doc. [13] | SC | 345 | 45 | 3 |
| | RTF1 | 160 | 80 | 1 |
| | RTFw | 255 | 75 | 1 |
| | RTF3 | 300 | 85 | 1 |
| | RTF6 | 020 | 80 | 3 |

Tabelle 4: Lage der Trennflächen

Tabella 4: Giacitura delle discontinuità

3.2.1 Trennflächenparameter

Im Falle von ebenen glatten Harnischflächen (Chloritisierung) oder auch bei tonigen Füllungen mit Wasservorkommen o.ä. sollten zur Sicherheit die folgenden Scherparameter auf den Trennflächen berücksichtigt werden:

- $\Phi_k = 20^\circ$
- $c_k = 0 \text{ MPa}$

4 METHODIK ZUR ERMITTLUNG DER GEBIRGSLAST

Die Ermittlung der Gebirgslast sowie die Ermittlung der Lastableitung von der Außen- auf die Innenschale erfolgt in Abhängigkeit des Gebirgsverhaltens:

- Bei spannungsdominiertem Gebirgsverhalten werden die Gebirgslasten durch die numerische Modellierung der Interaktion zwischen Gebirge und Ausbau ermittelt.
- Bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten ermitteln sich die Gebirgslasten in erster Linie aus Blockanalysen.

Zur Einschätzung des Gebirgsverhaltens und zur Unterscheidung der beiden Gebirgsverhalten ist das Kennlinienverfahren anzuwenden.

4.1 ABSCHÄTZUNG DES GEBIRGSVERHALTENS

Zur Abschätzung des Gebirgsverhaltens wurden die Dokumente [2] und [6] berücksichtigt. Für weitere Details verweist man auf den Bericht [2]. In der folgenden Tabelle werden die aus dem Gebirgskennlinienverfahren resultierenden Ergebnisse aufgezeigt.

| Zone number | Rock mass name | Class | Zone max overburden | c_t | c_a | c_r | F_{plf} | F_{pla} | c_t/R | F_{plf}/R | c_r/R | F_{pla}/R |
|-------------|----------------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-----------|-----------|---------|-------------|---------|-------------|
| | | | | [cm] | [cm] | [cm] | [m] | [m] | [%] | [-] | [%] | [-] |
| 14 | GA-BCA-A-10g | II | 1200 | 0.66 | 2.22 | 1.55 | 0.00 | 2.39 | 0.14% | 0.00 | 0.32% | 0.49 |
| | GA-BCA-GS-10g | III | | 1.39 | 4.62 | 3.23 | 0.96 | 4.61 | 0.29% | 0.20 | 0.67% | 0.95 |

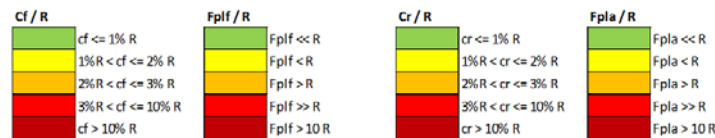


Tabelle 5: Ergebnisse Kennlinienverfahren. c_t = Ortsbrustkonvergenz, c_a = absolute Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht, c_r = relative Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht, F_{plf} = plastische Zone an der Ortsbrust, F_{pla} = plastische Zone Gleichgewicht, R = Ausbruchradius (mit 4.86m angenommen).

In ist ein Annahmekriterium [20] [21] aufgezeigt, welches der Einschätzung des Verhaltens der Ortsbrust in Abhängigkeit der Berechnungsergebnisse aus dem Gebirgskennlinienverfahren dient (Konvergenz an der Ortsbrust und Ausdehnung der plastischen Zone an der

3.2.1 Parametri delle discontinuità

Si adottano parametri conservativi per tenere in considerazione eventuali condizioni sfavorevoli delle discontinuità (superfici planari e lisce, riempimenti argillosi e presenza d'acqua, ecc.):

- $\Phi_k = 20^\circ$
- $c_k = 0 \text{ MPa}$

4 COMPORTAMENTO DELLA ROCCIA

Il calcolo del carico dell'ammasso e il calcolo del trasferimento del carico dal rivestimento esterno al rivestimento definitivo dipendono dal comportamento dell'ammasso:

- in caso di comportamenti dell'ammasso di tipo spingente, i carichi si calcolano tramite modellazione numerica dell'interazione fra ammasso e rivestimento;
- in caso di ammasso altamente fratturato, i carichi si calcolano mediante l'analisi dei blocchi.

Per la valutazione del comportamento dell'ammasso e per la differenziazione tra i due comportamenti si utilizza il metodo delle curve caratteristiche.

4.1 VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO DELLA ROCCIA

Per la valutazione del comportamento dell'ammasso roccioso in esame sono stati presi in considerazione i documenti [2] e [6]. Rimandando al Rapporto [2] per maggiori dettagli, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti dalle linee caratteristiche.

Tabella 5: Risultati del metodo delle Linee Caratteristiche. c_t = convergenza al fronte, c_a = convergenza assoluta all'equilibrio naturale, c_r = convergenza relativa all'equilibrio naturale, F_{plf} = fascia plastica al fronte, F_{pla} = fascia plastica all'equilibrio naturale, R = raggio di scavo (assunto pari a 4.86m).

In Tabella 6 si riporta un criterio [20] [21] per stimare il comportamento del fronte di scavo in funzione dei risultati delle analisi con le linee caratteristiche (convergenza al fronte e estensione della fascia plastica al fronte).

Ortsbrust).

| | | | |
|--|--|---|--|
| Fronte stabile Stabile Ortsbrust | Fronte stabile a breve termine Kurzzeitige Stabile Ortsbrust | Tendenza all'instabilità del fronte Neigung der Ortsbrust zur Instabilität | Fronte instabile Instabile Ortsbrust |
| $c_f < 1\% R_{scavo}$ | $1\% R_{scavo} < c_f < 2\% R_{scavo}$ | $2\% R_{scavo} < c_f < 3\% R_{scavo}$ | $c_f > 3\% R_{scavo}$ |
| $F_{pl f} \ll R_{scavo}$ | $F_{pl f} < R_{scavo}$ | $F_{pl f} \geq R_{scavo}$ | $F_{pl f} \gg R_{scavo}$ |

Tabelle 6: Vorgeschlagene Stabilitätskriterien in [20] [21]; c_f = Ortsbrustkonvergenz; $F_{pl f}$ = Ausdehnung des plastischen Streifens an der Ortsbrust; $R_{scavo} = r_{eq}$ = äquivalenter Ausbruchsradius

Tabella 6: Criteri di stabilità proposti in [20] [21]; c_f = convergenza al fronte; $F_{pl f}$ = estensione della fascia plastica al fronte; $R_{scavo} = r_{eq}$ = raggio equivalente di scavo.

Das Berechnungsergebnis zeigt, dass die statische Bemessung im vorliegenden Dokument für die Gebirge GA-BCA-A-10g und GA-BCA-GS-10g, bei denen geringe Verformungs- und Stabilitätsprobleme (< 5 cm) zu erwarten sind, gelten kann. Das erwartete Verhalten des Hohlraums ist im Wesentlichen von elastischer Art mit einer plastischen Zone, die kleiner als der Aushubradius ist, und die Ortsbrust erscheint nahezu stabil.

In Anhang 1 sind die geomechanischen Karten der Gebirge GA-BCA-A-10g e GA-BCA-GS-10g [6] aufgezeigt.

Dall'analisi si evidenzia come il dimensionamento statico contenuto nel presente rapporto può essere valido per gli ammassi GA-BCA-A-10g e GA-BCA-GS-10g in cui si possono attendere basse problematicità deformative (< 5 cm) e di stabilità. Il comportamento del cavo atteso è di tipo sostanzialmente elastico con fascia plastica, inferiore al raggio di scavo, e il fronte si presenta pressoché stabile.

Nell'Appendice 1 sono riportate le schede geomeccaniche per gli ammassi GA-BCA-A-10g e GA-BCA-GS-10g [6].

5 AUßENSCHALE

Aus der Analyse mittels Kennlinienverfahren für die Gebirge GA-BCA-A-10g und GA-BCA-GS-10g geht hervor, dass das Gebirgsverhalten durch reduzierte Konvergenzen im Zentimeterbereich und durch die Bildung einer plastischen Zone, welche kleiner als der Aushubradius ist, gekennzeichnet ist.

Für die nachfolgende Bemessung der Innenschale (Kapitel 6), wurden zwei unterschiedliche Berechnungsarten angewandt, um zu unterscheiden, ob die Last, die aus der Loslösung eines Felsblocks (Kapitel 5.1) resultiert, ungünstiger wirkt, als die Last aus dem Auflockerungsdruck (Kapitel 5.2).

5.1 BRUCHKÖRPERANALYSE

5.1.1 Gebirgslast bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten

Die für die Bemessung der Innenschale zu berücksichtigende Last ergibt sich aus der Größe der Felsblöcke. Eine beispielhafte Ableitung der im Modell des gebetteten Stabmodells anzusetzende Last ist nachfolgend dargestellt.

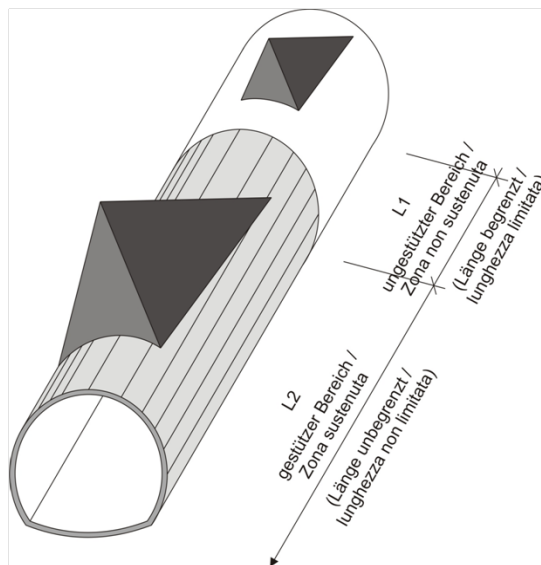


Abbildung 2: Qualitative Darstellung der Einwirkung aus dem Gebirge auf die Schale bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten

5.1.2 Nachweisverfahren

Gemäß NTC 2008 ist das Teilsicherheitskonzept zu berücksichtigen. Demnach ist die Einwirkungsseite mit $\gamma_G = 1,30$ zu erhöhen und die Widerstandsseite mit $\gamma_c = 1,50$ bzw. $\gamma_s = 1,15$ zu reduzieren.

Die Trennflächenparameter c' und ϕ' werden mit ihren charakteristischen Kennwerten angesetzt, siehe Abs. 3.2.1.

5 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

Dall'analisi delle linee caratteristiche, per gli ammassi GA-BCA-A-10g e GA-BCA-GS-10g, si evince che il comportamento dell'ammasso è caratterizzato da convergenze ridotte, dell'ordine centimetrico, e dalla formazione di una fascia plastica inferiore al raggio di scavo.

Per il successivo dimensionamento dell'anello interno (paragrafo 6), sono stati implementati due differenti tipologie di analisi al fine di valutare se il carico dovuto al distacco di un blocco (paragrafo 5.1) fosse più o meno gravoso del carico di allentamento dell'ammasso (paragrafo 5.2).

5.1 ANALISI DEI BLOCCHI

5.1.1 Carichi dell'ammasso altamente fratturato

Le dimensioni dei blocchi definiscono i carichi da considerare per il dimensionamento del rivestimento definitivo. La seguente figura illustra l'esempio di una trasposizione del carico da applicare al modello statico appoggiato su un letto di molle.

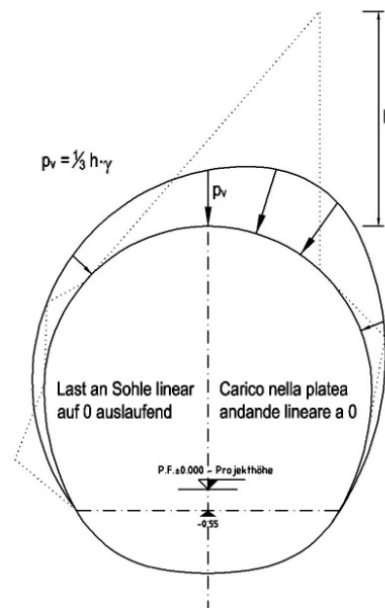


Figura 2: Rappresentazione qualitativa degli effetti dell'ammasso sul rivestimento, in caso di ammasso altamente fratturato

5.1.2 Procedura di verifica

In conformità alle NTC 2008 sono stati considerati i fattori parziali di sicurezza secondo i quali le azioni vengono aumentate di $\gamma_G = 1,30$ e le resistenze ridotte di $\gamma_c = 1,50$ ovvero $\gamma_s = 1,15$.

Per l'analisi, si adottano i valori caratteristici c' e ϕ' riportati al paragrafo 3.2.1.

Für den Nachweis mittels Blockanalyse ist folgendes Sicherheitskonzept zu berücksichtigen.

Per la verifica basata sull'analisi dei blocchi deve essere considerato il seguente criterio di sicurezza.

$$E_d \leq R_d$$

Hierbei ist:

- R_d = Bemessungswert Widerstand
- E_d = Bemessungswert Einwirkung

Dove:

- R_d = Valore della resistenza di progetto
- E_d = Valore di progetto dell'effetto delle azioni

5.1.3 Ergebnisse

Der Nachweis wurde mit dem Berechnungsprogramm UNWEDGE 3.0 durchgeführt. Dabei wird die Wirksamkeit der Anker in Abhängigkeit von deren Neigung, Rutschrichtung der Felsblöcke und in Hinblick auf die Scherfestigkeit der Kluffüllungen untersucht. Auf der sicheren Seite liegend wurde der Ausbruchsquerschnitt CT3-T2 aufgrund der in Tabelle 4 aufgezeigten Diskontinuitäten analysiert. Die aus den Berechnungen resultierenden Ergebnisse gelten auch für den Ausbruchsquerschnitt CT-T3.

Es werden zwei Arten von Nachweis geführt:

- Sektor L1: die Länge des Berechnungsmodells entspricht der Abschlaglänge (4.5 m), welche aus Sicherheitsgründen um 0.5 Meter verlängert und ohne Spritzbeton berücksichtigt wurde. Um die Stabilität der Felsblöcke sicherzustellen, ist ein Netz aus Ankern des Typs Superswellex Pm 16 ($N_{yd} = 140$ kN) von 3.0 Meter Länge mit Raster 1.50 m (längs) x 1.80 m (quer) vorgesehen.
- Sektor L2: Das Berechnungsmodell ist unendlich lang mit einer 10 cm dicken Spritzbetonschale und mit Ankern des Typs Superswellex Pm 16 ($N_{yd} = 140$ kN) von 3.0 Meter Länge mit Raster 1.50 m (längs) x 1.80 m (quer).

Blöcke mit geringer Größe (<100 kN) sind für die Berechnung nicht maßgebend und falls sie nicht schon durch die Sprengung abgebrochen sein sollten, müssen sie vor Ort vom Geotechnikspezialisten geprüft und mit einzelnen Bolzen gesichert werden. Für die Zusammenfassung der Ergebnisse wird auf Anhang 3 verwiesen. Es wird hervorgehoben, dass mit der geplanten Ausbruchsicherung ein Sicherheitsfaktor größer 1.3, und somit gleich γ_G , erreicht wird.

Aus der Nachweisführung geht hervor, dass das maximale Gewicht eines Felsblockes ca. 10 kN ist. Auf der sicheren Seite liegend wurde der Nachweis mit einem Felsblock von 48 kN, (maximale Höhe von 2.74 m) und einer agierende Fläche von ca. 1.56 m² ($P_v \approx 30.6$ kPa), wie im Bericht D0700-22907 „Statische Bericht FdE-CcT (T2-T3)“ durchgeführt.

5.2 ANALYSE DER AUSBRUCHPHASEN

Um abzuschätzen, welcher Lastfall, der Gebirgsdruck oder

5.1.3 Casi analizzati e risultati

Le analisi sono state effettuate con il programma di calcolo UNWEDGE 3.0 considerando l'efficacia dei chiodi in funzione della loro inclinazione rispetto al direzione di scivolamento dei blocchi e considerando la resistenza a taglio degli inclusi. In via cautelativa è stata analizzata la sezione CT3 T2 sulla base delle discontinuità riportate in Tabella 4. I risultati ottenuti sono validi anche per la sezione CT3 T3.

Vengono eseguite due tipologie di analisi:

- settore L1: lunghezza di analisi pari allo sfondo di abbattimento (4.5 m) aumentato cautelativamente di 0.5 metri con assenza di betoncino proiettato. Per garantire la stabilità dei cunei rocciosi si prevede una rete di ancoraggi Superswellex Pm 16 ($N_{yd} = 140$ kN) di lunghezza 3.0 metri e maglia 1.50 m (longitudinale) x 1.80 m (trasversale).
- settore L2: lunghezza di analisi illimitata con presenza di uno strato di betoncino proiettato di 10 cm e ancoraggi Superswellex Pm 16 ($N_{yd} = 140$ kN) di lunghezza 3.0 metri e maglia 1.50 m (longitudinale) x 1.80 m (trasversale).

I blocchi che hanno una dimensione ridotta (< 100 kN) non sono rappresentativi per l'analisi e, qualora non si siano già distaccati a seguito del brillamento, devono essere esaminati sul luogo dall'esperto geotecnico ed assicurati con bulloni singoli. Rimandando all'Appendice 3 per la sintesi dei risultati, si evidenzia che con i provvedimenti di messa in sicurezza previsti si raggiunge sempre un fattore di sicurezza maggiore di 1.3, uguale a γ_G .

Dall'analisi risulta l'altezza massima dei blocchi è inferiore a 1m. In via cautelativa è stato considerato un blocco maggiore con peso 48 kN (altezza massima pari a 2.74 m) e superficie agente di ca. 1.56 m² ($P_v \approx 30.6$ kPa) analogo al Rapporto D0700-22907 "Relazione di calcolo rivestimenti FdE-CcT (T2-T3)".

5.2 ANALISI DELLE FASI DI SCAVO

Al fine di valutare se il carico d'ammasso è più o meno

das Loslösen eines Bruchkörpers (Absatz 5.1), maßgebend ist, wurde eine Finite-Elemente-Berechnung mit dem Programm MIDAS GTS [30] durchgeführt. Diese erlaubt die Lastentwicklung und das Spannungs-Verformungsverhalten des Gebirges während der einzelnen Bauphasen zu verfolgen.

Die Modellierung erfolgen im ebenen Verformungszustand, d.h.:

- Das geotechnische Bezugsmodell stellt einen Querschnitt orthogonal zur Tunnelachse dar;
- Die Definition des Spannungs-Verformungsverhaltens und der Festigkeit des Gebirges ist vom Ausbruch abhängig;
- Die Definition des Spannungszustands im Gebirge, vor dem Tunnelvortrieb ist erforderlich;
- Die einzelnen Ausbruchphasen sowie die entsprechende Ausbruchsicherung werden modelliert.

5.2.1 Untersuchte Ausbruchsquerschnitte

Für die Bemessung des Ausbruchsquerschnitts CT3-T3 wurde der Querschnitt mit der höchsten Überdeckung im Bereich der untersuchten Strecke ($H=1200\text{m}$) und mit maximalem Ausbruchsquerschnitt (46.31 m^2) berücksichtigt.

Aufgrund der Symmetrie der zu untersuchenden Problemstellung, erstreckt sich das Berechnungsmodell über eine Breite von 100 m ab den Grenzen der Hohlräume und über eine Höhe von 200 m, von denen 100 m unter und 100 m über der Schienenoberkante liegen. Durch die gewählten Modellabmessungen kann davon ausgegangen werden, dass eventuelle Randeinflüsse vernachlässigbar sind. Das Gebirge wurde mittels zweidimensionaler, quadratischer Elemente mit Abmessungen von ca. $200\times 200\text{ cm}$ diskretisiert. In der Nähe des Tunnels wird die Mesh verdichtet und die Elemente erreichen Abmessungen von $50\times 50\text{ cm}$. Die gewählten Randbedingungen verhindern eine Verschiebung in beide Richtungen am unteren Modellrand und blockieren Verschiebungen in horizontaler Richtung an den vertikalen Modellrändern. Am oberen Modellrand wurde ein Druck aufgebracht, welcher der vorhandenen Bodenauflast (von Tunnel bis Geländeoberkante) entspricht.

gravoso del carico dovuto al distacco di un blocco (paragrafo 5.1), è stato condotta un'analisi mediante il programma agli elementi finiti MIDAS GTS [30]. Quest'ultimo consente di seguire la storia di carico e il comportamento tensio-deformativo dell'ammasso roccioso durante tutte gli step per la realizzazione dell'opera.

Le analisi, condotte nell'ipotesi di deformazioni piane, comportano:

- La definizione del modello geotecnico di riferimento che rappresenta una sezione trasversale all'asse della galleria;
- La definizione delle leggi sforzo-deformazione e di resistenza dell'ammasso roccioso interessato dagli scavi;
- La definizione dello stato tensionale presente nell'ammasso prima dello scavo della galleria;
- La simulazione delle fasi di scavo e di messa in opera dei sostegni.

5.2.1 Sezione analizzata

Per il dimensionamento della sezione CT3-T3 si è considerata la sezione con la massima copertura nella tratta in esame ($H=1200\text{ m}$) e la sezione massima di scavo (46.31 m^2).

Il modello di calcolo, in virtù della simmetria del problema, si estende per 100 m in larghezza agli estremi della cavità, 100 m in altezza, di cui 100 m al di sotto del piano del ferro e 100 m al di sopra di quest'ultimo. Tali limiti sono sufficienti per ritenere trascurabili gli effetti di bordo. L'ammasso è stato discretizzato mediante elementi bidimensionali quadrati di dimensioni pari a circa $200\times 200\text{ cm}$, infittiti in prossimità della galleria, dove assumono dimensioni pari a circa $50\times 50\text{ cm}$. Le condizioni di vincolo al contorno del modello prevedono spostamenti impediti in entrambe le direzioni lungo il boundary inferiore e spostamenti impediti in direzione orizzontale lungo i boundary verticali. Sul boundary superiore è applicata una pressione pari al peso del terreno presente in sito fino alla quota del piano campagna.

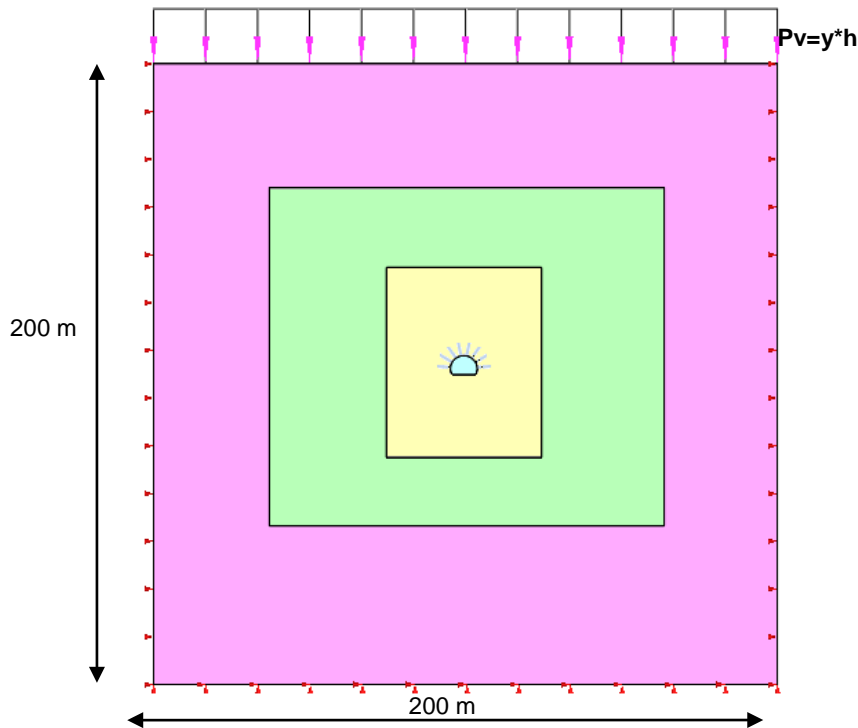


Abbildung 3: Berechnungsquerschnitt CT3-T3

Figura 3: Sezione di analisi CT3 T3

5.2.2 Bildendes Gebirgsmodell

Das Gebirge wurde als ein kontinuierlich elastisch-plastisches Medium modelliert mit Widerstandskriterium des Typs Hoek-Brown [22] und Restparameter, die gemäß der Cai et. al [29] Theorie bewertet werden. Im Besonderen wurden die elastischen (Verformungsmodul und Poisson-Beiwert), elastisch-plastischen (m_b , s mit Peak- und Restwerte) und physischen (Dichte und einachsiger Komprimierungswiderstand) Eigenschaften der vom Vortrieb betroffenen Felsen bestimmt.

Aufgrund der im Abs. 3.1 aufgezeigten Bemerkungen, werden die geomechanischen Parameter des Gebirges GA- GA-BCA-GS-10g berücksichtigt:

| Zone max overburden [m] | GSI | GSI _{res} | γ [kN/m ³] | E_{rm} [MPa] | σ_{ci} [MPa] | σ_{cm} [MPa] | m_i [-] | $m_{b, peak}$ [-] | $m_{b, res}$ [-] | $s_{, peak}$ [-] | $s_{, res}$ [-] |
|-------------------------------|-----|--------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|--------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 1200 | 50 | 25.59 | 27.3 | 15528 | 75 | 15.60 | 17 | 2.599 | 1.087 | 0.0039 | 0.0003 |

Tabelle 7: Berücksichtigte geomechanische Parameter

5.2.2 Modello costitutivo dell'ammasso

L'ammasso è stato modellato come un mezzo continuo elasto-plastico avente criterio di resistenza di tipo Hoek-Brown [22] con parametri residui valutati sulla base della teoria di Cai et. al [29] e riportata nel Rapporto [1]. In particolare sono state assegnate le caratteristiche elastiche (modulo di deformazione e coefficiente di Poisson), elasto-plastiche (m_b , s con valori di picco e residuo) e fisiche (densità e resistenza a compressione monoassiale) proprie delle rocce interessate dallo scavo.

Sulla base delle considerazione riportate nel Par 3.1, vengono considerati i parametri geomeccanici dell'ammasso GA-BCA-GS-10g:

Tabella 7: Parametri geomeccanici considerati

Die Auflagebedingungen am Modellumriss sehen behinderte Verschiebungen in beiden Richtungen längs der unteren Grenze sowie behinderte Verschiebungen in horizontaler Richtungen längs der senkrechten Grenze vor. Auf der oberen Modellgrenze ist ein Druck angewendet worden, der der vor Ort vorhandenen Erdauflast bis zur Quote der Geländeoberkante entspricht. Der Spannungszustand vor Ort wurde gemäß folgenden Verhältnissen ausgewertet:

$$\sigma_y = \gamma \cdot z$$

Le condizioni di vincolo al contorno del modello prevedono spostamenti impediti in entrambe le direzioni lungo il boundary inferiore e spostamenti impediti in direzione orizzontale lungo i boundary verticali. Sul boundary superiore è applicata una pressione pari al peso del terreno presente in sito fino alla quota del piano campagna. Lo stato di sforzo in sito è stato valutato secondo le seguenti relazioni:

$$\sigma_x = K_0 \cdot \sigma_z$$

Wobei:

- Z = Abstand des allgemeinen Elements von der Geländeoberkante
- K_0 = Beiwert des waagrechten Schubs, gleich 0.75 angenommen.

Dove

- Z rappresenta la distanza del generico elemento dal piano campagna
- K_0 è il coefficiente di spinta orizzontale, assunto pari a 0.75.

5.2.3 Eigenschaften der Außenschale

Folgende Tabelle zeigt die Eigenschaften der Sicherheitsmaßnahmen für das Profil CT3-T3 auf:

| | Anker Chiodature | | | | | Spritzbeton Betoncino proiettato | | |
|---------------|---------------------|---------------|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Typ Tipo | N_y [kN] | L [m] | $i_{\text{längs}} /$ long [m] | $i_{\text{quer}} /$ trasv [m] | Klasse Classe [-] | s_{nom} [cm] | s_{min} [cm] |
| CT3 T3 | Pm24 | 200 | 4.5 | 1.5 | 1.8 | C30/37 | 15 | 9 |

Tabelle 8: Charakteristiken der Außenschale CT3-T3

5.2.3 Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase

La seguente tabella riporta le caratteristiche dei provvedimenti di messa in sicurezza per il profilo CT3-T3:

Tabella 8: Caratteristiche rivestimenti di prima fase CT3-T3

Die Anker werden ins Modell eingefügt und zwar mit einem Grenzwiderstand, der ihrer Streckgrenze entspricht, die um den Widerstandsbeiwert ($\gamma_R = 1.15$) und der Reibung ($\gamma_R = 1.3$) faktorisiert wird, so wie mit BBT SE abgesprochen.

Die Anker werden mit spezifischen eindimensionalen Elementen (Truss) nachgebildet, mit perfekt plastisch-elastischem Verhalten (Abbildung 4) und Von Mises Bruchkriterium ($N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 174$ kN). Sie sind mit den Gitterknoten über eine Schnittstelle verbunden, wobei auf der sicheren Seite liegend ein Querwiderstand von 100 kN/m und eine tangentielle Steifigkeit von 10 MN/m/m [28] berücksichtigt werden.

Auf der sicheren Seite liegend wird die Außenschale in Spritzbeton vernachlässigt, da sie als konstruktive Maßnahme berücksichtigt wird, welche zur Sicherheit gegen das Loslösen von kleinen Felsenvolumen dient (siehe Anhang 3).

I chiodi vengono inseriti nel modello con una resistenza limite pari alla loro resistenza a snervamento fattorizzata per il coefficiente sulle resistenze ($\gamma_R = 1.15$) e sull'aderenza di ($\gamma_R = 1.3$) come concordato con BBT SE.

Gli ancoraggi sono stati riprodotti con specifici elementi monodimensionali (Truss) aventi comportamento elastico perfettamente plastico (Figura 4) con criterio di rottura alla Von Mises ($N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 174$ kN) collegati ai nodi della griglia mediante un'interfaccia considerando valori cautelativi di resistenza a taglio (100 kN/m) e rigidità tangenziale (10 MN/m/m) [28].

In via cautelativa il rivestimento di prima fase in betoncino proiettato viene trascurato in quanto considerato come un provvedimento costruttivo atto a garantire la sicurezza nei confronti di distacchi di piccoli volumi di roccia (vedasi Appendice 3).

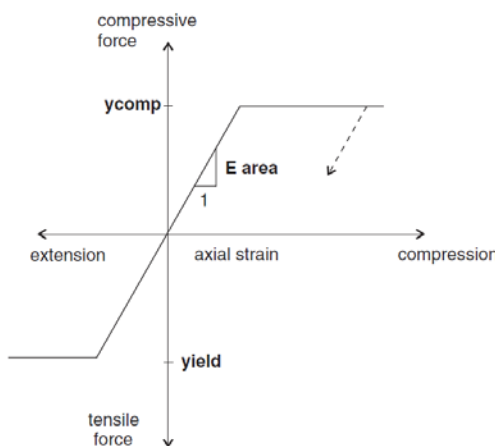


Abbildung 4: Spannungs-Verformungsverhalten der Anker-Elemente

Figura 4: Comportamento sforzo-deformazione per gli ancoraggi

5.2.4 Laststufe

5.2.4 Step di carico

Nach einer ersten Phase der Modellinitialisierung zur Berechnung des Ausgangsgleichgewichts, wird der Ausbruch der FdE-MM mittels fiktiver Ausbruch-Kräfte (nachfolgend FFS genannt) simuliert. Der Prozentsatz dieser Kräfte an der Ortsbrust ist aufgrund der Ergebnisse des Kennlinienverfahrens bestimmt (Anhang 2).

Dopo una prima fase di inizializzazione del modello, necessaria per calcolare l'equilibrio iniziale, lo scavo della CT3 viene simulato mediante l'utilizzo delle Forze Fittizie di Scavo, di seguito denominate FFS. La percentuale di tali forze è definita sulla base dei risultati delle Linee Caratteristiche (vedasi Appendice 2).

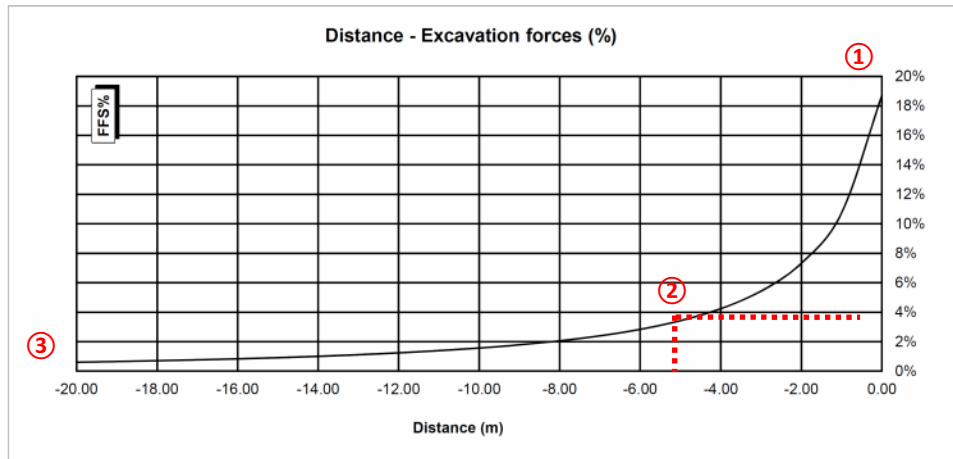


Abbildung 5: FFS an der Ortsbrust und bei Einsetzung der Anker
Nachfolgend sind die Berechnungsstufen zusammengefasst:

Figura 5: FFS al fronte e all'installazione delle chiodature
Di seguito sono riassunti gli step di calcolo:

- 1) Geostatische Ausgangslage mit Bestimmung der Geometrie, der Randbedingungen, der Stratigraphie und der geostatischen Ausgangsspannungen;
- 2) Annullierung der Zonen im ausgebrochenen Bereich und Reduktion der FFS bis zum Wert, den sie an der Ortsbrust einnehmen (FFS =18%);
- 3) Reduktion der FFS bis zum Wert, den sie bei der Einbau der Außenschale einnehmen (3.0 m von der Ortsbrust) (FFS =4%);
- 4) Modellierung im numerischen Modells der Ausbruchsicherung und Annullierung der FFS (FFS =0%);
- 5) Entfernung der Außenschale und Simulation der Langzeitkonfiguration mit Einbau der Innenschale. Diese ist mit der Mesh mittels eines Schnittstellenelements mit einer dem Gebirge entsprechenden normaler Steifigkeit und tangentialer Steifigkeit gleich Null, verbunden. Dieses Schnittstellenelement ermöglicht es, neben den Einwirkungen auf die Innenschale auch die Wirkung der Abdichtungsschicht zwischen den zwei Schalen zu berücksichtigen, indem es die tangentialen Spannungen annulliert.

5.2.5 Nachweisverfahren

Gemäß den NTC 2008 werden die Einwirkungen auf die Außenschale, die dem FEM Modell entnommen sind, um $\gamma_G =$

5.2.5 Procedura di verifica

In conformità alle NTC 2008 le azioni ricavate dal modello FEM sul rivestimento di prima fase sono aumentate di $\gamma_G =$

1,30 erhöht und die Widerstände des strukturellen Abschnitts um $\gamma_c = 1,50$ reduziert, das heißt $\gamma_s = 1,15$.

Die Nachweise gelten als erfüllt, wenn folgende Ungleichung verifiziert ist:

$$E_d \leq R_d$$

Hierbei ist:

- R_d = Bemessungswert Widerstand
- E_d = Bemessungswert Einwirkung

Da im FEM Modell der Spritzbeton vernachlässigt wurde, wie in Abs. 5.2.3. angeführt, wird nachgewiesen, dass die Anker, welche ihre Streckgrenze erreichen ($N_{yd} = 174$ kN), nicht die axiale Verformungsgrenze, die vorsichtshalber auf 5% gesetzt wurde, überschreiten.

1,30 e le resistenze della sezione strutturale sono ridotte di $\gamma_c = 1,50$ ovvero $\gamma_s = 1,15$.

Le verifiche risultano soddisfatte se è verificata la seguente disuguaglianza:

Dove:

- R_d = Valore della resistenza di progetto
- E_d = Valore di progetto dell'effetto delle azioni

Essendo stato trascurato nel modello FEM il betoncino proiettato come riportato al Par. 5.2.3, si verifica che gli ancoraggi che raggiungono il limite di snervamento ($N_{yd} = 174$ kN) non superino il limite di deformazione assiale posto cautelativamente pari al 5%.

5.2.6 Ergebnisse

Die im Anhang 4 aufgezeigten Analysen bestätigen, dass das Gebirgsverhalten durch reduzierte Konvergenzen (absolute Konvergenzen < 40 mm und relative Konvergenzen ohne Spritzbeton ca. 15 mm) und durch die Bildung einer plastischen Zone mit maximaler Ausdehnung von ca. 3-4 m gekennzeichnet ist.

Die Anker erreichen die Ermüdungsgrenze ($N_{yd} = 174$ kN), aber nicht die Verformungsgrenze des Stahls ($\epsilon < 5\%$).

Der vom Gebirge ausgeübte Druck auf die Innenschale, bei Ausfall der Anker, beträgt 80 kPa.

5.2.6 Risultati

Le analisi riportate nell'Appendice 4 confermano che il comportamento dell'ammasso è caratterizzato da convergenze ridotte (convergenze assolute < 40 mm e convergenze relative in assenza del betoncino proiettato di ca. 15 mm) e dalla formazione di una fascia plastica di estensione massima di ca. 3-4 m.

Gli ancoraggi raggiungono il limite di snervamento ($N_{yd} = 174$ kN) ma non raggiungono il limite di deformazione dell'acciaio ($\epsilon < 5\%$).

La pressione esercitata dall'ammasso sul rivestimento definitivo, al decadimento delle chiodature, è dell'ordine dei 80 kPa.

5.3 ANALYSE DER STANDSICHERHEIT DER ORTBRUST

5.3.1 Nachweisverfahren

Für die Durchführung der Ortsbrustnachweise werden die charakteristischen Werte der geotechnischen Parameter mit folgenden Faktoren abgemindert:

| Parameter / Parametri | Symbol / Simbolo | Faktor / Fattore |
|---|-------------------|------------------|
| Effektiver Reibungswinkel / Angolo di attrito effettivo ^a | $\gamma_{\phi'}$ | 1.25 |
| effektive Kohäsion / Coesione effettiva | $\gamma_{c'}$ | 1.25 |
| undrainierte Scherfestigkeit / Resistenza a taglio non drenata | γ_{cu} | 1.4 |
| einaxiale Druckfestigkeit / Resistenza a compressione monoassiale | γ_{qu} | 1.6 |
| Wichte / Peso specifico | γ_{γ} | 1 |
| ^a Dieser Faktor wird auf $\tan \phi'$ angewendet / valore applicato alla tangente dell'angolo | | |

Tabelle 9: Teilsicherheitsfaktoren Ortsbrustnachweis

5.3 ANALISI DELLA STABILITÀ DEL FRONTE

5.3.1 Procedura di verifica

Per l'esecuzione dei calcoli di stabilità del fronte vengono applicati i valori caratteristici dei parametri geotecnici ridotti con i seguenti fattori:

Tabella 9: Fattori parziali di sicurezza per la verifica di stabilità del fronte di scavo

5.3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse des Kennlinienverfahrens schließen wichtige Instabilitätsphänomene der Ortsbrust für diese Gebirge aus. Die Bruchkörperanalyse, die mit der Software Unwedge durchgeführt wurde, zeigt, dass das Volumen der abbrechenden Felsblöcke unter 0.5 m^3 liegt und deshalb können sie, wenn sie nicht schon bei der Sprengung abgebrochen sind, auf Anordnung des geotechnischen Fachmann abgelöst werden.

Bei längerem Aufenthalt an der Ortsbrust ist zum Ortsbrustschutz der Einsatz einer faserverstärkten Spritzbetonschicht von mindestens 10 cm Stärke vorgesehen.

5.3.2 Risultati

I risultati delle linee caratteristiche escludono importanti fenomeni di instabilità del fronte di scavo per gli ammassi oggetto di studio. L'analisi dei blocchi, eseguita mediante il software Unwedge mostra come i blocchi distaccabili hanno un volume inferiore a 0.5 m^3 e pertanto, se non già distaccati durante il brillamento, possono essere disgiunti su indicazione dell'esperto geotecnico.

In caso di sosta prolungata delle attività di scavo si prevede di installare uno strato di betoncino proiettato fibrorinforzato a protezione del fronte di spessore minimo 10 cm.

6 INNENSCHALE

6.1 STABWERKSMODELLE

Die Beanspruchungen der Innenschale sind durch das informatische Rechenprogramm MIDAS Gen2013, das auf die Finite-Elementen-Methode (FEM) basierend, berechnet worden.

Für die Berechnung wird ein Abschnitt des Tunnels mit einheitlicher Tiefe (1 m) berücksichtigt und ein Strukturmodell festgelegt und zwar mittels ebene Finite-Balkenelemente des Typs „beam“. Die Tunnelschale ist durch Elemente schematisiert, die kürzer als 0.5 m sind und die effektive Stärke des betreffende Strukturelements besitzen (Kalotte, Widerlager, Sohlgewölbe/Sohlplatte).

Die strukturelle Steifigkeit der Träger Elemente wird als $E'_c \times I_y$ des nicht gerissenen Schnitts berechnet. Das Trägheitsmoment I_g wird im Verhältnis zur Schnittachse aus Beton berechnet, wobei der Stahl, wo vorhanden, vernachlässigt wird. Im Falle von ebener Verformung beträgt der Elastizitätsmodul E'_c :

$$E'_c = \frac{E_c}{1 - \nu^2}$$

mit:

- E_c = Elastizitätsmodul Beton;
- ν = Poissonsahl (0.2);

Zur Modellierung des unbewehrten Betons wird ein elastisch-lineares Materialmodell verwendet. Die Neuverteilung der Belastungen werden laut Absatz 12.5 des EC2 berechnet, falls die abschnittsweise Steifigkeit durch die Öffnung von Rissen, dort wo die Betonzugfestigkeit überschritten wurde (Bildung von plastischen Gelenken) verloren gegangen ist. Die Modellierung der plastischen Gelenke erfolgt durch den Einsatz von Torsionsfedern, dessen Steifigkeit iterativ mit der Pöttler-Methode [26], [27] berechnet wird.

6.2 MODELLIERUNG DER BETTUNG

Die Zusammenwirkung Boden-Struktur wird mit dem Einsatz von Point Support Elementen simuliert, die an die Modellknoten gesetzt werden. Nur bei Druckbelastung übertragen diese Elemente den Knoten eine Reaktion, die dem Kontaktdruck Boden-Struktur entspricht. Die Steifigkeit der genannten Elemente wird unter Berücksichtigung des Reaktionsmoduls des Bodens k und der Schnittstelle, welche sich aus dem Paket der Abdichtung - Drainageschicht ergibt, bestimmt. Die erste wird laut den nachfolgend angeführten Relationen bestimmt und zwar jeweils für gekrümmte und gradlinige Oberflächen (Abs. 6.2.1 und 6.2.2). Die zweite wurde mit $60'000 \text{ kN/m}^3$ aufgrund der Eigenschaften des Abdichtungsstreifens angenommen. Letztere zählt für Verschiebungen von weniger als 0.5 cm.

6 RIVESTIMENTO DEFINITIVO

6.1 METODO DELLE REAZIONI IPERSTATICHE

Le sollecitazioni nel rivestimento definitivo sono state calcolate mediante il programma di calcolo informatico MIDAS Gen2013, basato sul Metodo degli Elementi Finiti (FEM).

Per il calcolo si considera un concio di galleria con profondità unitaria (1m) e si definisce un modello della struttura mediante elementi finiti piani di tipo trave (beam). Il rivestimento della galleria è schematizzato con elementi di lunghezza inferiore a 0.5 m aventi gli spessori reali dell'elemento strutturale considerato (calotta, piedritto, arco rovescio/platea).

La rigidezza strutturale degli elementi trave è calcolata come $E'_c \times I_y$ della sezione non fessurata. Il momento d'inerzia I_y è calcolato rispetto all'asse della sezione in calcestruzzo, trascurando la presenza dell'acciaio ove presente. Il modulo elastico E'_c , in condizioni di deformazioni piane, vale:

dove:

- E_c = modulo di elasticità del calcestruzzo;
- ν = rapporto di Poisson (0.2);

Per la modellazione del calcestruzzo non armato si utilizza un modello costitutivo del materiale elastico-lineare. Viene presa in considerazione la ridistribuzione delle sollecitazioni in seguito alla perdita di rigidezza sezionale causata dall'apertura di fessure laddove venga superata la resistenza a trazione del calcestruzzo (formazione di cerniere plastiche), in accordo con il paragrafo 12.5 dell'EC2. La modellazione delle cerniere plastiche avviene mediante l'inserimento di molle torsionali la cui rigidezza è calcolata iterativamente mediante il metodo di Pöttler [26], [27].

6.2 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

L'interazione terreno-struttura viene simulata mediante l'utilizzo di elementi point support posti in corrispondenza dei nodi del modello. Tali elementi trasmettono ai nodi, solo se compressi, una reazione pari alla pressione di contatto terreno-struttura. La rigidezza degli elementi citati è determinata tenendo conto del modulo di reazione del terreno k e dell'interfaccia data dal pacchetto impermeabilizzazione-strato drenante. La prima è definita secondo le relazioni di seguito descritte (paragrafo 6.2.1 e 6.2.2), rispettivamente per superfici curve e rettilinee. La seconda è stata assunta pari a $60'000 \text{ kN/m}^3$ in virtù delle caratteristiche del pacchetto d'impermeabilizzazione. Quest'ultima ha valenza per spostamenti inferiori a 0.5 cm. Superati tali spostamenti, la

Werden diese Verschiebungen überschritten, entspricht die Schnittstellensteifigkeit jener des Gebirges.

Die tangenziale Steifigkeit wurde aufgrund des Vorhandenseins des Abdichtungsmantels bei der Schnittstelle Boden-Struktur vernachlässigt.

rigidezza dell'interfaccia diventa quella dell'ammasso.

La rigidezza tangenziale è stata trascurata in virtù della presenza del manto di impermeabilizzazione nell'interfaccia terreno-struttura.

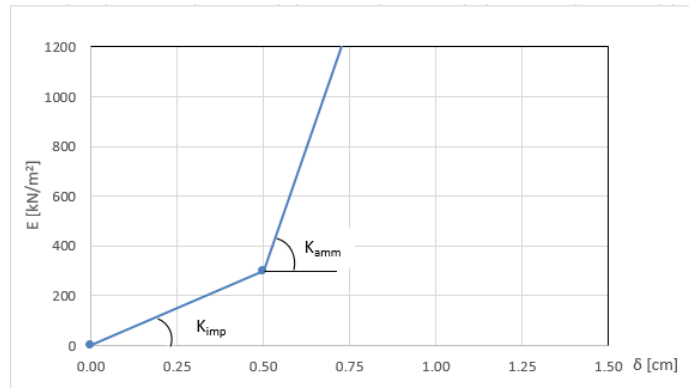


Abbildung 6: Schematisierung der Schnittstelle

Figura 6: Schematizzazione dell'interfaccia

6.2.1 Modellierung der Bettung

Die radiale Bettung der Innenschale im Gebirge/Boden ermittelt sich in der Regel unter Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls E und der Querdehnzahl ν des Gebirges/Bodens sowie der Systemlinie des entsprechenden Innenschalenradius R wie folgt:

$$K_R = E \times \frac{(1 - \nu)}{(1 + \nu)(1 - 2 \times \nu) \times R} = \frac{E_S}{R}$$

Hierbei ist:

- K_R = radiale Bettung Innenschale – Gebirge [MN/m³]
- E = Elastizitätsmodul des umliegenden Bodens/Gebirges
- E_S = Steifemodul des umliegenden Bodens/Gebirges
- ν = Querdehnzahl des Bodens/Gebirges
- R = Tunnelradius Systemlinie

6.2.1 Rigidezza radiale

Per la definizione della rigidezza del letto di molle radiali in materiale sciolto, si tiene conto del modulo elastico E , del coefficiente di Poisson ν dell'ammasso roccioso e del raggio interno R della galleria.

Dove:

- K_R = rigidezza del letto di molle radiali a contatto con l'anello interno [MN/m³]
- E = modulo elastico dell'ammasso roccioso
- E_S = modulo edometrico dell'ammasso roccioso
- ν = coeff. di Poisson dell'ammasso roccioso
- R = raggio della galleria – linea di riferimento

6.2.2 Federkonstanten Auflagerbereich/Sohle

Das Widerlager der Konstruktion mit Sohlplatte bzw. offener Sohle (Querschläge) wird durch Federn mit zugehöriger Steifigkeit in Abhängigkeit der dazugehörigen Einflussbreite „b“ modelliert. Die Federkonstanten sind wie folgt zu ermitteln:

Federkonstante c_v – vertikal

- $c_v = E_{\text{Geb.}} \cdot 0,5 b$

6.2.2 Costante della molla nelle zone di appoggio / fondo

L'appoggio della costruzione con platea oppure con fondo aperto viene modellato con molla con rigidezza relativa all'area di influenza della singola molla „b“. La costante della molla si calcola come segue:

Costante della molla c_v – verticale

- $c_v = E_{\text{Geb.}} \cdot 0,5 b$

Federkonnstante c_h – horizontal

- $c_h = 0,5 c_v$

6.3 EINWIRKUNGEN

Im Folgenden werden folgende Kürzel für die Einwirkungen herangezogen:

- G = ständige Einwirkungen
- Q = vorübergehende Einwirkungen
- A = außergewöhnliche Einwirkungen (z.B. Brand, Anprall, Explosion)
- E = Erdbeben

6.3.1 Eigengewicht G1

Die für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Querschnittsfläche pro Tunnelmeter basiert auf den Planmaßen der Konstruktion.

Das spezifische Eigengewicht des Stahlbetons ist mit $\gamma = 25\text{kN/m}^3$ zu berücksichtigen.

6.3.2 Oberleitung G2

Die Oberleitungslasten werden laut Abbildung auf der sicheren Seite liegend für eine maximale Spannweite von 50 m angesetzt. Aus diesen Lasten ergeben sich die am Aufhängepunkt anzusetzenden Lasten:

- Moment von 3,80 kNm
- Horizontallast von 0,70 kN
- Vertikallast von 2,50kN

Costante della molla c_h – orizzontale

- $c_h = 0,5 c_v$

6.3 ANALISI DEI CARICHI

Per le azioni si utilizzano le seguenti abbreviazioni:

- G = Azioni permanenti
- Q = Azioni variabili
- A = Azioni eccezionali (per es. incendio, urto, esplosione)
- E = Azioni sismiche

6.3.1 Peso proprio G1

Il volume utilizzato per il calcolo del peso proprio si basa sulle dimensioni effettive della struttura.

Il peso specifico del calcestruzzo viene assunto pari $\gamma = 25\text{kN/m}^3$.

6.3.2 Catenaria G2

Le catenarie vengono applicate per sicurezza su una distanza massima di 50 m, come nella Illustrazione. Da questi carichi derivano quelli da applicare al punto di sospensione:

- Momento di 3,80 kNm
- Carico orizzontale di 0,70 kN
- Carico verticale di 2,50kN

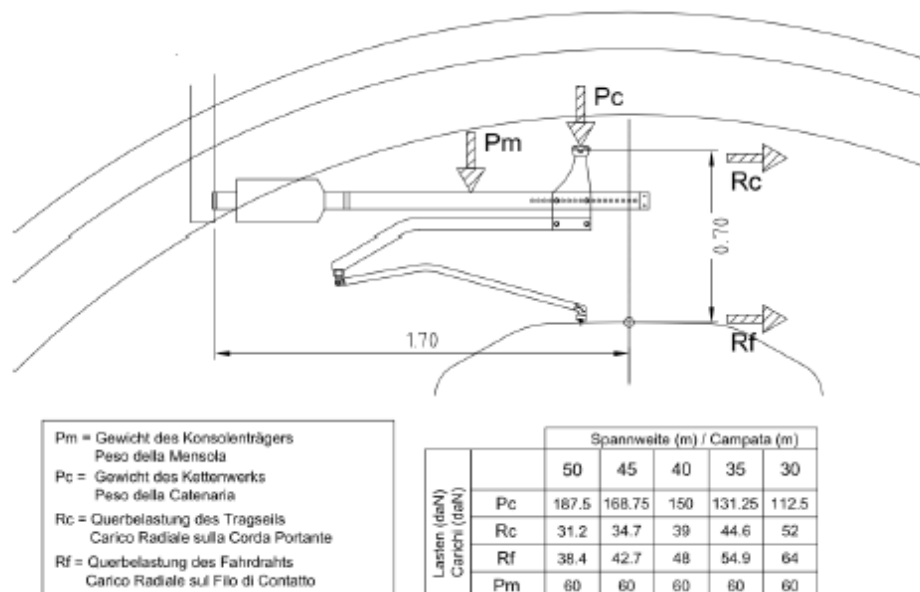


Abbildung 7: Lasten der Oberleitung

Figura 7: Carichi della catenaria

6.3.3 Oberleitung G3

Das für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Volumen basiert auf effektiven Abmessungen der Konstruktion.

Das spezifische Gewicht des unbewehrten Betons wird mit $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$ angenommen.

Das spezifische Gewicht des Stahlbetons wird mit $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ angenommen.

6.3.4 Wasserdruck G4

Für druckentlastete (drainierte) Tunnel wird der Wasserdruck, bei Regelquerschnitten mit Sohlgewölbe, nur bis in Höhe der Ulmenlängsdrainage berücksichtigt. Die Wasserlasten sind dann wie folgt anzusetzen:

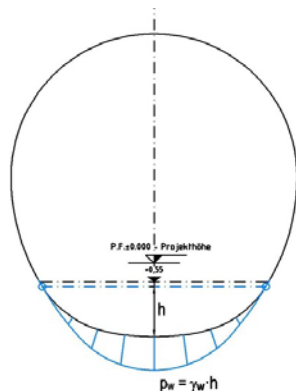


Abbildung 8: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt

6.3.5 Gebirgslast G5

Die Gebirgslast entspricht dem höheren Wert der beiden Lasten, jener aus der Bruchkörperanalyse und jener aus der Finite-Elemente-Analyse, die auf die Innenschale wirkt, nach vollständigem Verfall der fiktiven Aushubkräfte (letzte Stufe der FEM-Analyse). Da die größere Last a priori nicht bestimmt werden kann, wurden die Analysen mit beiden Lastenverteilungen durchgeführt.

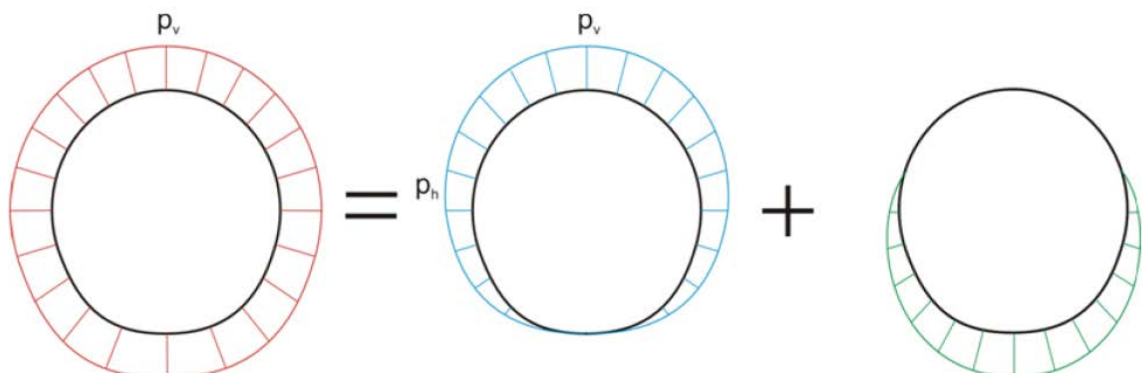


Abbildung 9: Qualitative Darstellung der numerisch ermittelten Normalspannungen (rot), der aktiven Gebirgslast (blau) und der passiven Bettungsreaktion (grün)

6.3.3 Riempimento in cls al di sopra dell'arco rovescio G3

Il volume utilizzato per il calcolo del peso proprio si basa sulle dimensioni effettive della struttura.

Il peso specifico del calcestruzzo non armato viene assunto pari a $\gamma_{c,na} = 24 \text{ kN/m}^3$.

Il peso specifico del calcestruzzo armato viene assunto pari a $\gamma_{c,ar} = 25 \text{ kN/m}^3$.

6.3.4 Pressione idraulica G4

Per il caso di galleria drenata (senza pressione) nelle sezioni tipo con arco rovescio, il carico idraulico viene considerato solo dal vertice inferiore al di sotto dell'arco rovescio fino all'altezza del drenaggio sul piedritto. Il carico idraulico viene applicato secondo il seguente schema:

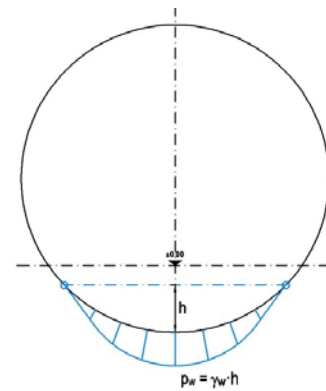


Figura 8: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata

6.3.5 Carico dell'ammasso G5

Il carico d'ammasso è pari al maggiore tra il carico scaturito dall'analisi a blocchi ed il carico che agisce sul rivestimento definitivo nelle analisi alle differenze finite, al completo decadimento delle forze fittizie di scavo (ultimo step delle analisi FeM). Non potendo definire a priori il carico più gravoso le analisi sono state effettuate con entrambe le distribuzioni di carico.

Figura 9: Rappresentazione qualitativa delle tensioni normali (rosso), ottenute dal calcolo numerico, del carico attivo dell'ammasso (blu) e della reazione assestamento del terreno (verde)

6.3.6 Kriechen und Schwinden des Betons G6

Das Schwindmaß des Betons wird gemäß NTC 2008 Kap. 11.2.10.6 ermittelt.

Die Kriechzahl φ wird gemäß dem NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 unter Berücksichtigung des Spannungszustandes aus einer Einwirkungskombination ständiger Lasten (G1 (Eigengewicht) + G2 (Oberleitung)) ermittelt.

Kriechen und Schwinden des Betons bewirkt eine Längenänderung Δl . Diese Längenänderung (Endschwindmaß) ist in Form einer CT3eichmäßigen Temperaturabkühlung der Rechnung zu Grunde zu legen.

Für alle Abschnitte die höher als 25 cm sind und aus Beton C30/37 bestehen, ergibt sich eine Durchschnittsverformung durch autogenes zeitlich unendliches Schwinden von 0.27‰. Bei der Bemessung wurde gemäß Bestimmungen 50% des Schwindens angenommen, was durch eine gleichmäßige Temperaturabkühlung von -13.4°C simulierbar ist. Diese Abkühlung muss, z. B., mittels Einsatz eines funktionstüchtigen Superverflüssigungsmittels (Typ MasterGlenium von BASF), nicht-kalkhaltigen Zuschlagstoffen und Zugabe eines Expansionsmittels (Typ MasterLife SRA100 von BASF) bewirkt werden. Das angewendete System muss auf der Baustelle durch präventiven Proben geprüft werden.

Bei der Modellierung der Innenschale, insbesondere bezüglich Absatz 4.1.1.1 des NTC08, verfährt man mit einer gleichmäßigen Temperaturabkühlung von -6.7° C an den GZT und von -8.9°C a den GZG.

6.3.7 Temperatur Q1

Die Dimensionierung der Innenschale hat unter Berücksichtigung der Temperatureinwirkung gemäß der nachfolgenden Tabelle entsprechend dem Abstand zum Portal zu erfolgen.

| | | |
|---|---------------------|--------------------|
| Abstand Portal / Distanza dall'imbocco [km] | 3,0 - 10,0 | |
| Temperaturgradient / gradiente della temperatura ΔT / [°C] | 2 | |
| ΔT_{eff} [°C] | Winter / Inverno | Sommer / Estate |
| | -10 | 10 |

Tabelle 10: Temperatureinwirkung Innenschale

Der Temperaturgradient ΔT gibt die Temperaturdifferenz zwischen der Innenkante und Außenkante Innenschale wieder.

Temperaturbeanspruchungen während des Baus der

6.3.6 Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6

a deformazione dovuta al ritiro del calcestruzzo si calcola in base al paragrafo 11.2.10.6 delle NTC 2008.

Il coefficiente di viscosità φ si calcola ai sensi delle NTC 2008 par. 11.2.10.7, considerando la condizione tensionale derivante dalla combinazione di azioni permanenti (G1 (peso proprio) + G2 (catenaria)).

Viscosità e ritiro del calcestruzzo comportano un cambiamento in lunghezza Δl (valore finale del ritiro), su cui deve essere basato il calcolo, in forma di diminuzione uniforme della temperatura.

Per tutte le sezioni con altezza maggiore di 25 cm e calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 risulta una deformazione media per ritiro autogeno a tempo infinito pari a 0.27‰. Nel dimensionamento si è assunto il 50% del ritiro imposto dalla Normativa, simulabile mediante l'applicazione di un abbassamento uniforme della temperatura di -13.4 C°. Tale riduzione dovrà essere ottenuta, ad esempio, mediante l'utilizzo di un superfluidificante performante (tipo MasterGlenium della BASF), di inerti non calcarei e tramite l'aggiunta di un espansivo (tipo MasterLife SRA100 della BASF). Il sistema adottato dovrà essere verificato con prove preventive in cantiere.

Nella modellazione del rivestimento definitivo, con particolare riferimento al paragrafo 4.1.1.1 dell'NTC08, si procede applicando un abbassamento uniforme della temperatura di -6.7° C agli SLU e di -8.9°C a SLE.

6.3.7 Temperatura Q1

Per il dimensionamento dei rivestimenti definitivi si considerano azioni termiche, in conformità alla seguente tabella, secondo la distanza dall'imbocco.

Tabella 10: Variazione termica

Il gradiente della temperatura ΔT indica la differenza di temperatura tra le superfici interna ed esterna del rivestimento in conci.

Le sollecitazioni derivanti dalla temperatura durante la

Innenschale können vernachlässigt werden.

Die von der Temperatur ausgehenden Einwirkungen in Folge eines Brands sind Gegenstand des Absatzes 6.3.11.

6.3.8 Erdbebeneinwirkung E1

Im Gegensatz zu den anderen Lastkombinationen hat die Erdbebenlast einen geringen Einfluss und wird deshalb nicht berücksichtigt.

6.3.9 Druck / Sog infolge Zufahrt A1

Die Be- und Entlastungsvorgänge, welche aus dem Verkehr der Züge resultieren sind in Dokument D0118-064 „Aerodynamik – Klima – Lüftung“ festgelegt. Dem Dokument kann entnommen werden, dass im Extremfall (außergewöhnliche Einwirkung) im Tunnel aerodynamische Einwirkungen von $\Delta_p \text{ Druck} = + 11 \text{ kN/m}^2$ und $\Delta_p \text{ Sog} = - 9 \text{ kN/m}^2$ auf. Da diese Einwirkungen, unter Berücksichtigung der entsprechend angepassten Teilsicherheitsfaktoren die maßgebende Einwirkung darstellen, werden gemäß den Vorgaben im Anhang die aerodynamischen Einwirkungen nur in Kombination von Einwirkungen bei außergewöhnlicher Bemessungssituation nachgewiesen.

6.3.10 Anpralllast A2

Die Einwirkung Anprall Schienenfahrzeuge ist nur in den Verzweigungsbauwerken und Portalen zu berücksichtigen. Im hier untersuchten Bereich ist die Anprall-Einwirkung daher nicht zu berücksichtigen.

6.3.11 Brand A3

Die Dimensionierung im Brandfall wird gemäß den Vorschriften der EN 1992-1-2 ausgeführt.

Gemäß den Vorschriften des MD 28/10/2005 Sicherheit in den Eisenbahntunnels, wird die Stabilität aller Bauwerke in Hinblick auf die Temperatur-Zeit Kurve laut UNI 11076 gemäß D0118-04326 "Sicherheit gegen die Brandexplosionen" gewährleistet.

Die bewehrten und unbewehrten Abschnitte sind hinsichtlich eines Brandes gemäß den Kriterien des spezifischen Berichts geprüft worden. Hier beschränkt man sich darauf hinzuweisen, dass, einvernehmlich mit der Tabelle D.6.3 del D.M. 16.02.2007 "Klassifizierung der Feuerbeständigkeit der Bauprodukte und -elemente für Bauwerke", folgende Bedingungen ausreichend zur Gewährleistung der REI 120 Klasse sind:

- Stärke 's' der Strukturelemente größer als 160 mm;
- Betondeckung 'a' (Achsenabstand der Bewehrung von der ausgesetzten Oberfläche) größer als 35 mm.

Beide Voraussetzungen sind erfüllt.

costruzione dell'anello vengono trascurate.

Le azioni derivanti dalle alte temperatura a seguito di incendio sono oggetto del paragrafo 6.3.11.

6.3.8 Azione sismica E1

Il carico sismico rappresenta una condizione poco influente rispetto alle altre combinazioni di carico e pertanto non viene considerata.

6.3.9 Pressione aerodinamica A1

I processi di carico e scarico tensionale a seguito del passaggio dei treni sono definiti nel documento D0118-064 „Aerodinamica – clima – ventilazione“. Dal documento si deduce che in casi estremi (azioni eccezionali) si presentano in galleria azioni aerodinamiche di $\Delta_p \text{ pressione} = + 11 \text{ kN/m}^2$ e $\Delta_p \text{ aspirazione} = - 9 \text{ kN/m}^2$. Poiché si tratta di azioni rilevanti, anche in considerazione dei relativi coefficienti parziali di sicurezza adottati, le azioni aerodinamiche si considerano solo associate in combinazione con le azioni derivanti dalla situazione di dimensionamento eccezionale.

6.3.10 Urto A2

Il carico da urto è da considerare solo nelle caverne di diramazione e ai portali. Nella zona in oggetto non è pertanto considerato.

6.3.11 Incendio A3

Il dimensionamento in caso di incendio si esegue in conformità alle prescrizioni della EN 1992-1-2.

In accordo con le prescrizioni del DM 28/10/2005 Sicurezza gallerie ferroviarie viene garantita la stabilità di tutte le opere in considerazione della curva temperatura-tempo secondo la UNI 11076 in conformità a D0118-04326 "Sicurezza contro le esplosioni di incendio".

Le verifiche strutturali con le mappe di calore sono riportate per alcune sezioni caratteristiche nella relazione specifica. In questa sede ci si limita ad osservare che in accordo alla tabella D.6.3 del D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione" condizioni sufficienti affinché la classe di resistenza REI 120 sia garantita sono:

- spessore 's' degli elementi strutturali maggiore di 160mm;
- copriferro 'a' (distanza dell'asse delle armature dalla superficie esposta) maggiore di 35mm.

Entrambi i requisiti sono soddisfatti.

6.4 EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen sind gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten ψ zu berücksichtigen.

Die für die Bemessung der Innenschale entsprechenden maßgebenden Einwirkungskombinationen gemäß Tabelle 11 sind in Abhängigkeit von den in-situ vorherrschenden Randbedingungen auszuwählen:

| Lastfall / Caso di carico Einwirkung sko mbinazi oni | ständig / permanenti | | | | | | | vorübergehend / variabili | | | außergewöhnlich / eccezionali | | |
|--|----------------------|-------------|--|---------------------|--|---------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---|
| | Eigengewicht | Oberleitung | Sohibeton | Wasserdruck | Gebirgslast ohne Auftrieb | Kriechen und Schwinden | Quell-druck | Temperatur (Sommer) | Temperatur (Winter) | Verkehrslast (Zugfahrt) | Brand | Druck infolge Zugfahrt | Sog infolge Zugfahrt |
| | Peso proprio | Catenaria | Carichi permanenti sull'arco rovescio | Carico idraulico | Carichi della roccia in condizioni asciutte | Ritiro e rilassamento | Swelling- Squeezing | Temperatura (Estate) | Temperatura (Inverno) | Carico ferroviario | Fuoco | Carico aerodinamico (pressione) | Carico aerodinamico (aspirazione) |
| | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 | Q1 | Q1 | Q2 | A3 | A1 | A1 |
| drucktlastet / sistema drenato | 1 | 1.35 | | | | | | 1.50 | | | | | |
| | | 1.00 | | | | | | 1.00 | | | | | |
| | 2 | 1.35 | | | | | 1.00 | | 1.50 | | | | |
| | | 1.00 | | | | | 1.00 | | 1.00 | | | | |
| | 5 | 1.35 | 1.35 | 1.00 | 1.35 | 1.35 | | | 1.50 | | | | |
| | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | | |
| | 6 | 1.35 | 1.35 | 1.00 | 1.35 | 1.35 | 1.00 | | | 1.50 | | | |
| | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | |
| | 11 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 0.60 | | | | 1.00 |
| | 12 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | 0.60 | | | 1.00 |
| | 21 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 0.60 | | | 1.00 | |
| | 22 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | |

Tabelle 11: Einwirkungskombinationen Innenschale

6.4 COMBINAZIONE DI CARICO

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione ψ .

Le combinazioni delle azioni rilevanti per il dimensionamento dell'anello interno sono di seguito riportate nella Tabella 11:

Tabella 11: Combinazioni di carico

6.5 NACHWEISVERFAHREN

Für den Nachweis des Grenzzustandes der Trag- und Gebrauchstauglichkeit der Innenschale sind die Einwirkungskombinationen gemäß den Vorgaben im NTC2008, Abs. 2.5.3. zu berücksichtigen.

6.5.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

6.5.1.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Die zu berücksichtigenden Teilsicherheitsfaktoren variieren in Abhängigkeit der Kombinationsregeln und den Bedingungen und sind dem Anhang zu entnehmen. Folgende Teilsicherheitsfaktoren sind gemäß EC 7 bzw. NTC2008 für ständige / vorübergehende / außergewöhnliche Bemessungssituationen zu berücksichtigen:

$$\begin{aligned}\gamma_{Gj,inf} \text{ günstig/favorevole} &= 1,00 / 1,00 / 1,00 \\ \gamma_{Gj,sup} \text{ ungünstig/sfavorevole} &= 1,35 / 1,20 / 1,00 \\ \gamma_{Q,1,sup} / \gamma_{Q,i,sup} \text{ günstig/favorevole} &= 0,00 / 0,00 / 0,00 \\ \gamma_{Q,1,sup} / \gamma_{Q,i,sup} \text{ ungünstig/sfavorevole} &= 1,50 / 1,30 / 1,00\end{aligned}$$

Werden die Einwirkungen aus dem Schwinden für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit berücksichtigt, ist gemäß EC2, Teil 1, Abs. 2.4.2.1 der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{SH} = 1,0$ zu berücksichtigen.

6.5 VERIFICHE

Per la verifica allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio dell'anello interno sono state considerate le combinazioni delle azioni in conformità delle prescrizioni del paragrafo 2.5.3 delle NTC2008.

6.5.1 Stati Limite Ultimi (SLU)

6.5.1.1 Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni

I coefficienti parziali di sicurezza da considerare variano in funzione delle combinazioni e del tipo di azioni. In conformità alle NTC2008, per le situazioni di dimensionamento standard, temporanee ed eccezionali sono da considerarsi i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

Considerando le azioni derivanti dal ritiro, per la verifica allo stato limite ultimo, si è considerato, in conformità all'EC2, parte 1, paragrafo 2.4.2.1 il coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{SH} = 1,0$.

6.5.1.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

Folgende Kombinationsbeiwerte sind gemäß EN 1990 bzw. NTC2008 zu berücksichtigen:

| Einwirkung / | Ψ_0 | Ψ_1 | Ψ_2 |
|--|----------|----------|----------|
| Druck / Sog infolge Zufahrt A1 / Pressione aerodinamica A1 | 0,8 | 0,5 | 0,0 |
| Temperatur Q1 / Forze termiche Q1 | 0,6 | 0,6 | 0,5 |

Tabelle 12: Kombinationsbeiwerte

6.5.1.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen sind gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten ψ zu berücksichtigen.

Die für die Bemessung der Innenschale entsprechenden maßgebenden Einwirkungskombinationen sind in Abhängigkeit von den in-situ vorherrschenden Randbedingungen zu wählen.

6.5.1.4 Teilsicherheitsfaktoren Widerstand

Die Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände bei einer ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation sind, wie folgt und wie mit BBT SE vereinbart, unter Berücksichtigung einer Lebensdauer des Bauwerkes von 200 Jahren zu berücksichtigen:

Stahlbeton

- Teilsicherheitskoeffizient für den Betonwiderstand $\gamma_c = 1,60$
- Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruckfestigkeit: $\alpha_{cc} = 0,85$
- Teilsicherheitskoeffizient für Stahlwiderstand $\gamma_s = 1,20$

Unbewehrter Beton

- Teilsicherheitskoeffizient für den Betonwiderstand $\gamma_c = 1,60$
- Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruck- bzw. -zugfestigkeit: $\alpha_{cc,pl.} / \alpha_{ct,pl.} = 0,80$

Für den Nachweis der außergewöhnlichen Bemessungssituation (BS3) sind die Teilsicherheitsfaktoren mit $\gamma_c = 1,2$ und $\gamma_s = 1,0$ zu berücksichtigen. Der Abminderungsbeiwert der Betondruckfestigkeit α_{cc} bleibt unverändert.

6.5.1.5 Bemessung auf Biegung und Längskraft

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des NTC2008, Abs. 4.1.2.1.2.

Der Nachweis des unbewehrten Betons erfolgt gemäß dem

6.5.1.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

In conformità alla EN 1990 ovvero alla NTC2008 devono essere utilizzati i seguenti coefficienti di combinazione:

Tabella 12: Coefficienti di combinazione

6.5.1.3 Combinazione delle azioni

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione ψ .

Le combinazioni delle azioni rilevanti per il dimensionamento dell'anello devono essere scelte in funzione delle effettive condizioni al contorno in situ.

6.5.1.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

I coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze in fase permanente e temporanea vanno considerati, come concordato con BBT SE, come segue tenendo conto della vita utile dell'opera di 200 anni:

Calcestruzzo armato

- Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza del calcestruzzo $\gamma_c = 1,60$
- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione del calcestruzzo di lunga durata: $\alpha_{cc} = 0,85$
- Coefficiente parziale di sicurezza γ_s per la resistenza dell'acciaio $\gamma_s = 1,20$

Calcestruzzo non armato

- Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza del calcestruzzo $\gamma_c = 1,60$
- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione e a trazione del calcestruzzo di lunga durata: $\alpha_{cc,pl.} / \alpha_{ct,pl.} = 0,80$

Per le verifiche nella situazione di dimensionamento eccezionale i fattori parziali di sicurezza devono essere considerati con $\gamma_c = 1,20$ e $\gamma_s = 1,00$. Il coefficiente di riduzione della resistenza a compressione del calcestruzzo α resta invariato.

6.5.1.5 Verifica a pressoflessione

Per il calcestruzzo armato il calcolo segue le indicazioni delle NTC2008, par. 4.1.2.1.2.

Per il calcestruzzo non armato si seguono le NTC 2008, par.

NTC2008, Kapitel 4.1.11.1.

4.1.11.1.

Bei den unbewehrten Abschnitten mit hoher Exzentrizität, berücksichtigt man gemäß EC2 (§12.3.1) die Betonzugfestigkeit bis zum Planungswert f_{ctd} . Der Nachweis gilt als erwiesen, wenn:

Nelle sezioni non armate con un'elevata eccentricità, in accordo con l'EC2 (§12.3.1) si considera la resistenza a trazione del calcestruzzo fino al valore di progetto f_{ctd} . La verifica risulta soddisfatta se:

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} \pm \frac{M_{Ed}}{J} \cdot (h/2) \leq \begin{cases} f_{ctd} \\ f_{ctd} \end{cases}$$

6.5.1.6 Bemessung Querkraft

6.5.1.6 Verifica a taglio

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des NTC2008, Abs. 4.1.2.1.3.

Per il calcestruzzo armato il calcolo segue le indicazioni delle NTC2008, par. 4.1.2.1.3.

Der Nachweis bei der unbewehrten Innenschale erfolgt gemäß der NTC2008, wobei diese Ungleichung nachgewiesen wird:

Per il rivestimento interno non armato si seguono le NTC 2008, verificando la seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = f_{cvd} \cdot \frac{b \cdot x}{1.5}$$

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_c \cdot f_{ctd}} \quad \text{per } \sigma_c \leq \sigma_{c\lim}$$

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_c \cdot f_{ctd} - \delta^2/4} \quad \text{per } \sigma_c > \sigma_{c\lim}$$

$$\delta = \sigma_c - \sigma_{c\lim}$$

$$\sigma_{c\lim} = f_{cd} - 2 \cdot \sqrt{f_{ctd}^2 + f_{cd} \cdot f_{ctd}}$$

Bei den überwiegend komprimierten Abschnitten wird die Durchschnittsbelastung der Druckspannung σ_c als Durchschnitt der Komprimierungen im reagierenden Abschnittteil 'x' berechnet:

Nelle sezioni prevalentemente compresse, lo sforzo medio di compressione σ_c è calcolato come media delle compressioni nella porzione di sezione reagente 'x':

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed}}{x} = \frac{N_{Ed}}{h - 2 \cdot e}$$

In den Abschnitten mit hoher Exzentrizität, unter Annahme der Betonzugfestigkeit bis f_{ctd} , wird der Querkraftwiderstand des Abschnitts ausgewertet, indem der ganze Abschnitt als reagierend ($x=h$) betrachtet wird und die Spannung σ_c als Durchschnittsspannung des ganzen Querschnitts, resultierend sowohl aus Druck- als auch aus Zugspannungen gewertet wird.

Nelle sezioni con un'elevata eccentricità, coerentemente con l'assunzione di considerare la resistenza a trazione del calcestruzzo fino al valore di f_{ctd} , la resistenza a taglio della sezione viene valutata considerando reagente l'intera sezione ($x=h$) e valutando la tensione σ_c come tensione media nell'intera sezione, sia compressa che tesa.

$$\sigma_c = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$$

6.5.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

6.5.2.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Im Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind gemäß den Kombinationsregeln die charakteristischen Einwirkungen zu berücksichtigen.

6.5.2.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

Die in den Einwirkungskombinationen zu berücksichtigen Kombinationsbeiwerte sind dem Anhang I zu entnehmen. Die Kombinationsbeiwerte sind gemäß Tabelle 12 zu berücksichtigen.

6.5.2.3 Lastfallkombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen sind gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten ψ zu berücksichtigen.

6.5.2.4 Teilsicherheitsfaktoren der Festigkeiten

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind die charakteristischen Werte der Widerstände zu berücksichtigen.

6.5.2.5 Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen

Die Ermittlung der Systemverformung erfolgt GZG unter Berücksichtigung der Kombinationsregeln mit den charakteristischen Einwirkungen sowie den entsprechenden Kombinationsbeiwerten.

6.5.2.6 Begrenzung der Rissbreiten

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist für die maßgebenden Einwirkungskombinationen unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsfaktoren und Abminderungsfaktoren ψ laut Tabelle 11 die maximale Rissweite w_{kal} unter Berücksichtigung der NTC2008 nachzuweisen. Die zulässige Rissbreite für Normalbeton ohne besondere Anforderung der Dichtigkeit oder bei Existenz einer Abdichtung ist auf $w_{kal} \leq 0,3$ mm zu begrenzen.

Bei besonderer Anforderung an die Dichtigkeit der Betoninnenschale oder bei aggressiven oder sehr aggressiven Umweltbedingungen ist die maximale Rissweite auf $w_{kal} \leq 0,2$ mm zu begrenzen.

6.6 BAULICHE DURCHBILDUNG

6.6.1 Bauliche Durchbildung

Gemäß UNI 11104 ist bei der Expositionsklasse XC3 die Verwendung von Beton C28/35, bei der Expositionsklasse XC4 Beton C32/40 vorgesehen.

Die Berechnung der Mindestbetondeckung zur Gewährleistung

6.5.2 Stati Limite Esercizio (SLE)

6.5.2.1 Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni

Nella verifica agli stati limite di esercizio devono essere considerate le azioni caratteristiche con le loro combinazioni.

6.5.2.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

In Tabella 11 si trovano i coefficienti da considerare nelle combinazioni delle azioni. I coefficienti di combinazione sono da considerare come in Tabella 12.

6.5.2.3 Combinazioni delle azioni

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione ψ .

6.5.2.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

Per la verifica agli stati limite di esercizio si devono considerare i valori caratteristici delle resistenze.

6.5.2.5 Calcolo delle deformazioni

Il calcolo delle deformazioni del sistema si esegue allo SLE in considerazione delle regole di combinazione con i carichi caratteristici e dei relativi coefficienti di combinazione.

6.5.2.6 Limitazione dello spessore delle fessure

In considerazione delle NTC2008, si controlla allo SLE lo spessore massimo delle fessure w_{kal} per le combinazioni di carico rilevanti, in considerazione dei fattori parziali di sicurezza e dei coefficienti di riduzione ψ secondo Tabella 11. La larghezza delle fessure ammessa per il cls normale senza particolari requisiti di spessore o in presenza di impermeabilizzazione è limitata a $w_{kal} \leq 0,3$ mm.

In caso di particolari requisiti di spessore del rivestimento interno o di condizioni ambientali aggressive o molto aggressive la larghezza massima è limitata a $w_{kal} \leq 0,2$ mm.

6.6 STRUTTURA COSTRUTTIVA

6.6.1 Classe di esposizione e copriferro minimo

In accordo alle UNI 11104, in classe di esposizione XC3 è previsto l'utilizzo di calcestruzzo C28/35 mentre in classe di esposizione XC4 è previsto l'utilizzo di calcestruzzo C32/40.

Il calcolo del copriferro minimo al fine di garantire una vita utile

der Bauwerklebensdauer >100 Jahren erfolgt laut NTC2008:

| | XC3 | XC4 |
|--------------------------------------|--------|-----------|
| Festigkeitsklasse | 28/35 | 32/40 |
| Umweltbedingungen | Normal | Aggressiv |
| C _{min} [mm] | 20 | 30 |
| Nutzbare Lebenszeit > 100 Jahre [mm] | +10 | +10 |
| Bauliche Tolleranz [mm] | +10 | +10 |

| | | |
|-----------------------|-----------|-----------|
| C _{nom} [mm] | 40 | 50 |
|-----------------------|-----------|-----------|

Tabelle 13: Mindestbetondeckung

Um die Stärke zu vereinheitlichen, ist eine Betonbedeckung entlang des ganzen Tunnels von 5 cm vorgesehen.

6.6.2 Mindestbewehrung

Ist eine bewehrte Innenschale vorgesehen, wird die Mindestbewehrung gemäß NTC 2008, Punkt 4.1.6.1.1. ermittelt.

Die Querschnittsfläche der Längszugbewehrung darf nicht geringer sein als:

$$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b \times d$$

und jedenfalls nicht geringer als $0,0013 \times b \times d$,

wobei:

- b die mittlerer Breite der Zugzone;
- d die Nutzhöhe des Querschnitts;
- f_{ctm} der Mittelwert der Zugfestigkeit des Betons;
- f_{yk} der charakteristische Wert der Streckengrenze des Betonstahls ist.

dell'opera >100anni è condotto in accordo alle N.T.C. 2008:

| | XC3 | XC4 |
|----------------------------------|---------|------------|
| Classe di resistenza (UNI 11104) | 28/35 | 32/40 |
| Cond. ambientali | Normali | Aggressive |
| C _{min} [mm] | 20 | 30 |
| Vita utile > 100anni [mm] | +10 | +10 |
| Tolleranza costruttiva [mm] | +10 | +10 |

| | | |
|-----------------------|-----------|-----------|
| C _{nom} [mm] | 40 | 50 |
|-----------------------|-----------|-----------|

Tabella 13: Copriferro minimo.

Per omogeneità si prevede un copriferro netto di 5 cm lungo tutto lo sviluppo delle gallerie.

6.6.2 Armatura minima

In caso il rivestimento necessiti di armatura il quantitativo minimo di armatura da inserire viene definito al punto 4.1.6.1.1 delle NTC 2008.

L'area dell'armatura longitudinale in zona tesa non deve essere inferiore a:

e comunque non minore di $0,0013 \times b \times d$,

dove:

- b rappresenta la larghezza media della zona tesa;
- d è l'altezza utile della sezione;
- f_{ctm} è il valore medio della resistenza a trazione del calcestruzzo;
- f_{yk} è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinaria.

6.7 ERGEBNISSE

Die in Anhang 5 aufgezeigten Analysen zeigen, dass für die FEM-Modelle zur Simulation der Lockerungslast des Gebirges und des Herablösens elementarer Felsblöcke keine Biegebewehrung $\Phi 14$ alle 150mm in der Kalotte und im Bereich der Wiederlager, sowie der Sohle gebraucht wird. Die Lastverteilungsbewehrung besteht aus $\Phi 10$ alle 200mm.

Es ist keine Schubbewehrung erforderlich.

Die Ergebnisse aus den statischen Berechnungen wurden mit jenen aus vereinfachten Berechnungsmethoden und durch ähnliche Berechnungen an vergleichbaren Strukturen auf ihre Richtigkeit geprüft. Die erhaltenen Ergebnisse sind daher als akzeptabel und richtig zu erachten.

6.7 RISULTATI

Le analisi riportate in Appendice 5 mostrano che il modello FEM per la simulazione degli effetti indotti dal carico d'allentamento dell'ammasso e del distacco di blocchi elementari necessitano l'impiego di armatura flessionale $\Phi 14$ passo 150 in calotta, lungo i paramenti e nell'arco rovescio. L'armatura di ripartizione è costituita da F10 passo 200.

Non si riscontra la necessità di predisporre dell'armatura a taglio.

I risultati emersi dall'analisi statica condotta sono stati validati mediante confronto con metodi di calcolo semplificati e attraverso raffronti con altre analisi svolte su opere paragonabili. I risultati ottenuti sono pertanto ritenuti accettabili e corretti.

7 VERZEICHNISSE

7.1 TABELLENVERZEICHNIS

| | |
|---|-----|
| Tabelle 1 Homogenbereich | 9 |
| Tabelle 2: Charakterisierung des Gebirges jeder homogenen Zone und Wahrscheinlichkeitsverteilung der unterschiedlichen Klassen (die mit [*] angegebenen Gebirge haben vorgesehene Längen von unter ca. 100m, während für die mit [**] angegeben Gebirge stellte sich heraus, dass die Literaturwechselbeziehungen zwischen RMR und nicht gültig sind; in beiden Fällen wurden die RMR und GSI Mittelwerte angewandt). | 9 |
| Tabelle 3: Typische Parameter der Gebirge in den unterschiedlichen Zonen und Klassen | 10 |
| Tabelle 4: Lage der Trennflächen | 10 |
| Tabelle 5: Ergebnisse Kennlinienverfahren. c_f = Ortsbrustkonvergenz, c_a = absolute Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht, c_r = relative Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht, F_{pf} = plastische Zone an der Ortsbrust, F_{pla} = plastische Zone Gleichgewicht, R = Ausbruchradius (mit 4.86m angenommen). | 11 |
| Tabelle 6: Vorgeschlagene Stabilitätskriterien in [20] [21]; c_f = Ortsbrustkonvergenz; F_{pf} = Ausdehnung des plastischen Streifens an der Ortsbrust; $R_{scavo} = r_{eq}$ = äquivalenter Ausbruchradius | 12 |
| Tabelle 7: Berücksichtigte geomechanische Parameter | 16 |
| Tabelle 8: Charakteristiken der Außenschale CT3-T3 | 17 |
| Tabelle 9: Teilsicherheitsfaktoren Ortsbrustnachweis | 21 |
| Tabelle 10: Temperatureinwirkung Innenschale..... | 26 |
| Tabelle 11: Einwirkungskombinationen Innenschale..... | 28 |
| Tabelle 12: Kombinationsbeiwerte | 29 |
| Tabelle 13: Mindestbetondeckung | 32 |
| Tabelle 14: Nachweis GZT - Biegung | 105 |
| Tabelle 15: Nachweis GZT - Schub | 106 |
| Tabelle 16: Nachweis GZG - Rissbildung..... | 107 |

7.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | |
|--|---|
| Abbildung 1: Auszug aus dem geomechanischen Längsschnitt und aus dem geologischen Lageplan [3]-[4] mit Angabe des untersuchten Bereichs..... | 6 |
| Abbildung 2: Qualitative Darstellung der Einwirkung aus dem Gebirge auf die Schale bei trennflächendominiertem | |

7 ELENCHI

7.1 ELENCO DELLE TABELLE

| | |
|--|-----|
| Tabella 1: Zone geomeccaniche omogenee | 9 |
| Tabella 2: Caratterizzazione degli ammassi di ciascuna zona omogenea e distribuzione probabilistica delle diverse classi (gli ammassi indicati con [*] hanno lunghezze previste inferiori a circa 100m, mentre per quelli indicati con [**] non risultano valide le correlazioni da letteratura tra RMR e GSI; in entrambi i casi sono stati adottati i valori medi di RMR e GSI). | 9 |
| Tabella 3: Parametri caratteristici dell'ammasso nelle diverse zone e classi | 10 |
| Tabella 4: Giacitura delle discontinuità | 10 |
| Tabella 5: Risultati del metodo delle Linee Caratteristiche. c_f = convergenza al fronte, c_a = convergenza assoluta all'equilibrio naturale, c_r = convergenza relativa all'equilibrio naturale, F_{pf} = fascia plastica al fronte, F_{pla} = fascia plastica all'equilibrio naturale, R = raggio di scavo (assunto pari a 4.86m). | 11 |
| Tabella 6: Criteri di stabilità proposti in [20] [21]; c_f = convergenza al fronte; F_{pf} = estensione della fascia plastica al fronte; $R_{scavo} = r_{eq}$ = raggio equivalente di scavo..... | 12 |
| Tabella 7: Parametri geomeccanici considerati | 16 |
| Tabella 8: Caratteristiche rivestimenti di prima fase CT3-T317 | |
| Tabella 9: Fattori parziali di sicurezza per la verifica di stabilità del fronte di scavo..... | 21 |
| Tabella 10: Variazione termica..... | 26 |
| Tabella 11: Combinazioni di carico | 28 |
| Tabella 12: Coefficienti di combinazione..... | 29 |
| Tabella 13: Copriferro minimo..... | 32 |
| Tabella 14: Verifiche SLU – Flessione | 105 |
| Tabella 15: Verifiche SLU – Taglio..... | 106 |
| Tabella 16: Verifiche SLE – Fessurazione | 107 |

7.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

| | |
|--|---|
| Figura 1: Estratto del profilo geomeccanico longitudinale e della planimetria geologica [3]-[4] con indicazione dell'area di studio. | 6 |
| Figura 2: Rappresentazione qualitativa degli effetti dell'ammasso sul rivestimento, in caso di ammasso altamente | |

| | | | |
|---|----|--|----|
| Gebirgsverhalten | 13 | fratturato | 13 |
| Abbildung 3: Berechnungsquerschnitt CT3-T3..... | 16 | Figura 3: Sezione di analisi CT3 T3 | 16 |
| Abbildung 4: Spannungs-Verformungsverhalten der Anker-Elemente | 17 | Figura 4: Comportamento sforzo-deformazione per gli ancoraggi | 17 |
| Abbildung 5: FFS an der Ortsbrust und bei Einsetzung der Anker | 18 | Figura 5: FFS al fronte e all'installazione delle chiodature . | 18 |
| Abbildung 6: Schematisierung der Schnittstelle | 23 | Figura 6: Schematizzazione dell'interfaccia | 23 |
| Abbildung 7: Lasten der Oberleitung..... | 24 | Figura 7: Carichi della catenaria | 24 |
| Abbildung 8: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt | 25 | Figura 8: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata..... | 25 |
| Abbildung 9: Qualitative Darstellung der numerisch ermittelten Normalspannungen (rot), der aktiven Gebirgslast (blau) und der passiven Bettungsreaktion (grün)..... | 25 | Figura 9: Rappresentazione qualitativa delle tensioni normali (rosso), ottenute dal calcolo numerico, del carico attivo dell'ammasso (blu) e della reazione assestamento del terreno (verde) | 25 |

7.3 ANLAGENVERZEICHNIS

- ANHANG 1 – GEOMECHANISCHE KARTEN
- ANHANG 2 - KENNLINIENVERFAHREN
- ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE
- ANHANG 4 - FEM-ANALYSE FÜR DIE AUßENSCHALE
- ANHANG 5 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE
- ANHANG 6 – WAND DES LÖSCHWASSERBECKENS

7.4 REFERENZDOKUMENTE

7.4.1 Eingangsdokumente

7.4.1.1 Ausführungsprojekt Baulos Mauls 2-3

- [1] 02_H61_GD_992_GTB_D0700_13018 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht - Allgemeiner geomechanischer Bericht
- [2] 02_H61_GD_040_GTB_D0700_22001 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 2 - Geomechanischer Detailbericht
- [3] 02_H61_GD_040_GLS_D0700_22002 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 2 - Geomechanischer und Planungsvorprofil - GL-T, FdE-GL-T, FdE-GL-TT, GL-CM Ost - von km 44+192 bis km 46+769
- [4] 02_H61_GD_040_GLS_D0700_22003 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos

7.3 ELENCO APPENDICI

- APPENDICE 1 - SCHEDE GEOMECCANICHE
- APPENDICE 2 - CURVE CARATTERISTICHE
- APPENDICE 3 - ANALISI DEI BLOCCHI
- APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE
- APPENDICE 5 - ANALSI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO
- APPENDICE 6 – PARTE VASCA ANTINCENDIO

7.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

7.4.1 Documenti in ingresso

7.4.1.1 Progetto Esecutivo Lotto Mules 2-3

- [1] 02_H61_GD_992_GTB_D0700_13018 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali - Relazione tecnica - Relazione geomeccanica generale
- [2] 02_H61_GD_040_GTB_D0700_22001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 2 - Relazione geomeccanica di dettaglio
- [3] 02_H61_GD_040_GLS_D0700_22002 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 2 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione - GL-T, FdE-GL-T, FdE-GL-TT, GL-CM Est - da km 44+192 a km 46+769
- [4] 02_H61_GD_040_GLS_D0700_22003 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva -

Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 2 - Geomechanischer und Planungsvorprofil - GL-T, FdE-GL-T, FdE-GL-TT, GL-CM West - von km 44+155 bis km 46+732

- [5] 02_H61_EG_995_KTB_D0700_15003 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Sicherheit bzgl. Feuerexposition

7.4.1.2 Technische Projektaufbereitung

- [6] Geomechanischer Bericht Haupttröhren Mauls PMF Trens“
- [7] Geomechanischer Bericht Erkundungsstollen Mauls-Brenner

7.4.2 Normen und Richtlinien

- [8] Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;
- [9] Leitfaden N.617, Vorgehensweise für technische Konstruktionsnormen, Ausgabe Januar 2008
- [10] DM 28/10/2005 Sicherheit für Bahntunnel
- [11] UNI EN1990:2006 - Eurocode 0 – Grundlage für Konstruktion und Dokumentation zur nationalen Umsetzung ;
- [12] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [13] UNI EN 1992:2005 - Eurocode 2 – Planung von für Stahlbetonbauwerke und Dokumente zur nationalen Umsetzung;
- [14] UNI EN 1997:2005 - Eurocode 7 – Geotechnik und Dokumente zur nationalen Umsetzung
- [15] UNI EN 1992-1-2:2005 Planung von Stahlbetonbauwerke Teil 1-2: Allgemeinregelung – Brandschutz Strukturplanung
- [16] UNI 11076: 2003 Testmodalitäten zur Bewertung des Benehmens der an den Decken von Untertagebauten angebrachten Schutzmaßnahmen in Brandfall
- [17] D.M. 16.02.2007 Feuerwiderstandsklassifizierung von Erzeugnissen und Bauelementen für Bauwerke

7.4.3 Literatur

- [18] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.

D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 2 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione - GL-T, FdE-GL-T, FdE-GL-TT, GL-CM Ovest - da km 44+155 a km 46+732

- [5] 02_H61_EG_995_KTB_D0700_15003- Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Sicurezza nei riguardi di esposizione al fuoco

7.4.1.2 Elaborazione tecnica del progetto

- [6] Relazione geomeccanica Canne principali Mules PMF Trens
- [7] Relazione geomeccanica Cunicolo esplorativo Mules-Brennero

7.4.2 Normativa

- [8] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
- [9] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- [10] DM 28/10/2005 , Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.
- [11] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Basi per la progettazione strutturale e documento di applicazione nazionale3
- [12] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [13] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo e documento di applicazione nazionale
- [14] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica e documento di applicazione nazionale
- [15] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [16] UNI 11076 del 1 luglio 2003, "Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendi".
- [17] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"

7.4.3 Letteratura

- [18] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.

- [19] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method”, Eurock '96, pagg. 855-860.
- [20] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [21] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [22] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [23] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [24] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [25] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)
- [26] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [27] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [28] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)
- [29] Cai M., Kaiser P.K., Tasaka Y., Minami M. - Determination of residual strenght parameters of jointed rock masses using the GSI system. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 44 pag. 247-256, 2007
- [30] MIDAS GTS Manual
- [19] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method”, Eurock '96, pagg. 855-860.
- [20] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [21] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [22] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [23] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [24] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [25] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)
- [26] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [27] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [28] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)
- [29] Cai M., Kaiser P.K., Tasaka Y., Minami M. - Determination of residual strenght parameters of jointed rock masses using the GSI system. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 44 pag. 247-256, 2007
- [30] MIDAS GTS Manual

ANHANG 1 - GEOMECHANISCHE KARTEN

Nachfolgend werden die geomechanischen Karten der Gebirge GA-BCA-A-10g und GA-BCA-GS-10g laut den Dokumenten [6] angeführt.

APPENDICE 1 - SCHEDE GEOMECCANICHE

Di seguito sono riportate le schede geomeccaniche per gli ammassi rocciosi GA-BCA-A-10g e GA-BCA-GS-10g secondo il Documento [6].

| Geotechnische Kennwerte | Gebirgsart GA-BCA-GS-10g | | |
|--|---|---|-----------------------|
| Parametri geotecnici | Tipo di ammasso roccioso GA-BCA-GS-10g | | |
| Lithologie | Glimmerschiefer und Paragneis ("Paraschiefer"), untergeordnet Amphibolit, lokal Orthogneis - 801b | | |
| Litologia | Paragneiss e micascisti ("parascisto"), subordinato anfibolite, localmente ortogneiss - 801b | | |
| Gesteinskennwerte / Mineralogie (Labor) | Mittelwert (M) | Standardabweichung (s) | Versuchszahl (n) |
| Parametri della roccia / Mineralogia (Laboratorio) | Valore medio (M) | Deviazione standard (s) | Numero di prove (n) |
| γ [MN/m ³] | 0,02731 | \pm 0,00149 | 4 |
| σ_{ci} [MPa] min (F 45° sf) | 75 | \pm 5 | 4 |
| σ_{ci} [MPa] | | | |
| m_i [-] (Hoek&Brown) geschätzt / stimato | 17 | | |
| E [MPa] aus Einax.-Druckversuch / da prova uniaxiale | 56400 | \pm 10900 | 4 |
| ν [-] geschätzt / stimato | 0,24 | | |
| CAI [-] | 3,8 | \pm 0,5 | 4 |
| äquiv. Qz-Gehalt / Contenuto equ. di Qz [%] | 80 | \pm 8 | 3 |
| Quellpotential / Potenziale di swelling | keines / assente | | |
| Trennflächeneigenschaften (Kartierung / Bohrungen) | Statistische Auswertung der Orientierungen und Eigenschaften der Trennflächen | | |
| Proprietà delle discontinuità (Rilevamento / Sondaggi) | Elaborazione statistica delle giaciture e delle proprietà delle discontinuità | | |
| Schieferung: Orientierung / Abstand | S: 345/45 | | |
| Scistosità: Giacitura / Spaziatura | | | |
| Trennflächenorientierung [°] (Vertrauenskegel) | RTF1: 160/80 | RTF3: 300/85 | |
| Giacitura delle discontinuità (Cono di confidenza) | RTF2w: 255/75 | RTF6: 020/80 | |
| Trennflächenabstände [mm] | RTF1: 60-200 | RTF3: 200-600 | S: 60-200 |
| Spaziatura delle discontinuità | RTF2w: 60-200 | RTF6: 200-600 | |
| Trennflächendurchgängigkeit [m] | RTF1: <1 | RTF3: <1 | S: 1-3 |
| Persistenz der discontinuität | RTF2w: <1 | RTF6: 1-3 | |
| Trennflächenöffnung [mm] | RTF1: 0 | RTF3: 0 | S: 0 |
| Apertura della discontinuität | RTF2w: 0 | RTF6: 0 | |
| Trennflächenrauigkeit JRC _{Co} [-] | RTF1: 10-12 | RTF3: 12-14 | S: 4-8 |
| Rugosità delle discontinuität | RTF2w: 8-10 | RTF6: 10-12 | |
| Trennflächenverwitterung (ENISO 14689-1) | | | |
| Alterazione delle discontinuität | | | |
| Trennflächenfüllung (Typ u. %-Anteil) | | | |
| Riempimento delle discontinuität (tipo e %) | | | |
| Trennflächenkennwerte (Labor) | | Bandbreite | Versuchszahl (n) |
| Parametri delle discontinuität (Laboratorio) | | Range | Numero di prove (n) |
| Φ_{res} [°] (unverwitt. TF / Disc. inalterate) | | 35 - 40* | |
| c_{res} [MPa] (unverwitt. TF / Disc. inalterate) | | 0,05 - 1,0* | |
| Gebirgskennwerte in-Situ | | Bandbreite | Versuchszahl (n) |
| Parametri dell'ammasso roccioso in sito | | Range | Numero di prove (n) |
| E [MPa] (BLA / Prova dilatometrica) | | | |
| Gebirgskennwerte | Statistik der Indexwerte u. berechnete Festigkeits- und Verformungsparameter | | |
| Parametri dell'ammasso roccioso | Statistica dei parametri indice e parametri di resistenza e deformabilità calcolati | | |
| Indexwerte (Kartierung / Bohrungen) | Mittelwert (M) | Standardabweichung (s) | Versuchszahl (n) |
| Parametri indice (Rilevamento / Sondaggi) | Valori medio (M) | Deviazione standard (s) | Numero di prove (n) |
| RQD [%] (ISRM) | 80 | \pm | |
| RMR [-] (Bieniawski, 1999) | 60 | \pm | |
| GSI [-] (Hoek) | 50 | - | - |
| Festigkeits- u. Verformungskennwerte (berechnet) | Kombination 1: M | Kombination 2: M - s | Kombination 3: M + s |
| Parametri di resistenza e deformabilità (calcolati) | Combinazione 1: M | Combinazione 2: M - s | Combinazione 3: M + s |
| α [MPa] (Hoek&Brown) | 4,5 | 4,2 | 4,8 |
| α_m [MPa] (Hoek&Brown) | 16,9 | 15,8 | 18,0 |
| c [MPa] (Mohr-Coulomb): $H_{min}=600m / H_{med}=990m / H_{max}=1200m$ | 2,4 / 3,3 / 3,7 | 2,4 / 3,2 / 3,6 | 2,5 / 3,4 / 3,8 |
| ϕ [°] (Mohr-Coulomb): $H_{min}=600m / H_{med}=990m / H_{max}=1200m$ | 43 / 39 / 37 | 42 / 38 / 37 | 43 / 39 / 38 |
| E [MPa] (Boyd/Serafim 1983 / Hoek 2002 / Hoek&Diederichs 2006) | - / 8700 / 17300 | - / 8400 / 14000 | - / 8900 / 20700 |
| Charakteristische Werte / Valori caratteristici | | Inputparameter / Valori di input | |
| γ_k (Gebirge / ammasso) [kN/m ³] | 27,0 | GSI [-] - Hoek&Brown | 50 |
| $\alpha_{t,k}$ (Gestein / roccia) [MPa] | 70 | RMR [-] - Bieniawski | 60 |
| $\alpha_{m,k}$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa] | 15,7 | σ_v ($\gamma \cdot H_{min}/med/max$) [MPa] | 16,2 / 26,7 / 32,4 |
| c_k (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa] - $H_{min}/med/max$ | 2,4 / 3,2 / 3,6 | k_0 [-] | 0,8-1,0 |
| ϕ_k (Gebirge / ammasso roccioso) [°] - $H_{min}/med/max$ | 42 / 38 / 37 | | |
| E_k (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa] | 8000* | | |
| Bemerkungen | Laborergebnisse Datenblatt 801 a | | |
| Note | * Daten aus Einreichprojekt | | |
| | Risultati prove di laboratorio scheda 801 a | | |
| | * Dati da progetto definitivo | | |

| BCA-GS-10g: Gebirgsverhaltenstyp GVT 2 | |
|--|--|
| BCA-GS-10g: Comportamento dell'ammasso roccioso TCR 2 | |
| Gebirgsart : BCA-GS-10g | |
| SW 263° | NE 83° |
| NW 353° | SE 173° |
| | |
| Gebirgsarten | BCA-GS-10g: Glimmerschiefer und Paragneis, untergeordnet Amphibolit, Orthogneis - 801 |
| Tipo di ammasso roccioso | BCA-GS-10g: Paragneiss e micascisti, subordinato anfibolite, loc. ortogneiss - 801b |
| Orientierung der Haupttrennflächen | Steil einfallende, schleiend, quer bzw. senkrecht zur Tunnelachse verlaufende Trennfläche Schieferung: mittelsteil einfallend, senkrecht zur Tunnelachse |
| Direzione delle discontinuità principali | Discontinuità ad alta inclinazione con direzione subparallela, trasversale e perpendicolare all'asse tunnel (AT); Scistosità ad inclinazione media con direzione perpendicolare all'AT |
| Druckhaftigkeit $\sigma_{cm,k}/\sigma_{max}$ (Hoek 2000) | $\geq 0,48$: nachbrüchig |
| Rapporto di sollecitazione $\sigma_{cm,k}/\sigma_{max}$ | $\geq 0,48$: friabile |
| Einfluss des Bergwassers | vernachlässigbar |
| Influenza della falda | trascurabile |
| Quelldruck | keiner |
| Pressione di rigonfiamento | assente |
| Gebirgsverhalten | GVT 2: Oberflächliche Ablösungen und Ausbrüche entlang durchgängiger Trennflächen Ortsbrust stabil |
| Comportamento dell'ammasso roccioso | TCR 2: Distacchi superficiali e distacchi lungo discontinuità persistenti Fronte di scavo stabile |
| Radialdeformation | < 10 cm (Kennlinienverfahren) |
| Deformazione radiale | < 10 cm (Metodo delle curve caratteristiche) |
| Bemerkungen | Überlagerung: 600 - 1200 m |
| Note | Coperatura: 600 - 1200m |

| Geotechnische Kennwerte | Gebirgsart GA-BCA-A-10g | | |
|---|---|---|-----------------------|
| Parametri geotecnici | Tipo di ammasso roccioso GA-BCA-A-10g | | |
| Lithologie | Amphibolit - 802, untergeordnet Paragneis und Quarzit (805) | | |
| Litologia | Anfibolite - 802, subordinato paragneiss e quarzite (805) | | |
| Gesteinskennwerte / Mineralogie (Labor) | Mittelwert (M) | Standardabweichung (s) | Versuchszahl (n) |
| Parametri della roccia / Mineralogia (Laboratorio) | Valore medio (M) | Deviazione standard (s) | Numero di prove (n) |
| γ [MN/m ³] | 0,02778 | \pm 0,00052 | 33 |
| α_i [MPa] | 140 | \pm 48 | 11 |
| α_c [MPa] | | | |
| m [-] (Hoek&Brown) aus Triax.-Druckversuch / da prova triassiale | 20 | \pm 6 | 8 |
| E [MPa] aus Einax.-Druckversuch / da prova uniassiale | 53100 | \pm 8000 | 11 |
| ν [-] aus Einax.-Druckversuch / da prova uniassiale | 0,24 | \pm 0,06 | 10 |
| CAI [-] | 4,33 | \pm 0,39 | 2 |
| äquiv. Oz-Gehalt / Contenuto equ. di Oz [%] | 52 | \pm 2,5 | 4 |
| Quellpotential / Potenziale di swelling | keines / assente | | |
| Trennflächeneigenschaften (Kartierung / Bohrungen) | Statistische Auswertung der Orientierungen und Eigenschaften der Trennflächen | | |
| Proprietà delle discontinuità (Rilevamento / Sondaggi) | Elaborazione statistica delle giaciture e delle proprietà delle discontinuità | | |
| Schieferung: Orientierung / Abstand | S: 345/45 | | |
| Scistosità: Giacitura / Spaziatura | | | |
| Trennflächenorientierung [°] (Vertrauenskegel) | RTF1: 160/80 | RTF3: 300/85 | |
| Giacitura delle discontinuità (Cono di confidenza) | RTF2w: 255/75 | RTF6: 020/80 | |
| Trennflächenabstände [mm] | RTF1: 60-200 | RTF3: 200-600 | S: 200-600 |
| Spaziatura delle discontinuità | RTF2w: 60-200 | RTF6: 200-600 | |
| Trennflächendurchgängigkeit [m] | RTF1: <1 | RTF3: <1 | S: 1-3 |
| Persistenza delle discontinuità | RTF2w: <1 | RTF6: 1-3 | |
| Trennflächenöffnung [mm] | RTF1: 0 | RTF3: 0 | S: 0 |
| Apertura della discontinuità | RTF2w: 0 | RTF6: 0 | |
| Trennflächenrauigkeit JRC ₀ [-] | RTF1: 10-12 | RTF3: 12-14 | S: 4-8 |
| Rugosità delle discontinuità | RTF2w: 8-10 | RTF6: 10-12 | |
| Trennflächenverwitterung (EN ISO 14689-1) | | | |
| Alterazione delle discontinuità | | | |
| Trennflächenfüllung (Typ u. %-Anteil) | | | |
| Riempimento delle discontinuità (tipo e %) | | | |
| Trennflächenkennwerte (Labor) | Bandbreite | | Versuchszahl (n) |
| Parametri delle discontinuità (Laboratorio) | Range | | Numero di prove (n) |
| $\varphi_{res} / \varphi_{base}$ [°] (unverwitt. TF / Disc. inalterate) | 35 - 39 / 27 - 30 | | 5 / 5 |
| c _{res} [MPa] (unverwitt. TF / Disc. inalterate) | 0,03 - 0,53 | | 5 |
| Gebirgskennwerte in-Situ | Bandbreite | | Versuchszahl (n) |
| Parametri dell'ammasso roccioso in sito | Range | | Numero di prove (n) |
| E [MPa] (BLA / Prova dilatometrica) | | | |
| Gebirgskennwerte | Statistik der Indexwerte u. berechnete Festigkeits- und Verformungsparameter | | |
| Parametri dell'ammasso roccioso | Statistica dei parametri indice e parametri di resistenza e deformabilità calcolati | | |
| Indexwerte (Kartierung / Bohrungen) | Mittelwert (M) | Standardabweichung (s) | Versuchszahl (n) |
| Parametri indice (Rilevamento / Sondaggi) | Valori medio (M) | Deviazione standard (s) | Numero di prove (n) |
| RQD [%] (ISRM) | 90 | \pm | |
| RMR [-] (Bieniawski, 1999) | 70 | \pm | |
| GSI [-] (Hoek) | 65 | \pm 10 | - |
| Festigkeits- u. Verformungskennwerte (berechnet) | Kombination 1: M | Kombination 2: M - s | Kombination 3: M + s |
| Parametri di resistenza e deformabilità (calcolati) | Combinazione 1: M | Combinazione 2: M - s | Combinazione 3: M + s |
| σ_c [MPa] (Hoek&Brown) | 19,9 | 7,4 | 46,8 |
| σ_{cm} [MPa] (Hoek&Brown) | 46,7 | 20,9 | 88,3 |
| c [MPa] (Mohr-Coulomb): H _{min} =600m / H _{med} =990m / H _{max} =1200m | 4,5 / 5,8 / 6,5 | 2,8 / 3,7 / 4,2 | 7,0 / 8,8 / 9,7 |
| φ [°] (Mohr-Coulomb): H _{min} =600m / H _{med} =990m / H _{max} =1200m | 52 / 49 / 47 | 44 / 40 / 38 | 58 / 55 / 54 |
| E [MPa] (Boyd/Serafim 1983 / Hoek 2002 / Hoek&Diederichs 2006) | - / 23700 / 33500 | - / 12800 / 18400 | - / 42200 / 50700 |
| Charakteristische Werte / Valori caratteristici | | Inputparameter / Valori di input | |
| γ_k (Gebirge / ammasso) [kN/m ³] | 28,0 | GSI [-] - Hoek&Brown | 55 |
| $\alpha_{i,k}$ (Gestein / roccia) [MPa] | 92* | RMR [-] - Bienawski | 70 |
| $\alpha_{m,k}$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa] | 24,8 | σ_v ($\gamma \cdot H_{min/med/max}$) [MPa] | 16,8 / 27,8 / 33,6 |
| c _k (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa] - H _{min/med/max} | 3,0 / 4,1 / 4,6 | ko [-] | 0,8-1,0 |
| φ_k (Gebirge / ammasso roccioso) [°] - H _{min/med/max} | 47 / 43 / 41 | | |
| E _k (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa] | 12000 | | |
| Bemerkungen | *Wert: M-s | | |
| Note | *Valore: M-s | | |

| BCA-A-10g: Gebirgsverhaltenstyp GVT 2 | |
|--|--|
| BCA-A-10g: Comportamento dell'ammasso roccioso TCR 2 | |
| Gebirgsart : BCA-A-10g | |
| SW 263° | NE 83° NW 353° SE 173° |
| | |
| Gebirgsarten | BCA-A-10g: Amphibolit - 802, untergeordnet Paragneis und Quarzit (805) |
| Tipo di ammasso roccioso | BCA-A-10g: Anfibolite - 802, subordinato paragneiss e quarzite (805) |
| Orientierung der Haupttrennflächen | Steil einfallende, schleiend, quer bzw. senkrecht zur Tunnelachse verlaufende Trennfläche Schieferung: mittelsteil einfallend, senkrecht zur Tunnelachse |
| Direzione delle discontinuità principali | Discontinuità ad alta inclinazione con direzione subparallela, trasversale e perpendicolare all'AT; Scistosità ad inclinazione media con direzione perpendicolare all'AT |
| Druckhaftigkeit $\sigma_{cm,k}/\sigma_{max}$ (Hoek 2000) | $\geq 0,74$: nachbrüchig |
| Rapporto di sollecitazione $\sigma_{cm,k}/\sigma_{max}$ | $\geq 0,74$: friabile |
| Einfluss des Bergwassers | vernachlässigbar |
| Influenza della falda | trascurabile |
| Quelldruck | keiner |
| Pressione di rigonfiamento | assente |
| Gebirgsverhalten | GVT 2: Oberflächliche Ablösungen und Ausbrüche entlang durchgängiger Trennflächen Ortsbrust stabil |
| Comportamento dell'ammasso roccioso | TCR 2: Distacchi superficiali e distacchi lungo discontinuità persistenti Fronte di scavo stabile |
| Radialdeformation | < 10 cm (Kennlinienverfahren) |
| Deformazione radiale | < 10 cm (Metodo delle curve caratteristiche) |
| Bemerkungen | Überlagerung: 990 - 1200 m |
| Note | Coperatura: 990 - 1200 m |

ANHANG 2 - KENNLINIENVERFAHREN

Nachfolgend werden die Kennlinien für die Gebirgsarten GA-BCA-A-10g und GA-BCA-GS-10g wiedergegeben, durch die folgendes bestimmt werden kann:

- Radialer Druck - Konvergenz.
- Konvergenz - Entfernung von Ortsbrust.
- Radialer Druck - Ausdehnung der plastischen Zone jenseits des Ausbruchsquerschnitts.
- Entfernung von Ortsbrust - Ausdehnung des plastischen Streifens jenseits des Abbauprofils
- Entfernung von Ortsbrust - fiktive Aushubkräfte

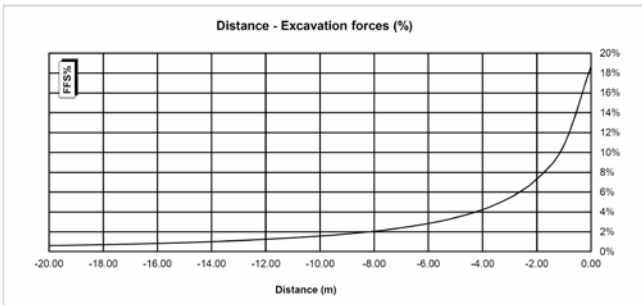
Die Kurve "Konvergenz - Entfernung zur Ortsbrust" wurde durch ein vereinfachtes, analytisches Verfahren ermittelt, das die Relationen von Nguyen, Minh et al. [19] anwendet.

APPENDICE 2 - CURVE CARATTERISTICHE

Di seguito sono riportate le curve caratteristiche per gli ammassi rocciosi GA-BCA-A-10g e GA-BCA-GS-10g, mediante le quali è stato possibile valutare:

- Pressione Radiale – Convergenza.
- Convergenza – Distanza dal Fronte.
- Pressione Radiale – Estensione della Fascia Plastica oltre il profilo di scavo.
- Distanza dal fronte – Estensione della Fascia Plastica oltre il profilo di scavo.
- Distanza dal Fronte – Forze Fittizie di Scavo

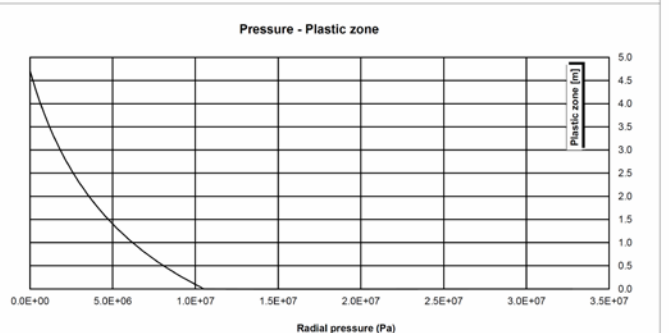
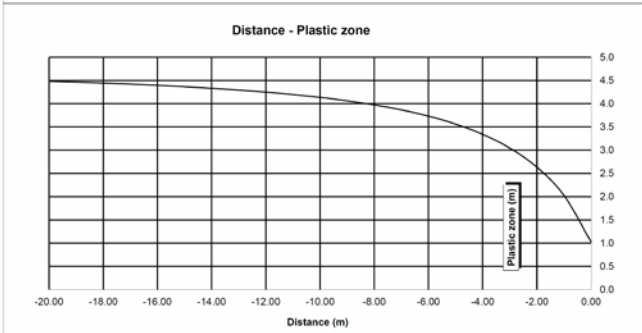
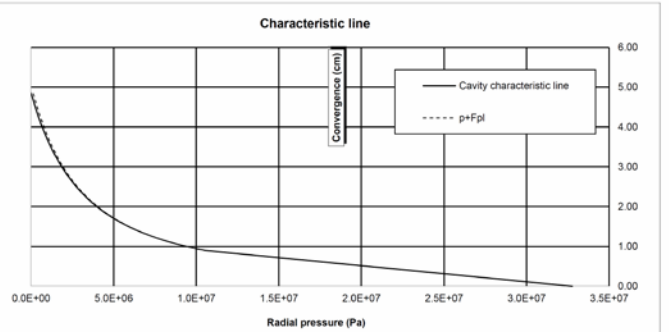
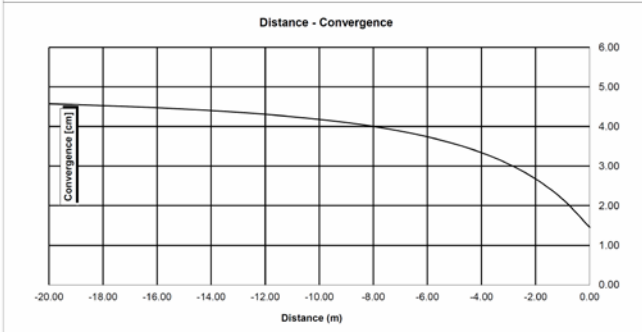
La curva "Convergenza – Distanza dal fronte" è stata ricavata attraverso un procedimento analitico semplificato che sfrutta le relazioni proposte da Nguyen, Minh et al. [19].

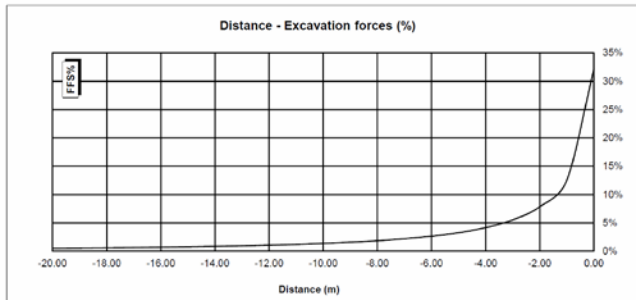


14_GA-BCA-GS-10g

| INPUT DATA | | RESULTS | |
|---------------------------------------|----------|---------------------------------------|-------|
| Weight [N/mc] | 27300 | At final equilibrium | |
| Overburden [m] | 1200 | Total convergence [cm] | 4.9 |
| Excavation radius [m] | 4.84 | Convergence after excavation [cm] | 3.4 |
| Peak internal friction angle [°] | 36.23 | Plastic zone thickness [m] | 4.7 |
| Post peak internal friction angle [°] | 28.85 | Equilibrium at excavation face | |
| Peak cohesion [Pa] | 3535000 | Convergence [cm] | 1.5 |
| Post peak cohesion [Pa] | 2274000 | 1 - (deconfinement ratio) [%] | 18.7% |
| Deformation modulus [Pa] | 1.55E+10 | | |
| Poisson's ratio [-] | 0.3 | | |
| Dilation angle [°] | 4.53 | | |

| | |
|--------------------------|----------|
| c(face) / Radius | 0.30 [%] |
| c(total) / Radius | 1.00 [%] |
| c(after excav.) / Radius | 0.70 [%] |
| Pl.thick. (face)/Radius | 21.2 [%] |
| Pl.thick. (total)/Radius | 97.4 [%] |

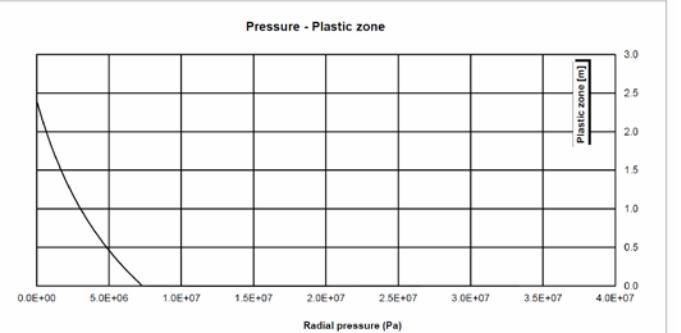
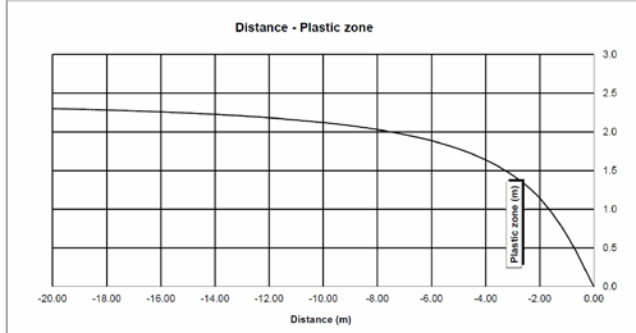
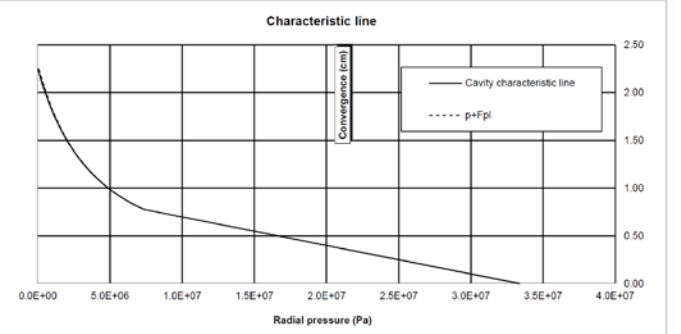
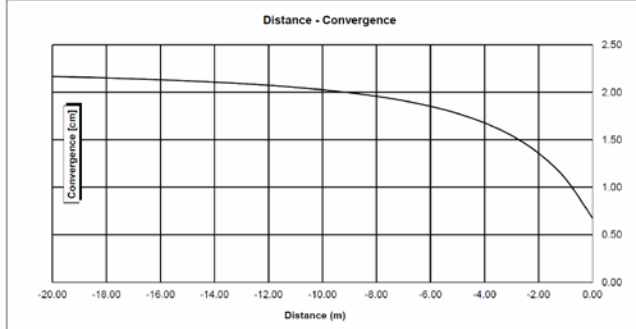




14_GA-BCA-A-10g

| INPUT DATA | | RESULTS | |
|---------------------------------------|----------|---------------------------------------|-------|
| Weight [N/mc] | 27800 | At final equilibrium | |
| Overburden [m] | 1200 | Total convergence [cm] | 2.3 |
| Excavation radius [m] | 4.84 | Convergence after excavation [cm] | 1.6 |
| | | Plastic zone thickness [m] | 2.4 |
| Peak internal friction angle [°] | 42.21 | Equilibrium at excavation face | |
| Post peak internal friction angle [°] | 33.15 | Convergence [cm] | 0.7 |
| Peak cohesion [Pa] | 4887000 | 1 - (deconfinement ratio) [%] | 32.2% |
| Post peak cohesion [Pa] | 2900000 | | |
| Deformation modulus [Pa] | 2.11E+10 | | |
| Poisson's ratio [-] | 0.3 | | |
| Dilation angle [°] | 6.86 | | |

| | |
|--------------------------|----------|
| c(face) / Radius | 0.14 [%] |
| c(total) / Radius | 0.47 [%] |
| c(after excav.) / Radius | 0.33 [%] |
| Pl.thick. (face)/Radius | 0.0 [%] |
| Pl.thick. (total)/Radius | 49.8 [%] |



ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE

Der Anhang 3 führt die Ergebnisse der Bruchkörperanalyse an, die mit dem Rechenprogramm UNWEDGE 3.0 erstellt wurden. Die Tabellen enthalten den minimalen Sicherheitsfaktor für jeweils drei Trennflächen, die die einzelnen Homogenbereiche kennzeichnen. Die Grafiken führen hingegen nur die jeweils drei ungünstigsten Trennflächen an.

APPENDICE 3 - ANALISI DEI BLOCCHI

L'appendice 3 riporta i risultati delle analisi a blocchi condotte con il programma di calcolo UNWEDGE 3.0. Nelle tabelle è riportato il fattore di sicurezza minimo per ciascuna terna di discontinuità caratterizzanti le singole tratte omogenee mentre in forma grafica sono riportati solo i risultati della terna di discontinuità più gravosa.

Rock mass

BCA-A-10g; BCA-GS-10g;

Area L1 - advance per round: 4.5 m (counted with 5.0 m)

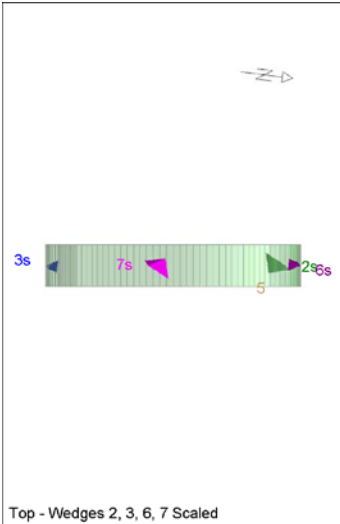
| | | Joint Orientattions | | Joint Properties | | |
|----|-------|---------------------|---------------|------------------|-----------|-------|
| | | Dip | Dip Direction | persistence | φ | c |
| | | [°] | [°] | [m] | [°] | [kPa] |
| J1 | SC | 45 | 345 | 3 | 20 | 0 |
| J2 | RTF1 | 80 | 160 | 1 | 20 | 0 |
| J3 | RTF2w | 75 | 255 | 1 | 20 | 0 |
| J4 | RTF3 | 85 | 300 | 1 | 20 | 0 |
| J5 | RTF6 | 80 | 20 | 3 | 20 | 0 |

Necessary anchorage pattern:

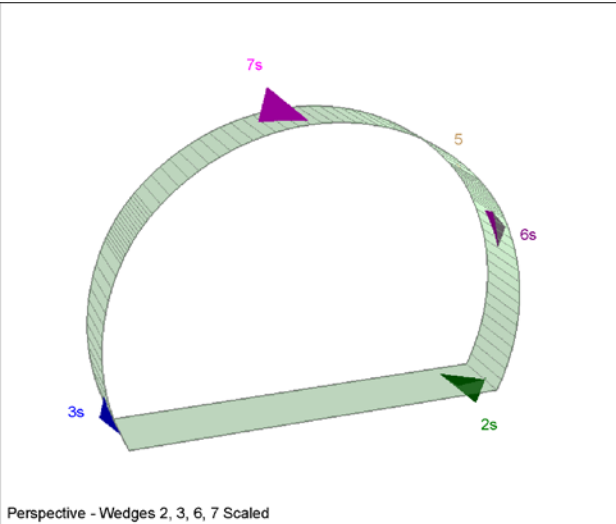
| | | | |
|----------------|----------|-----|----|
| 1.8 | x | 1.5 | m |
| L | = | 3.0 | m |
| Swelllex Pm 16 | N_{yd} | 122 | kN |

| | |
|----|---|
| X1 | Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN |
| X2 | Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN |
| S | Safety reached |
| N | Negligible small |

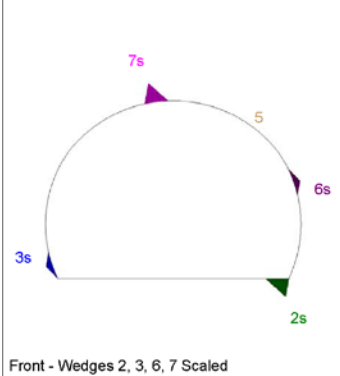
| Combination | Joint A | Joint B | Joint C | Factor of Safety [-] | Wedge Weight [MN] | Wedge Volume [m ³] | Comment |
|-------------|---------|---------|---------|----------------------|-------------------|--------------------------------|---------|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0.008 | X1 |
| 2 | 1 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0.006 | X1 |
| 3 | 1 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0.006 | X1 |
| 4 | 1 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0.001 | X1 |
| 5 | 1 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0.013 | X1 |
| 6 | 3 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 | N |
| 7 | 2 | 4 | 5 | 0 | 0.001 | 0.035 | X1 |
| 8 | 2 | 3 | 4 | 0.032 | 0 | 0 | N |
| 9 | 1 | 3 | 4 | 0.032 | 0.001 | 0.052 | X1 |
| 10 | 2 | 3 | 5 | 0.064 | 0 | 0 | N |



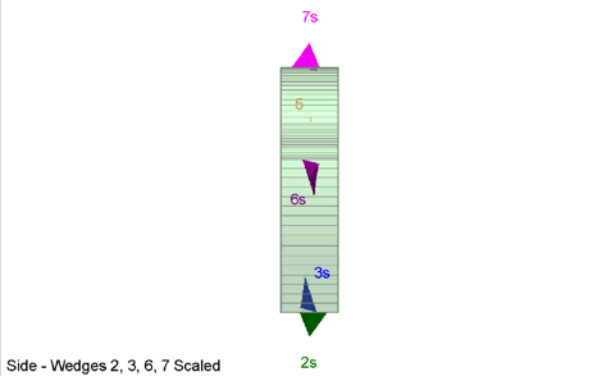
Top - Wedges 2, 3, 6, 7 Scaled



Perspective - Wedges 2, 3, 6, 7 Scaled



Front - Wedges 2, 3, 6, 7 Scaled



Side - Wedges 2, 3, 6, 7 Scaled

Wedge Information

Lower Right wedge [2]

Factor of Safety: stable
 Wedge Volume: 0.047 m3
 Wedge Weight: 0.001 MN
 Wedge z-Length: 0.68 m
 Excavation Face Area: 0.24 m2
 Apex Height: 0.60 m

Lower Left wedge [3]

Factor of Safety: 0.364
 Wedge Volume: 0.012 m3
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Wedge z-Length: 0.40 m
 Excavation Face Area: 0.17 m2
 Apex Height: 0.22 m

Upper Right wedge [5]

Factor of Safety: 0.098
 Wedge Volume: 0.000 m3
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Wedge z-Length: 0.04 m
 Excavation Face Area: 0.00 m2
 Apex Height: 0.00 m

Upper Right wedge [6]

Factor of Safety: 0.220
 Wedge Volume: 0.012 m3
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Wedge z-Length: 0.41 m
 Excavation Face Area: 0.17 m2
 Apex Height: 0.21 m

Roof wedge [7]

Factor of Safety: 0.032
 Wedge Volume: 0.052 m3
 Wedge Weight: 0.001 MN
 Wedge z-Length: 0.68 m
 Excavation Face Area: 0.24 m2
 Apex Height: 0.66 m

Rock mass
BCA-A-10g; BCA-GS-10g;

Area L2

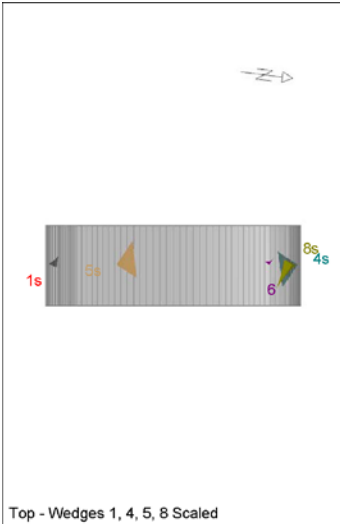
| | | Joint Orientattions | | Joint Properties | | |
|----|-------|---------------------|---------------|------------------|--------|-------|
| | | Dip | Dip Direction | persistence | ϕ | c |
| | | [°] | [°] | [m] | [°] | [kPa] |
| J1 | SC | 45 | 345 | 3 | 20 | 0 |
| J2 | RTF1 | 80 | 160 | 1 | 20 | 0 |
| J3 | RTF2w | 75 | 255 | 1 | 20 | 0 |
| J4 | RTF3 | 85 | 300 | 1 | 20 | 0 |
| J5 | RTF6 | 80 | 20 | 3 | 20 | 0 |

Necessary anchorage pattern:

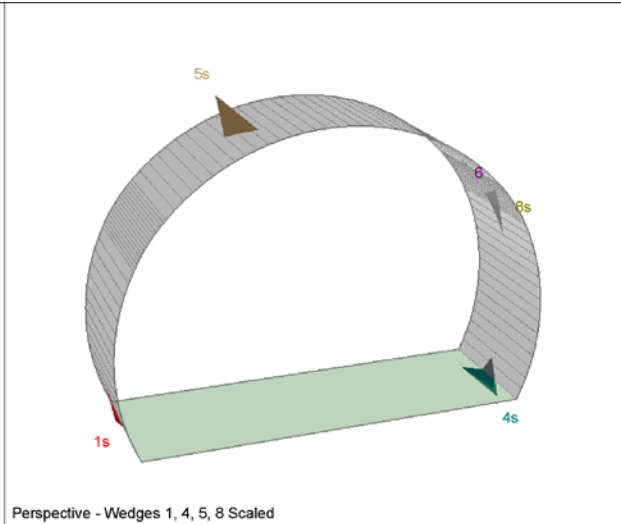
1.8 x 1.5 m
L = 3.0 m
Swellex Pm 16 N_{vd} 122 kN
Shotcrete lining 10 cm (Shear strength 0.91 MPa)

| | |
|----|---|
| X1 | Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN |
| X2 | Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN |
| S | Safety reached |
| N | Negligible small |

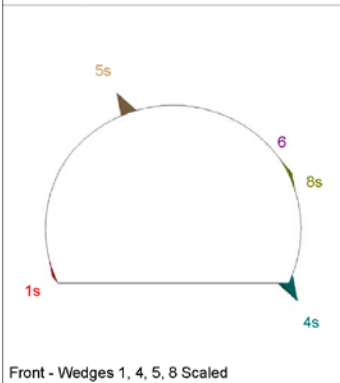
| Combination | Joint A | Joint B | Joint C | Factor of Safety [-] | Wedge Weight [MN] | Wedge Volume [m ³] | Comment | Apex Height [m] |
|-------------|---------|---------|---------|----------------------|-------------------|--------------------------------|---------|-----------------|
| 1 | 1 | 4 | 5 | 93.836 | 0.002 | 0.081 | S | 0.78 |
| 2 | 1 | 3 | 4 | 108.637 | 0.001 | 0.052 | S | 0.66 |
| 3 | 2 | 4 | 5 | 118.329 | 0.001 | 0.035 | S | 0.86 |
| 4 | 1 | 2 | 5 | 129.919 | 0.001 | 0.028 | S | 0.22 |
| 5 | 1 | 3 | 5 | 134.847 | 0.001 | 0.034 | S | 0.87 |
| 6 | 3 | 4 | 5 | 146.871 | 0.001 | 0.023 | S | 0.92 |
| 7 | 1 | 2 | 3 | 154.071 | 0.001 | 0.022 | S | 0.18 |
| 8 | 2 | 3 | 5 | 161.888 | 0.001 | 0.054 | S | 0.89 |
| 9 | 1 | 2 | 4 | 197.901 | 0 | 0.015 | S | 0.18 |
| 10 | 2 | 3 | 4 | 1173.708 | 0 | 0 | N | 0.95 |



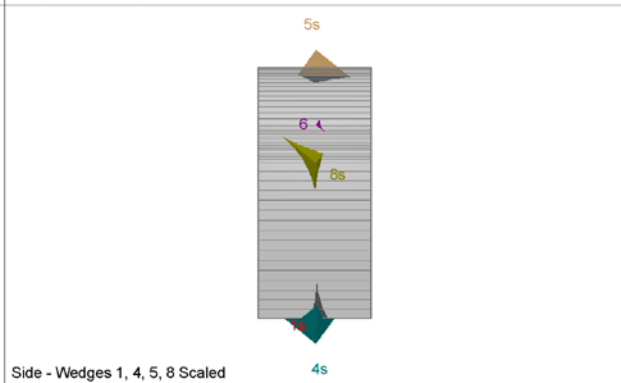
Top - Wedges 1, 4, 5, 8 Scaled



Perspective - Wedges 1, 4, 5, 8 Scaled



Front - Wedges 1, 4, 5, 8 Scaled



Side - Wedges 1, 4, 5, 8 Scaled

Wedge Information

Lower Left wedge [1]

Factor of Safety: 613.266
 Wedge Volume: 0.003 m3
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Wedge z-Length: 0.38 m
 Excavation Face Area: 0.13 m2
 Apex Height: 0.08 m

Lower Right wedge [4]

Factor of Safety: stable
 Wedge Volume: 0.065 m3
 Wedge Weight: 0.002 MN
 Wedge z-Length: 1.19 m
 Excavation Face Area: 0.34 m2
 Apex Height: 0.67 m

Roof wedge [5]

Factor of Safety: 93.836
 Wedge Volume: 0.081 m3
 Wedge Weight: 0.002 MN
 Wedge z-Length: 1.24 m
 Excavation Face Area: 0.31 m2
 Apex Height: 0.78 m

Upper Right wedge [6]

Factor of Safety: 1494.718
 Wedge Volume: 0.000 m3
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Wedge z-Length: 0.28 m
 Excavation Face Area: 0.02 m2
 Apex Height: 0.01 m

Upper Right wedge [8]

Factor of Safety: 142.536
 Wedge Volume: 0.013 m3
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Wedge z-Length: 1.04 m
 Excavation Face Area: 0.35 m2
 Apex Height: 0.12 m

Rock mass
 BCA-A-10g; BCA-GS-10g;

Area tunnel face

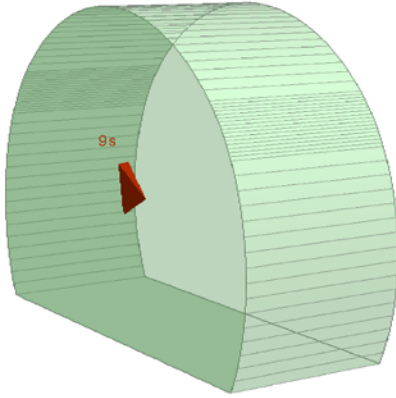
| | | Joint Orientattions | | Joint Properties | | | |
|----|-------|---------------------|---------------|------------------|-----------|-------|-------------|
| | | Dip | Dip Direction | persistence | φ | c | φ_d |
| | | [°] | [°] | [m] | [°] | [kPa] | [°] |
| J1 | SC | 45 | 345 | 3 | 20 | 0 | 16.23 |
| J2 | RTF1 | 80 | 160 | 1 | 20 | 0 | 16.23 |
| J3 | RTF2w | 75 | 255 | 1 | 20 | 0 | 16.23 |
| J4 | RTF3 | 85 | 300 | 1 | 20 | 0 | 16.23 |
| J5 | RTF6 | 80 | 20 | 3 | 20 | 0 | 16.23 |

Shotcrete lining 5 cm (Shear strength 0.91 MPa)

| | |
|----|---|
| X1 | Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN |
| X2 | Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN |
| S | Safety reached |
| N | Negligible small |

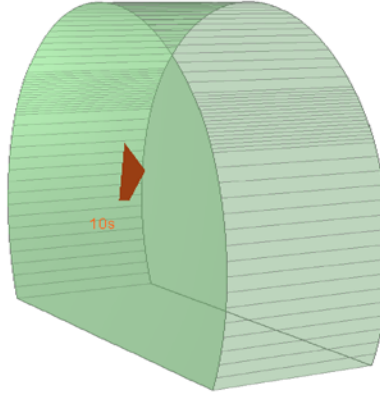
| Combination | Joint A | Joint B | Joint C | Factor of Safety [-] | Wedge Weight [MN] | Wedge Volume [m ³] | Comment |
|-------------|---------|---------|---------|----------------------|-------------------|--------------------------------|---------|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 62.032 | 0.001 | 0.025 | S |
| 2 | 1 | 3 | 4 | 77.328 | 0 | 0.018 | S |
| 3 | 1 | 3 | 5 | 109.397 | 0 | 0.012 | S |
| 4 | 2 | 3 | 5 | 138.349 | 0 | 0.008 | S |
| 5 | 1 | 2 | 5 | 145.264 | 0.001 | 0.031 | S |
| 6 | 1 | 2 | 4 | 260.65 | 0 | 0.008 | S |
| 7 | 3 | 4 | 5 | 543.1 | 0 | 0 | N |
| 8 | 1 | 4 | 5 | 544.425 | 0 | 0 | N |
| 9 | 2 | 3 | 4 | 565.618 | 0 | 0 | N |
| 10 | 2 | 4 | 5 | 604.466 | 0 | 0 | N |

Near End wedge [9] Scaled
FS: 62.032



Volume: 0.025 m3, Weight: 0.001 MN, z-Length: 0.00 m, Excavation

Far End wedge [10] Scaled
FS: 1609.864



Volume: 0.025 m3, Weight: 0.001 MN, z-Length: 0.00 m, Excavation

Wedge Information

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 62.032
Wedge Volume: 0.025 m3
Wedge Weight: 0.001 MN
Wedge z-Length: 0.00 m
Excavation Face Area: 0.33 m2
Apex Height: 0.23 m

Far End wedge [10]

Factor of Safety: 1609.864
Wedge Volume: 0.025 m3
Wedge Weight: 0.001 MN
Wedge z-Length: 0.00 m
Excavation Face Area: 0.33 m2
Apex Height: 0.23 m

ANHANG 4 - FEM- ANALYSEN FÜR DIE AUßENSCHALE

Diese Anlage führt die wichtigsten Outputs der FEM-Analysen des Schnitts CT T3 an, die mit dem Rechenprogramm MIDAS GTS durchgeführt wurden.

APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

Nella presente appendice sono riportati i principali output delle analisi agli elementi finiti della sezione CT3 T3 effettuate con il programma di calcolo MIDAS GTS.

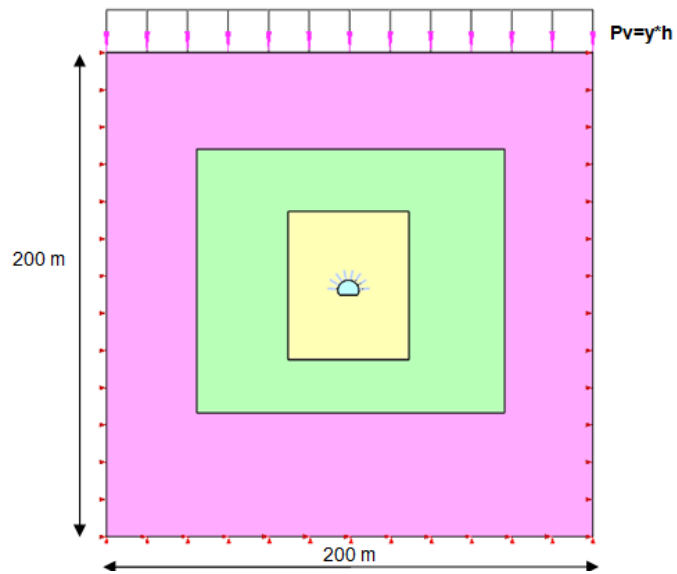


Abbildung 1: Finite Elementen Modell

Illustrazione 1: Modello numerico

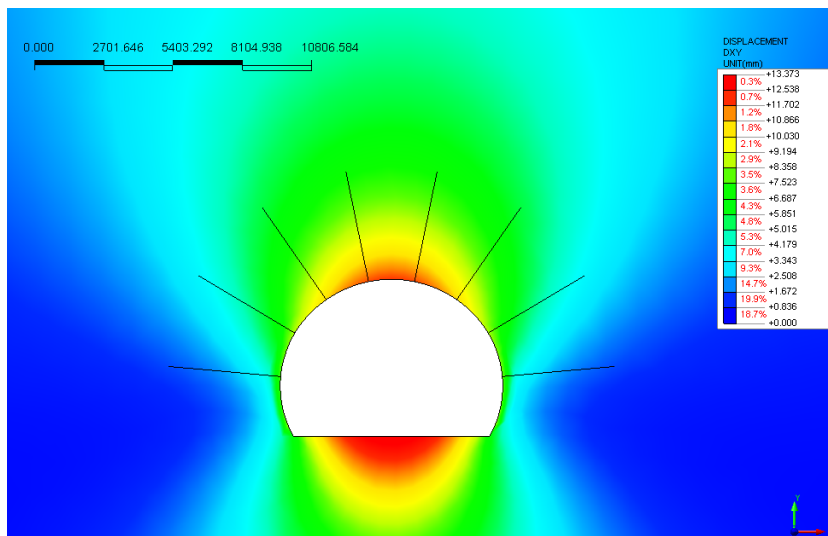


Abbildung 2: Verschiebungen xy [mm] an der Ortsbrust

Illustrazione 2: Spostamenti xy [mm] al fronte

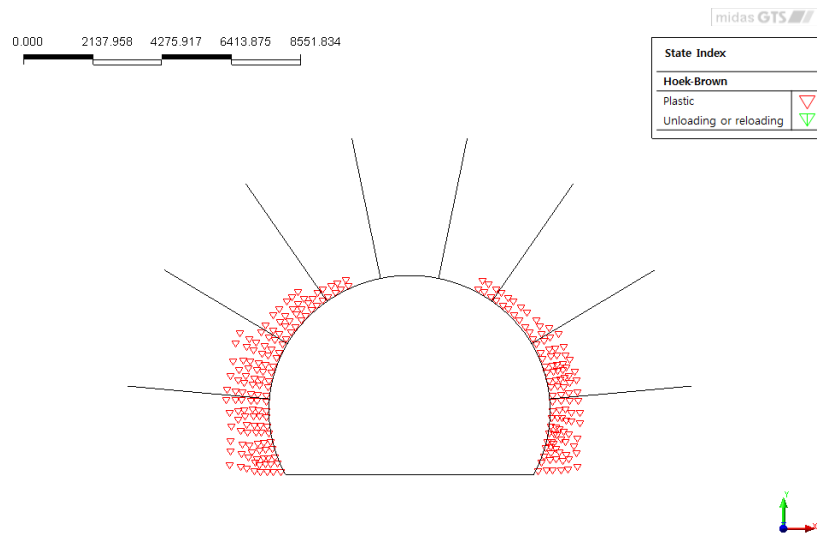


Abbildung 3: Plastische Zone an der Ortsbrust

Illustrazione 3: Plasticizzazione al fronte

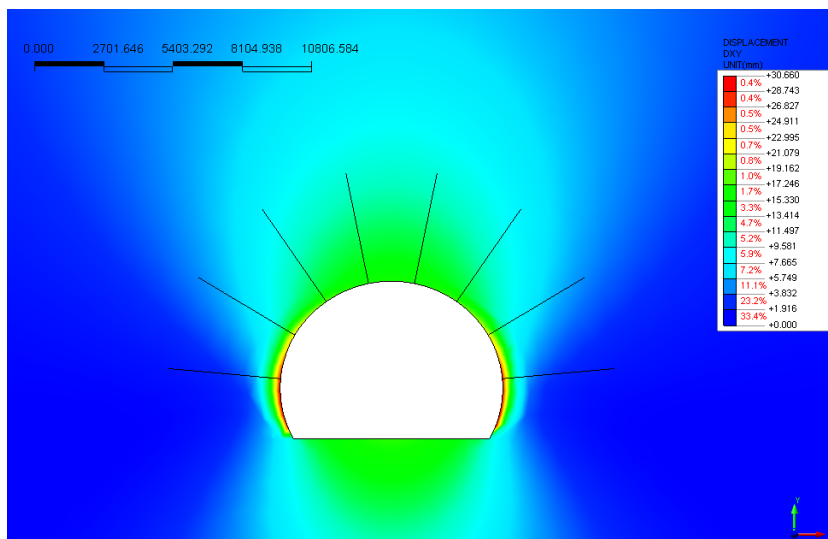


Abbildung 4: Verschiebungen xy [mm] 4.5m von der Ortsbrust entfernt

Illustrazione 4: Spostamenti xy [mm] a 4.5m dal fronte

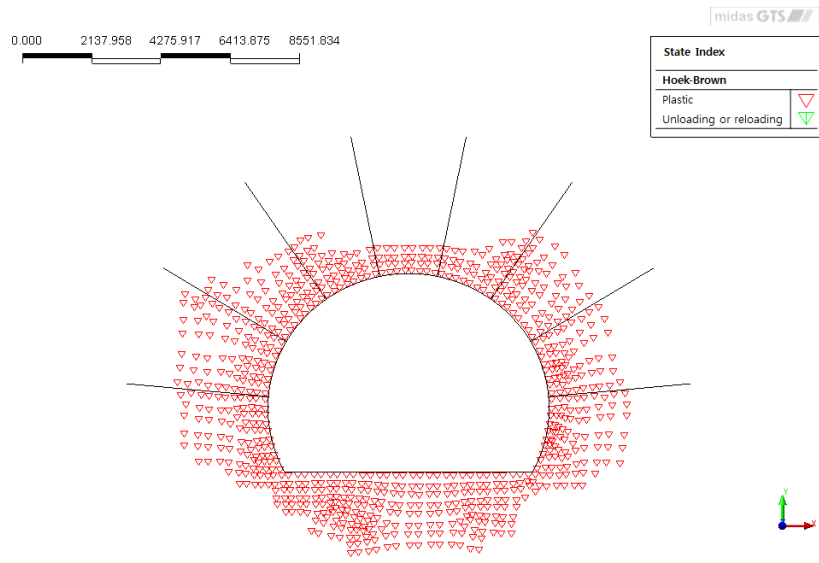


Abbildung 5: Plastische Zone 4.5m von der Ortsbrust entfernt

Illustrazione 5: Plasticizzazioni a 4.5m dal fronte

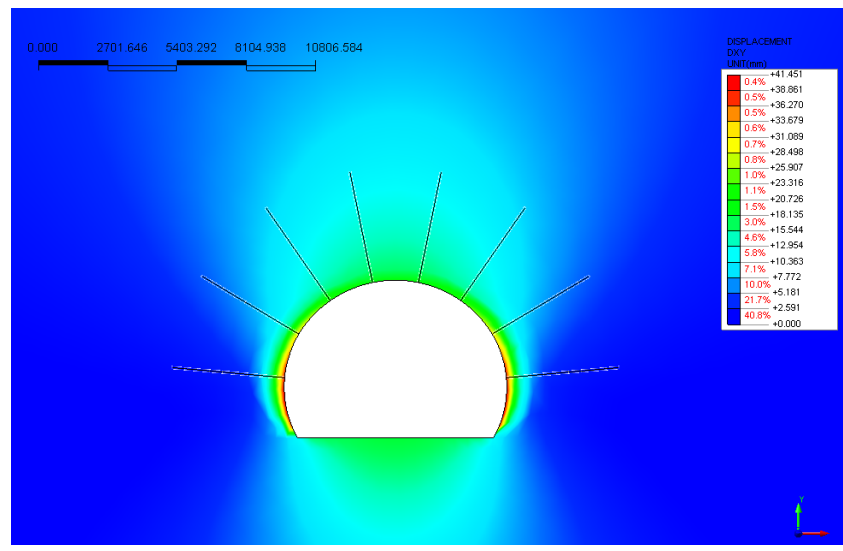


Abbildung 6: Verschiebungen xy [mm] Ende Ausbruch

Illustrazione 6: Spostamenti xy [mm] fine scavo

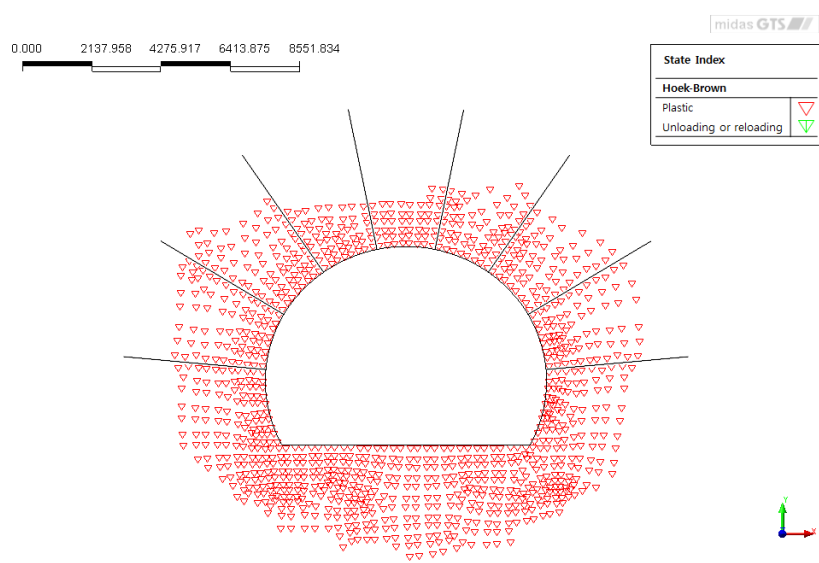


Abbildung 7: Plastische Zone Ende Ausbruch

Illustrazione 7: Plasticizzazioni fine scavo

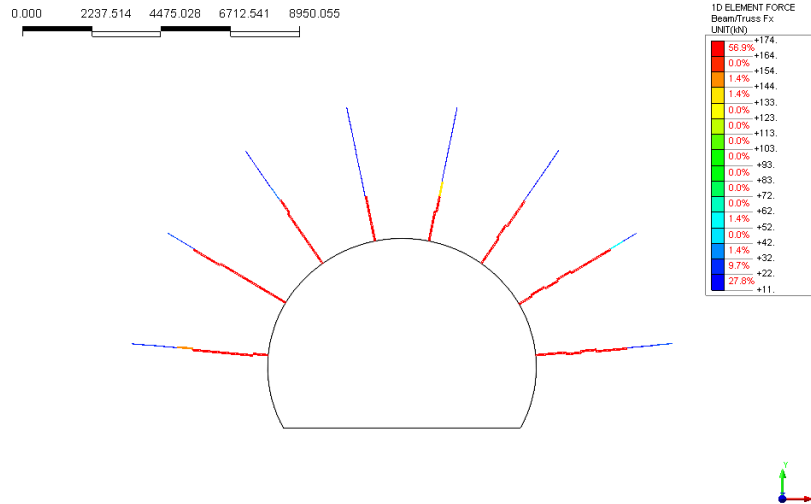


Abbildung 8: Normalkraft der Anker [kN]

Illustrazione 8: Azione assiale nei chiodi [kN]

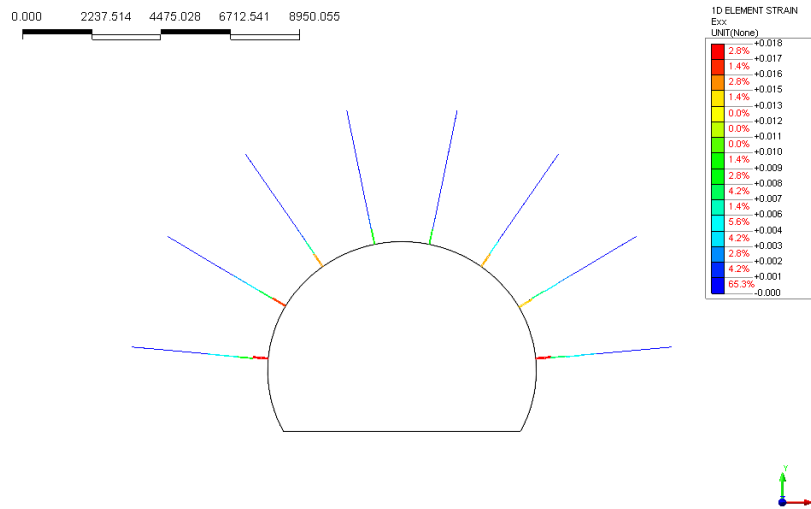


Abbildung 9: Axialverformung der Anker [-]

Illustrazione 9: Deformazione assiale nei chiodi [-]

ANHANG 5 - FEM-ANALYSEN DER INNENSCHALE

Die Anlage 5 führt die grafischen Darstellungen der wichtigsten Inputs- und Outputs der FEM-Analysen für den Innenausbau an, die mit dem Rechenprogramm MIDAS Gen. durchgeführt wurden, sowie die Nachweisverfahren GZT und GZG.

APPENDICE 5 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

L'appendice 5 contiene le rappresentazioni grafiche dei principali input e output dell'analisi del rivestimento definitivo condotte con il programma MIDAS Gen, oltre alle opportune verifiche sezionali allo SLU e SLE.

A.5.1. General parameters of structure

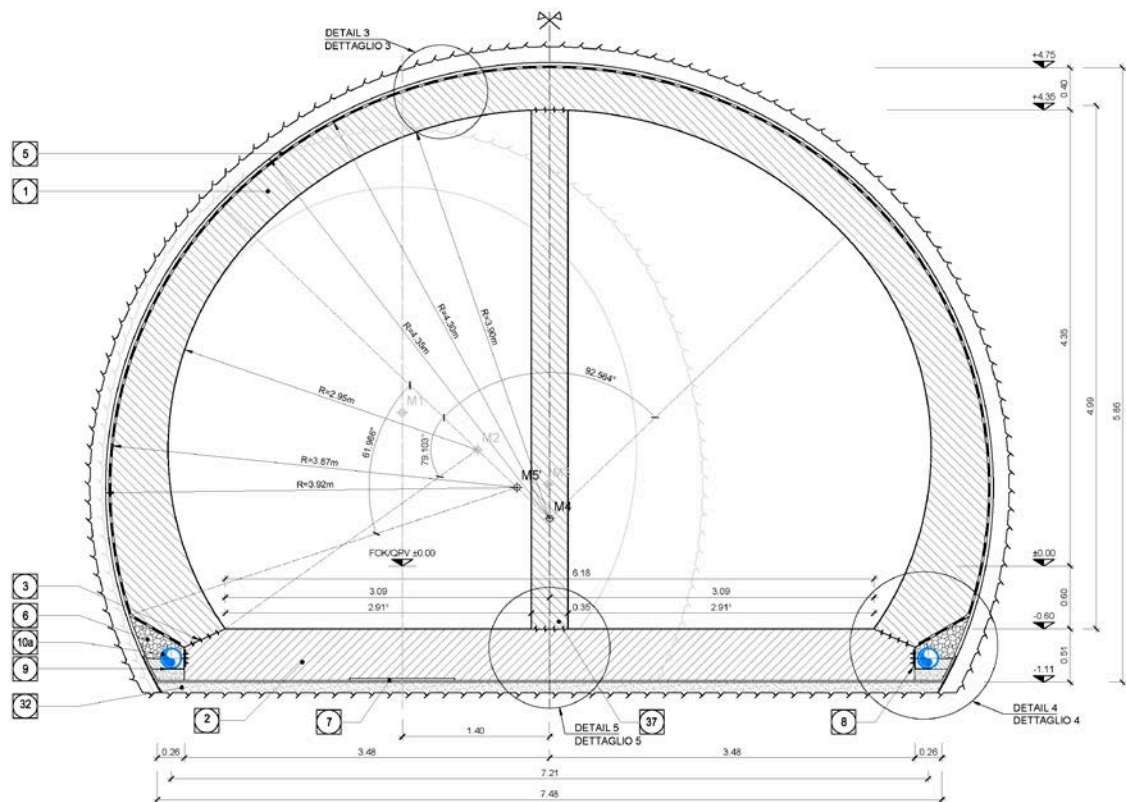


Figure 1 CT3 T2-T3 cross section

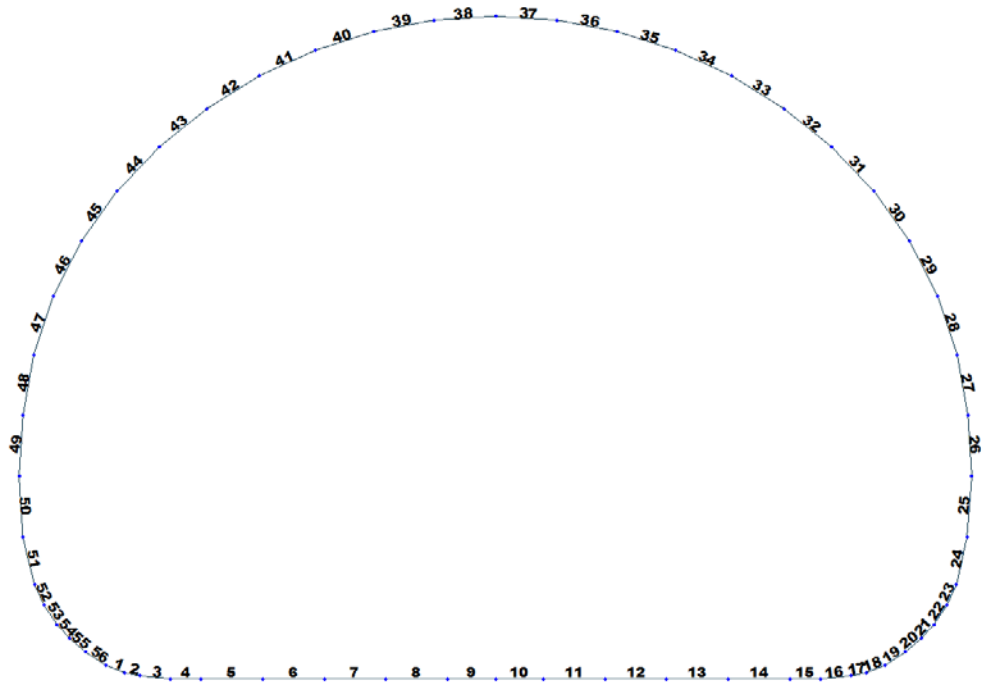


Figure 2 Elements number

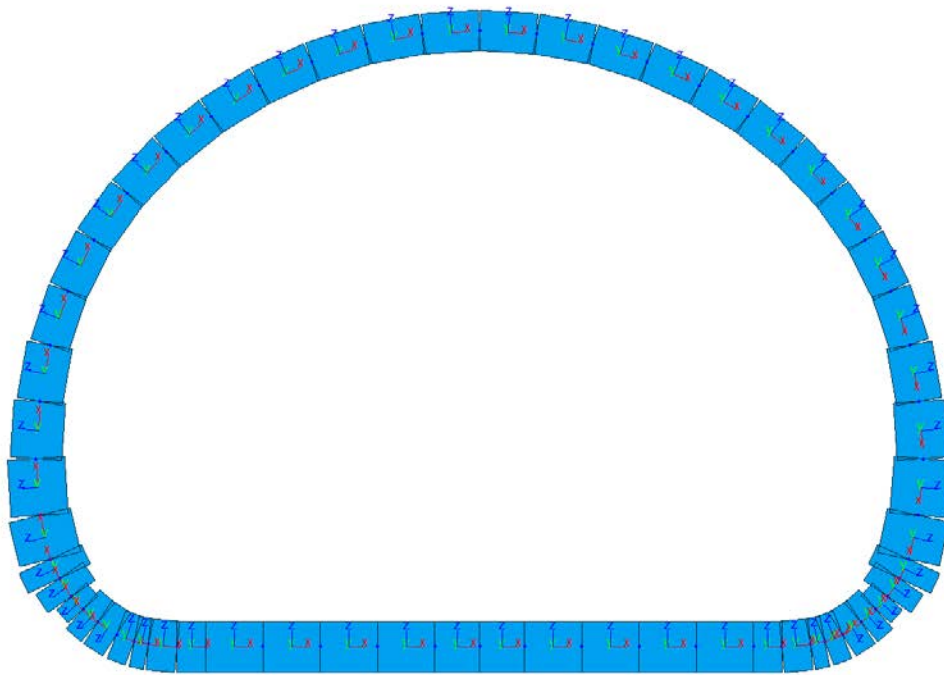


Figure 3 Elements local axis

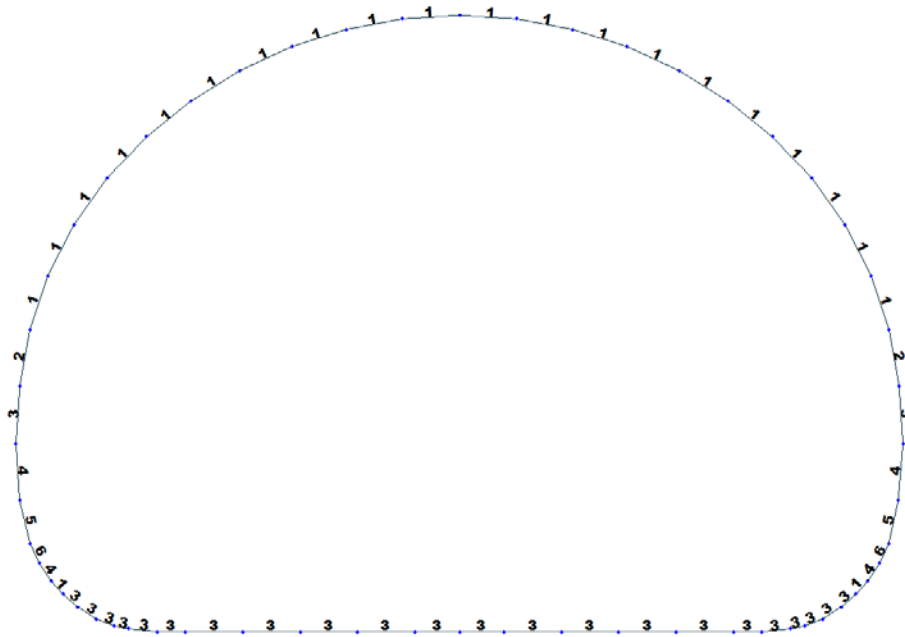


Figure 4 Element section property for T2 and T3 cross section (CT3 T2-T3)

Table 1 Section properties for T2 and T3 cross section (CT3 T2-T3)

| ID | Name | Area (m ²) | Asy (m ²) | Asz (m ²) | Ixx (m ⁴) | Iyy (m ⁴) | Izz (m ⁴) | Cyp (m) | Cym (m) | Czp (m) | Czm (m) |
|----|----------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 100 x 35 | 0.3500 | 0.2917 | 0.2917 | 0.0111 | 0.0036 | 0.0292 | 0.5000 | 0.5000 | 0.1750 | 0.1750 |
| 2 | 100 x 40 | 0.4000 | 0.3333 | 0.3333 | 0.0160 | 0.0053 | 0.0333 | 0.5000 | 0.5000 | 0.2000 | 0.2000 |
| 3 | 100 x 45 | 0.4500 | 0.3750 | 0.3750 | 0.0218 | 0.0076 | 0.0375 | 0.5000 | 0.5000 | 0.2250 | 0.2250 |
| 4 | 100 x 50 | 0.5000 | 0.4167 | 0.4167 | 0.0286 | 0.0104 | 0.0417 | 0.5000 | 0.5000 | 0.2500 | 0.2500 |
| 5 | 100 x 55 | 0.5500 | 0.4583 | 0.4583 | 0.0364 | 0.0139 | 0.0458 | 0.5000 | 0.5000 | 0.2750 | 0.2750 |
| 6 | 100 x 60 | 0.6000 | 0.5000 | 0.5000 | 0.0451 | 0.0180 | 0.0500 | 0.5000 | 0.5000 | 0.3000 | 0.3000 |

Table 2 Material parameters for T2 and T3 cross section (CT3 T2-T3)

| ID | Name | Type | Code | Elasticity (kN/m ²) | Poisson | Thermal (1/[F]) | Density (kN/m ³) | Mass Density (kN/m ³ /g) |
|----|--------|-------------|---------|---------------------------------|---------|-----------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | C30/37 | Concrete | NTC2008 | 3.30e+007 | 0.2 | 1e-005 | 2.50e+001 | 2.5493e+0 |
| 2 | B450C | Rebar steel | NTC2008 | 21.0e+007 | 0.2 | 0 | 7.85e+001 | 7.850 e+0 |

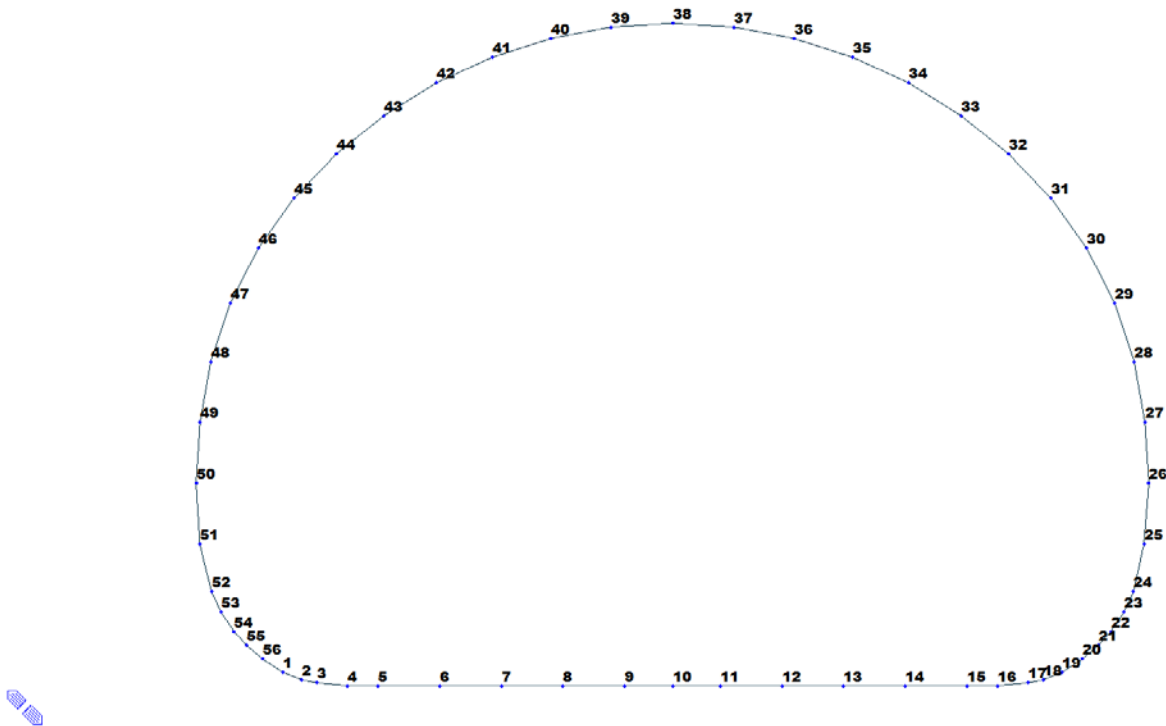


Figure 5 Node numbering

Table 3 Bounderies parameters

| Node | Type | SDx (kN/m) | SDz (kN/m) | Stiffness (kN/m) | Direction | Multi-Linear Type | cx (m) | cy (kN) | dx (m) | dy (kN) | ex (m) | ey (kN) |
|------|------------|------------|------------|------------------|-----------|-------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| 1 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | Linear | 30000.0 | 0.0 | 0.0 | Dx(+) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | Linear | 30000.0 | 0.0 | 0.0 | Dx(+) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | Linear | 30000.0 | 0.0 | 0.0 | Dx(+) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | Linear | 30000.0 | 0.0 | 0.0 | Dx(+) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | Linear | 30000.0 | 0.0 | 0.0 | Dx(+) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | Linear | 30000.0 | 0.0 | 0.0 | Dx(+) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | Linear | 30000.0 | 0.0 | 0.0 | Dx(+) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | Linear | 30000.0 | 0.0 | 0.0 | Dx(+) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | Linear | 30000.0 | 0.0 | 0.0 | Dx(+) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | Linear | 30000.0 | 0.0 | 0.0 | Dx(+) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | Linear | 30000.0 | 0.0 | 0.0 | Dx(+) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 12 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 12 | Linear | 30000.0 | 0.0 | 0.0 | Dx(+) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 13 | Comp.-only | 0.0 | 0.0 | 2939000.0 | Dz(-) | Unsymmetric | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

A.5.2. Load for T2 and T3 cross section (CT3 T2-T3)

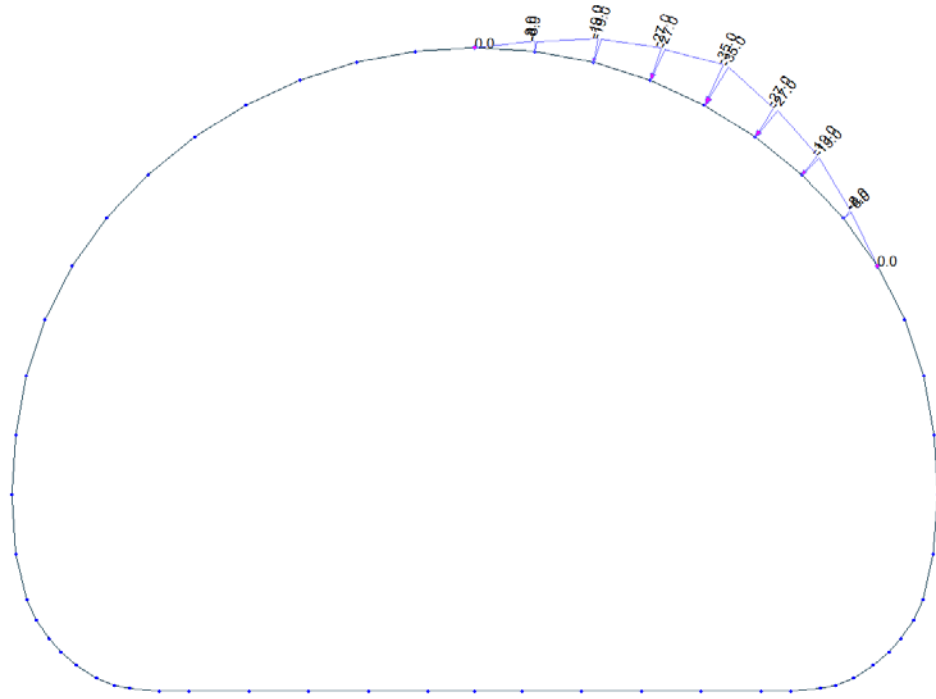


Figure 6 Load G5 – Block analysis

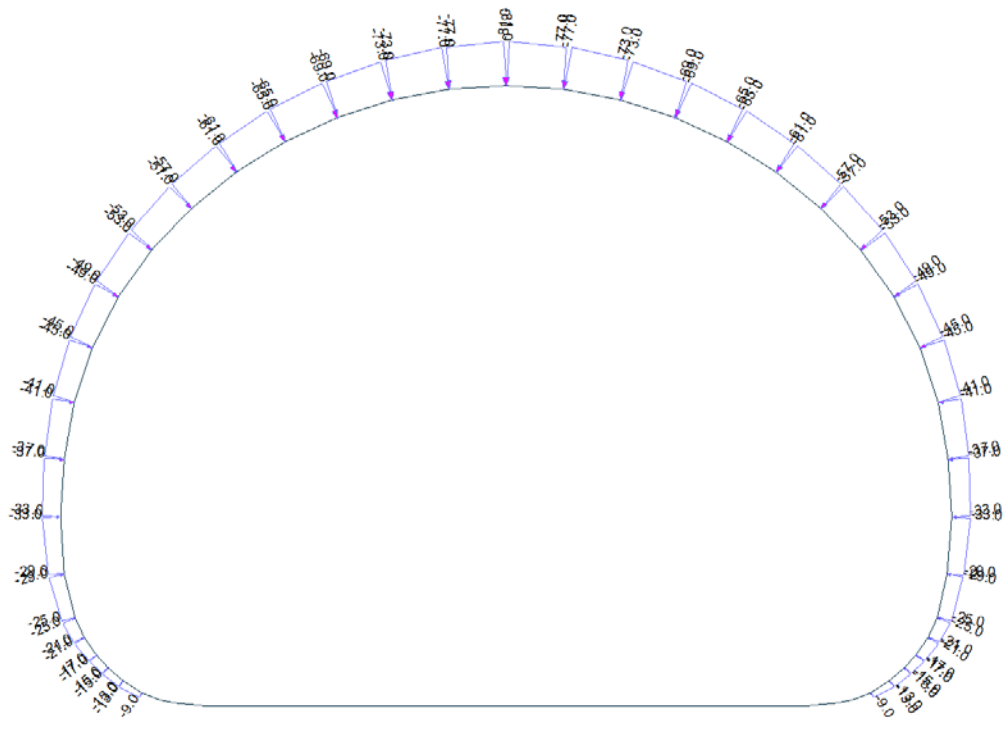


Figure 7 Load G5 – FEM analysis

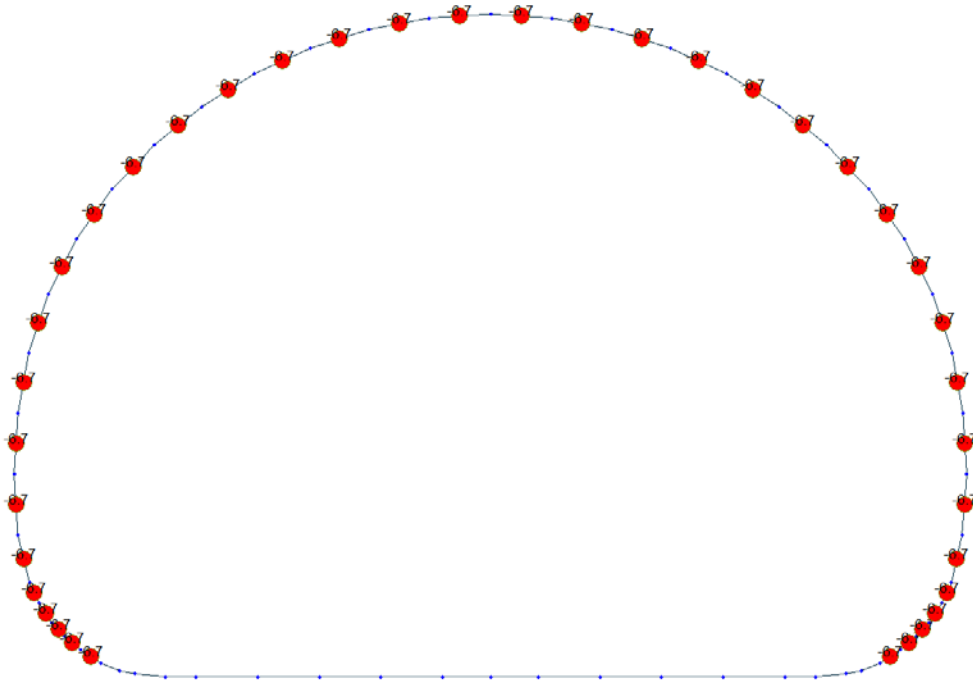


Figure 8 Load G6 SLU

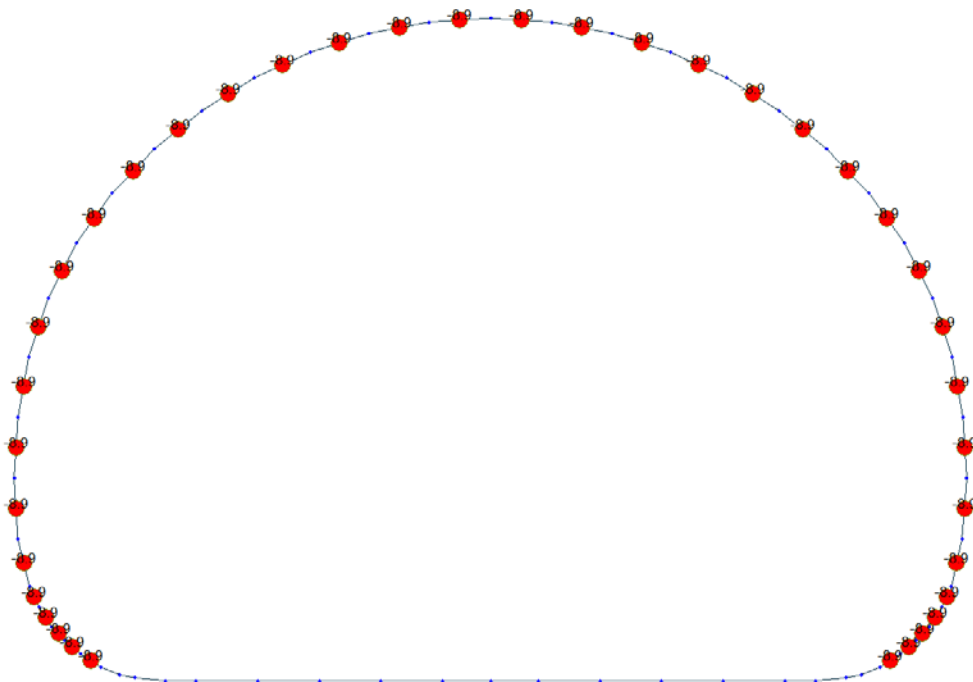


Figure 9 Load G6 SLE

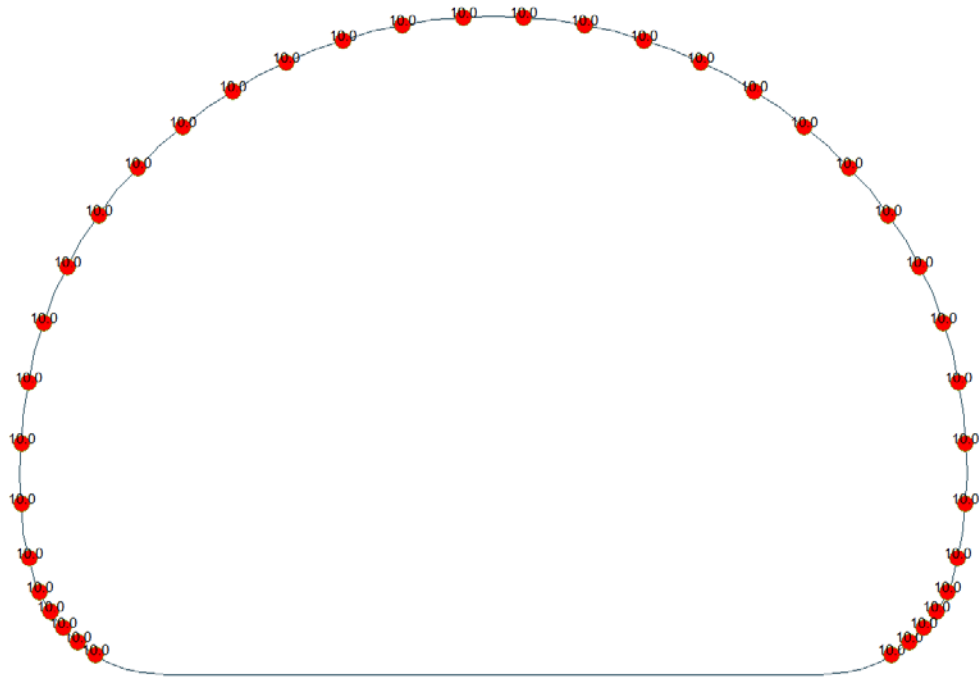


Figure 10 Load Q1 E (Costant temperature)

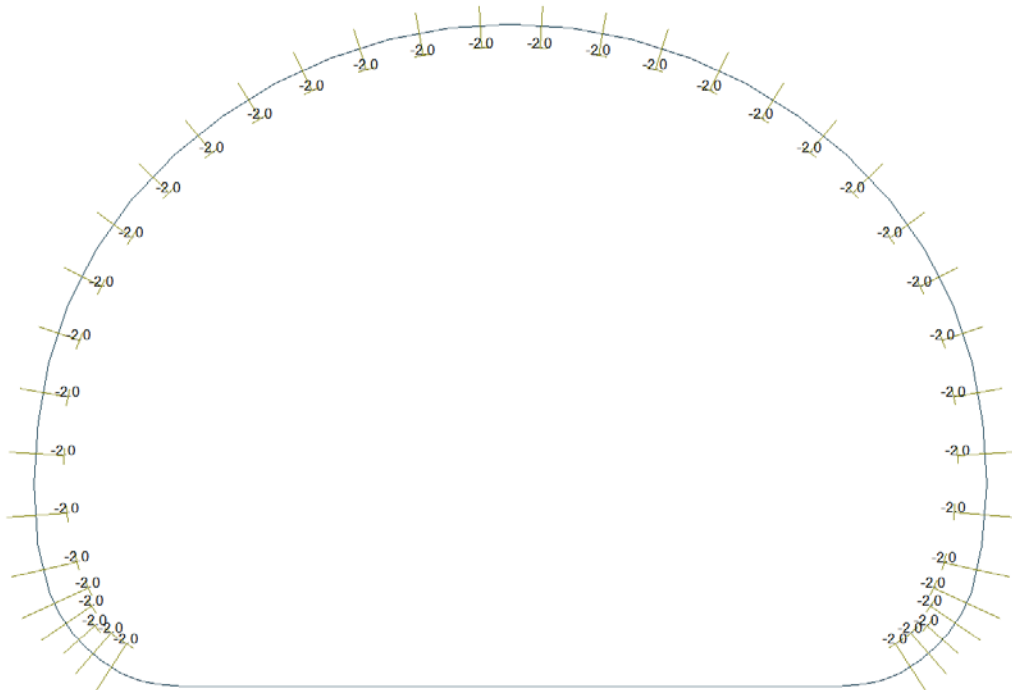


Figure 11 Load Q1 E (Temperature gradient)

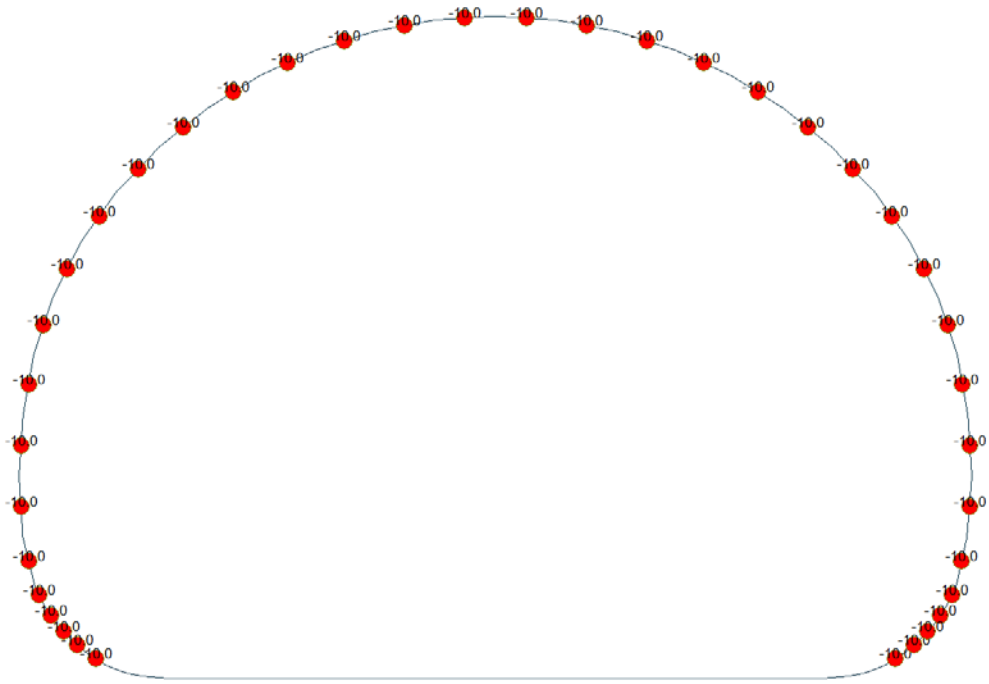


Figure 12 Load Q1 I (Costant temperature)

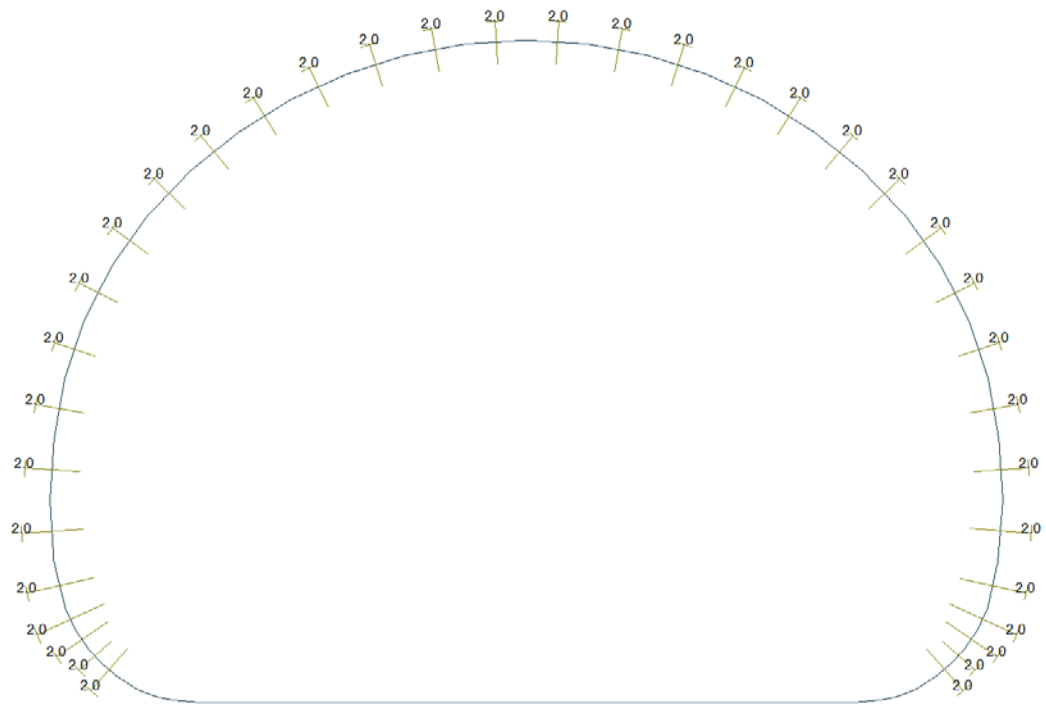


Figure 13 Load Q1 I (Temperature gradient)

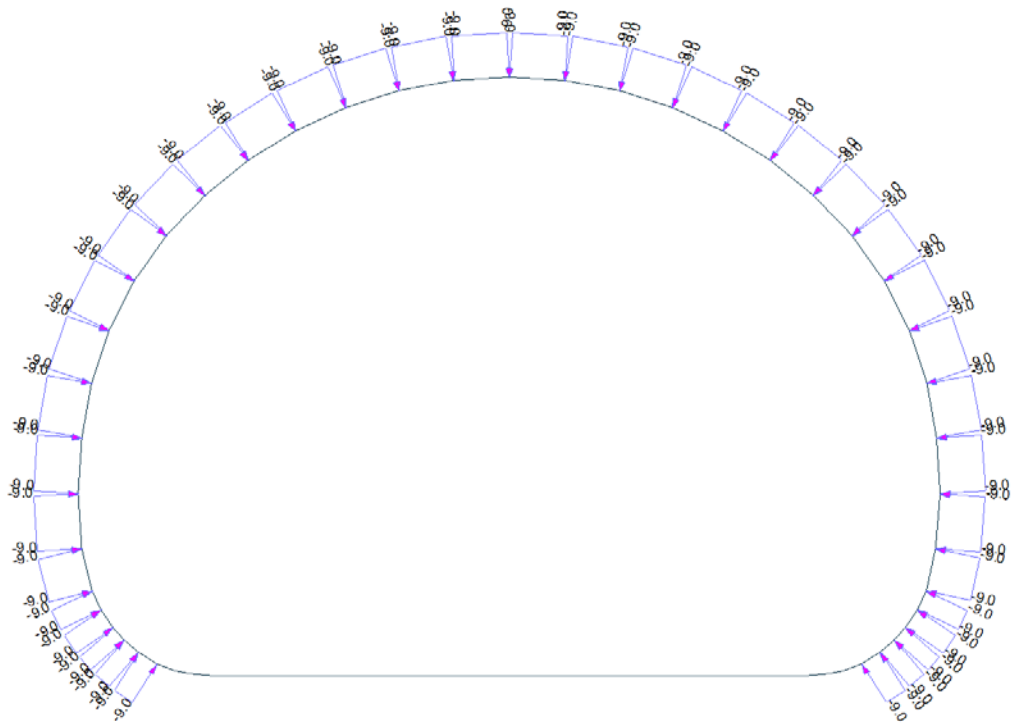


Figure 14 Load A1 aspiration

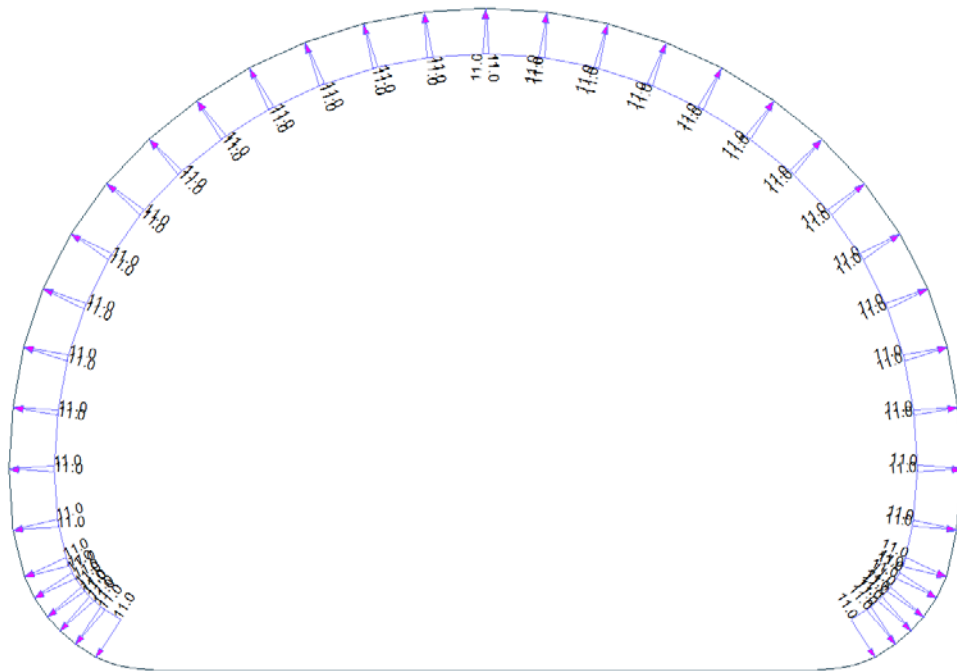


Figure 15 Load A1 pression

A.5.3. Load combinations

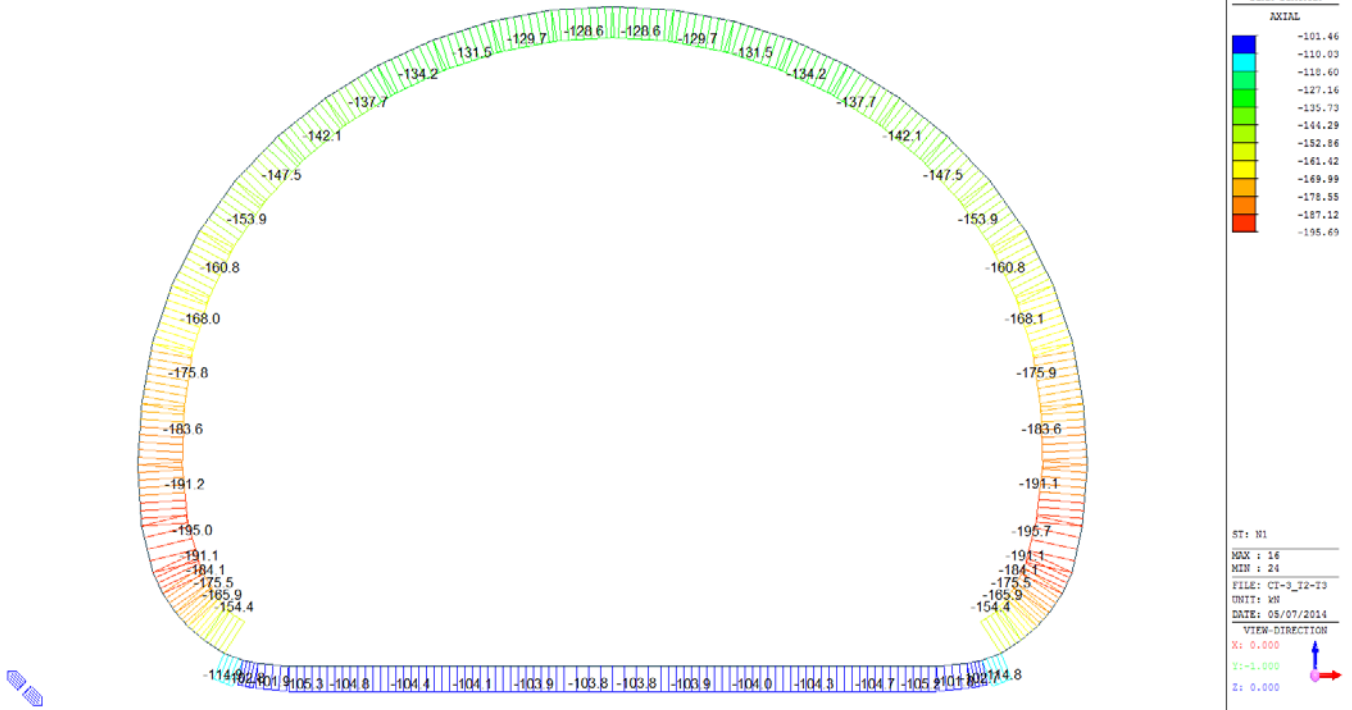
LIST OF LOAD COMBINATIONS

| NUM | NAME | ACTIVE LOADCASE(FACTOR) + | TYPE LOADCASE(FACTOR) + | LOADCASE(FACTOR) |
|-----|---------|--|---------------------------------------|------------------|
| 1 | 1 | Inactive G1(1.350) + | Add Q1 - E(1.500) | |
| 2 | 2 | Inactive G1(1.350) + | Add G6 - SLU(1.000) + | Q1 - I(1.500) |
| 3 | 5 | Inactive G1(1.350) + + Q1 - E(1.500) | Add G2(1.350) + | G5(1.350) |
| 4 | 6 | Inactive G1(1.350) + + G6 - SLU(1.000) + | Add G2(1.350) + Q1 - I(1.500) | G5(1.350) |
| 5 | 11 | Inactive G1(1.000) + + A1 - P(1.000) | Add G2(1.000) + | Q1 - E(0.600) |
| 6 | 12 | Inactive G1(1.000) + + Q1 - I(0.600) + | Add G2(1.000) + A1 - A(1.000) | G6 - SLU(1.000) |
| 7 | 21 | Inactive G1(1.000) + | Add G5(1.000) + | Q1 - E(0.600) |
| 8 | 22 | Inactive G1(1.000) + | Add G5(1.000) + | G6 - SLU(1.000) |
| 9 | SLE - 1 | Inactive G1(1.000) + | Add Q1 - E(1.000) | |
| 10 | SLE - 2 | Inactive G1(1.000) + | Add G6 - SLE(1.000) + | Q1 - I(1.000) |
| 11 | SLE - 5 | Inactive G1(1.000) + + Q1 - E(1.000) | Add G2(1.000) + | G5(1.000) |
| 12 | SLE - 6 | Inactive G1(1.000) + + G6 - SLE(1.000) + | Add G2(1.000) + Q1 - I(1.000) | G5(1.000) |

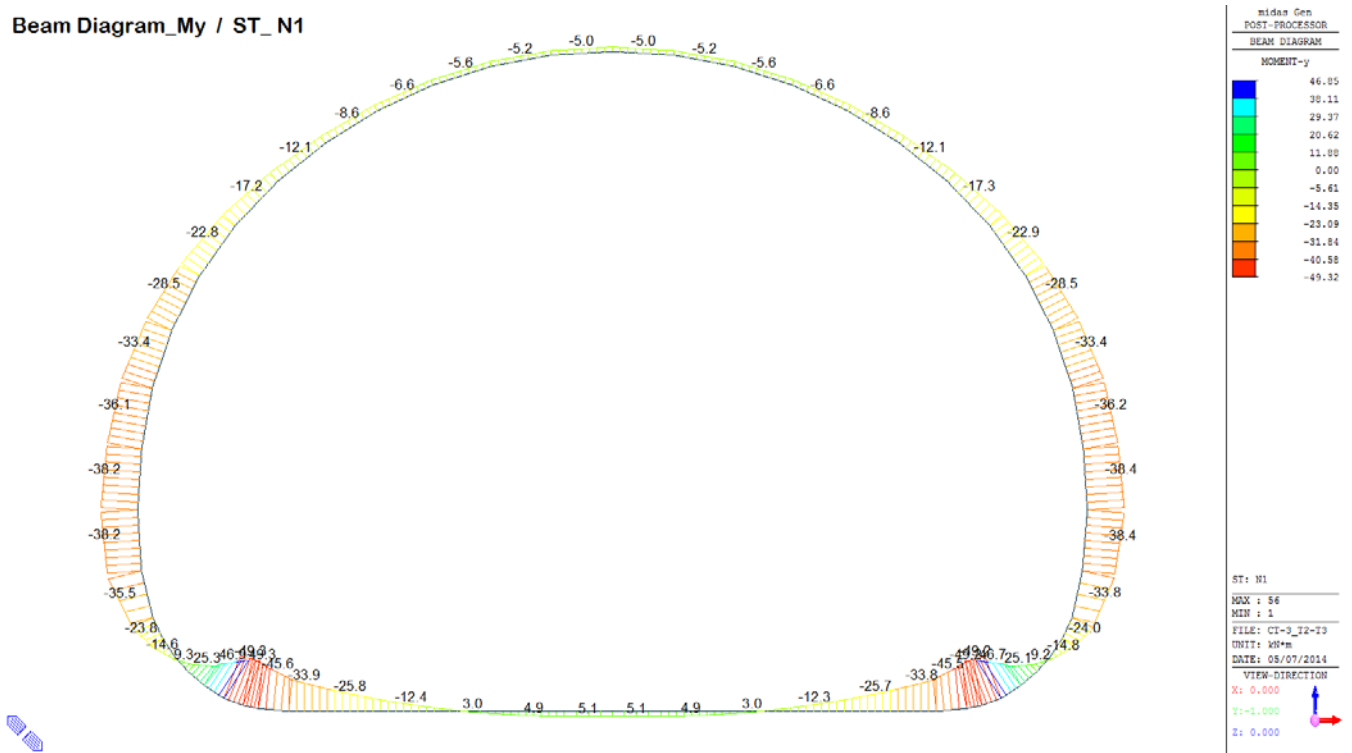
A.5.4. Output and check result for T2 and T3 cross section (CT3 T2-T3)

A.5.4.1. Load combination SLU 1

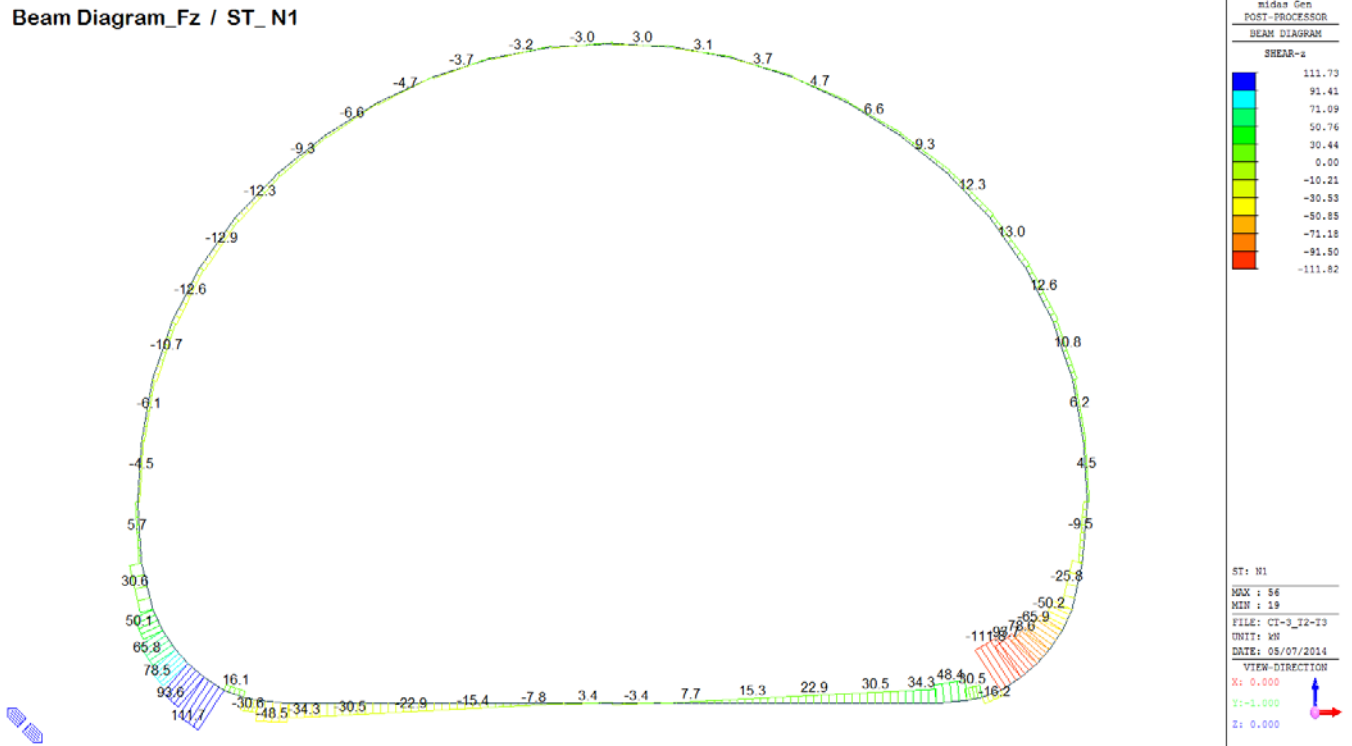
Beam Diagram_Fx / ST_N1



Beam Diagram_My / ST_N1

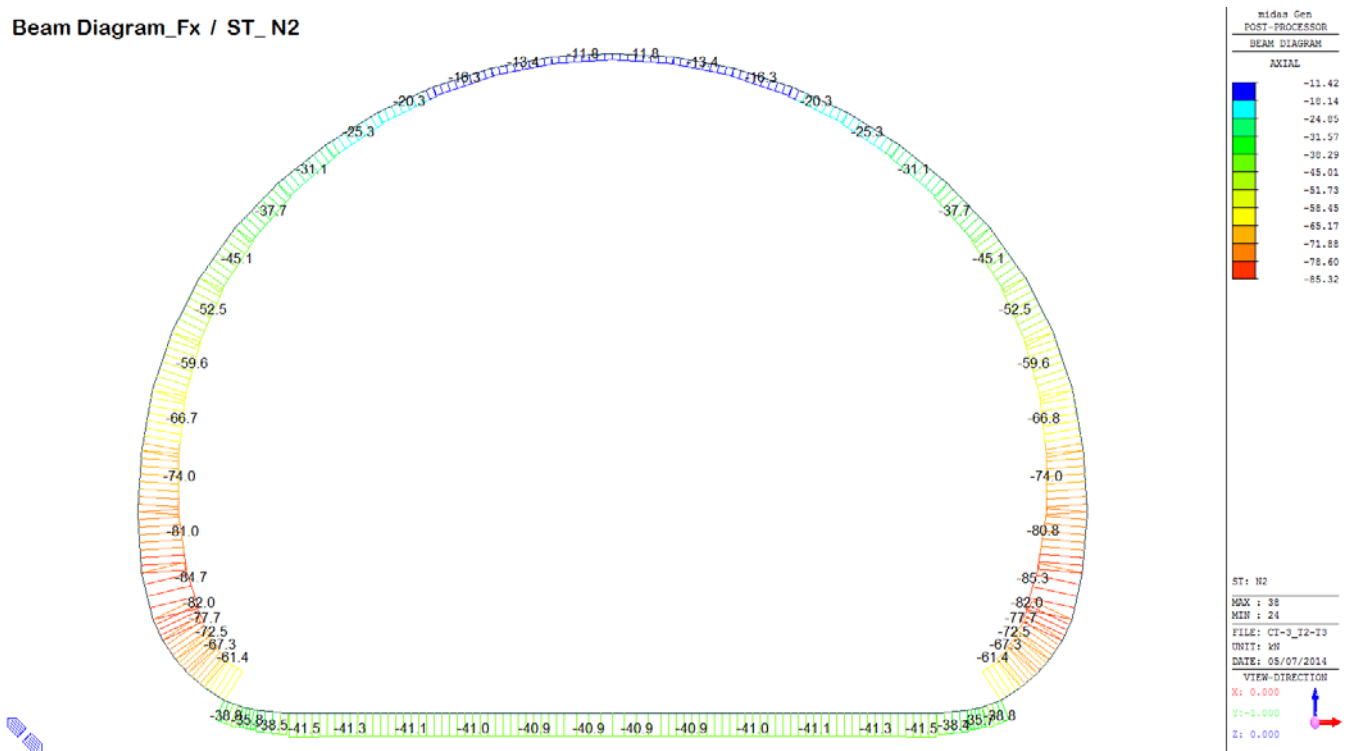


Beam Diagram_Fz / ST_N1

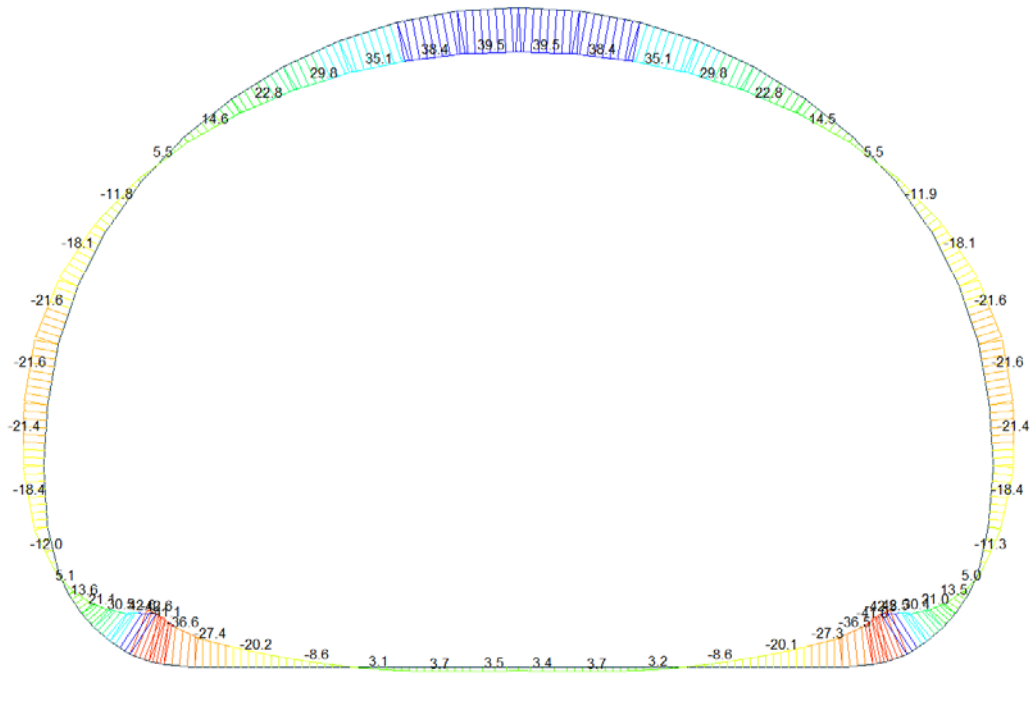


A.5.4.2. Load combination SLU 2

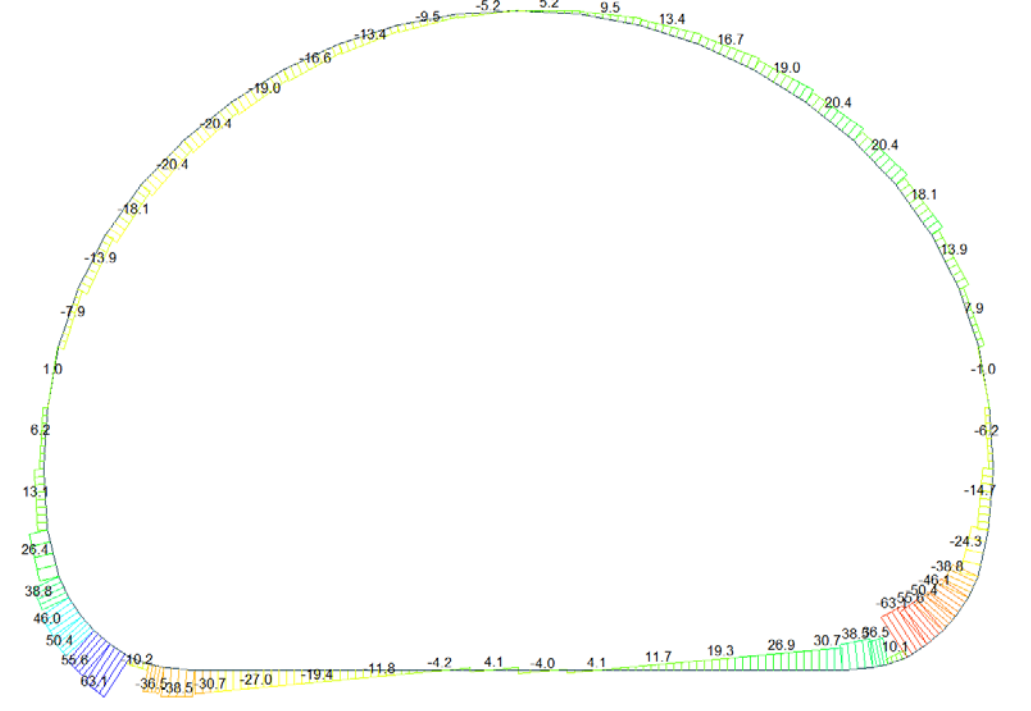
Beam Diagram_Fx / ST_N2



Beam Diagram_My / ST_N2

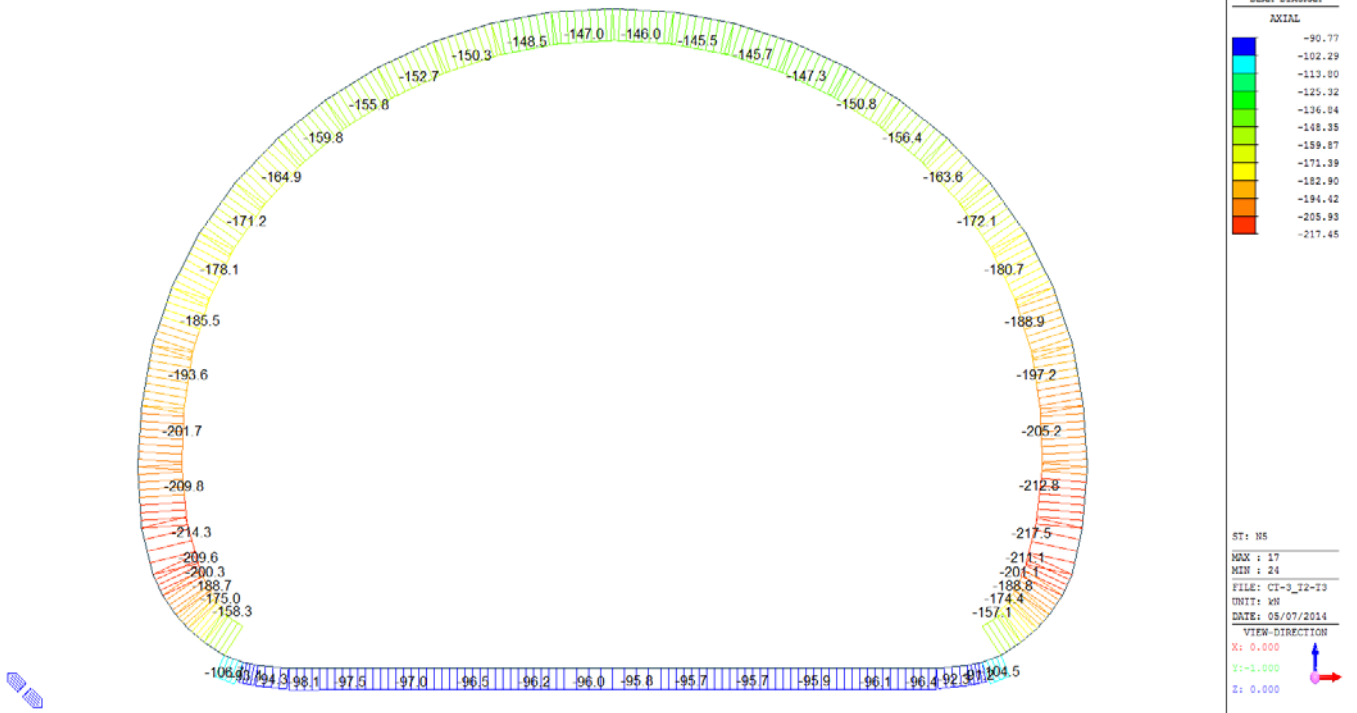


Beam Diagram_Fz / ST_N2

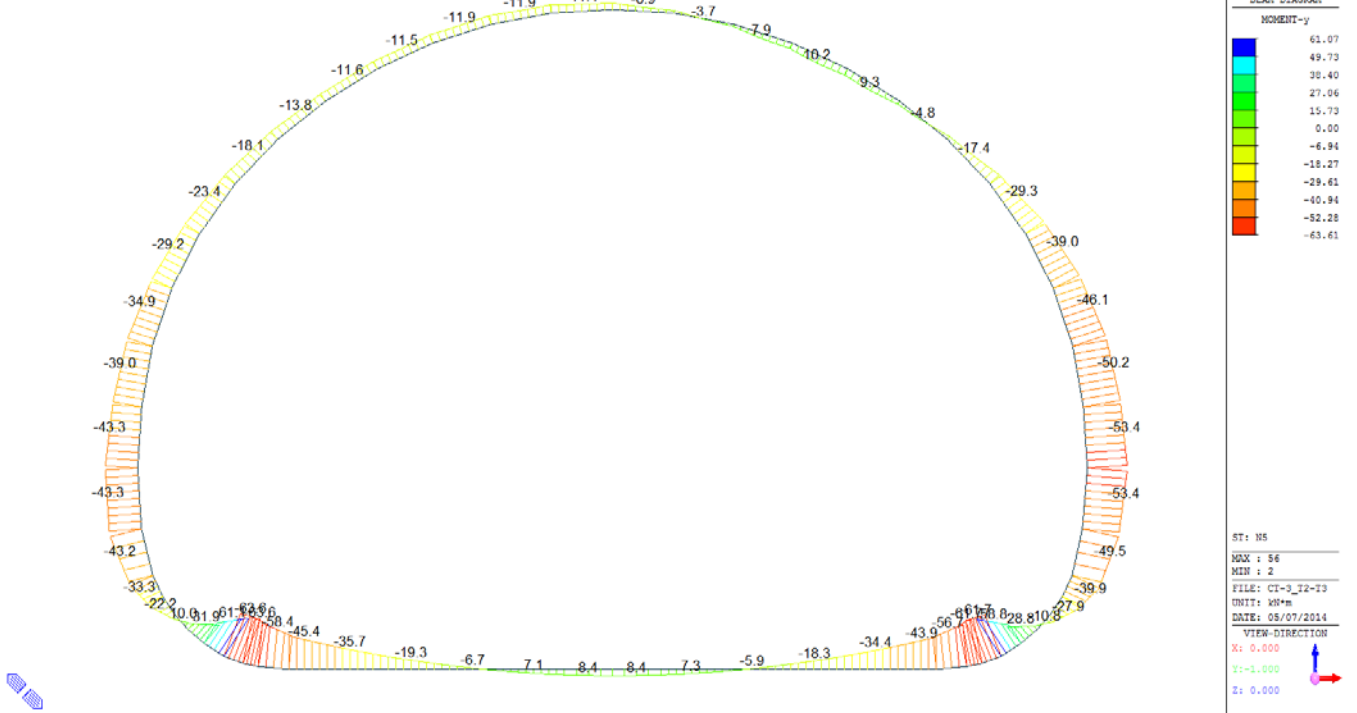


A.5.4.3. Load combination SLU 5 Block analysis

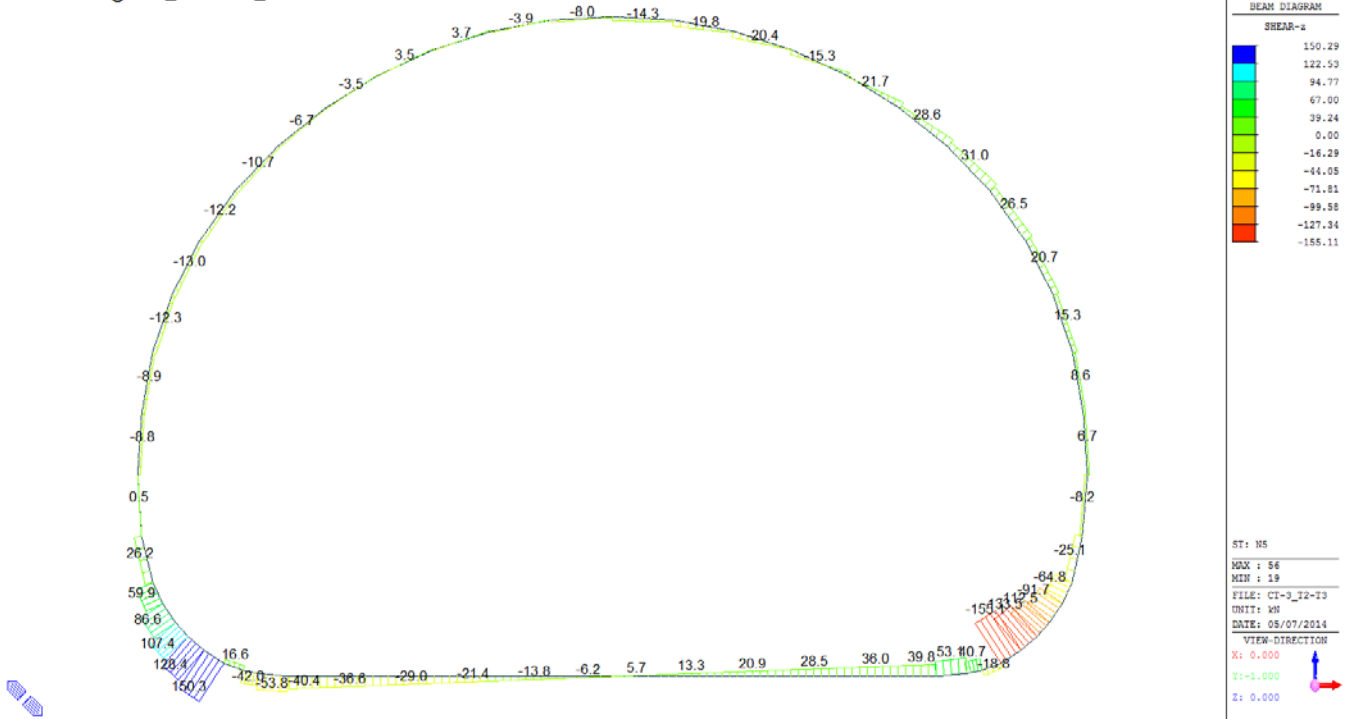
Beam Diagram_Fx / ST_N5



Beam Diagram_My / ST_N5

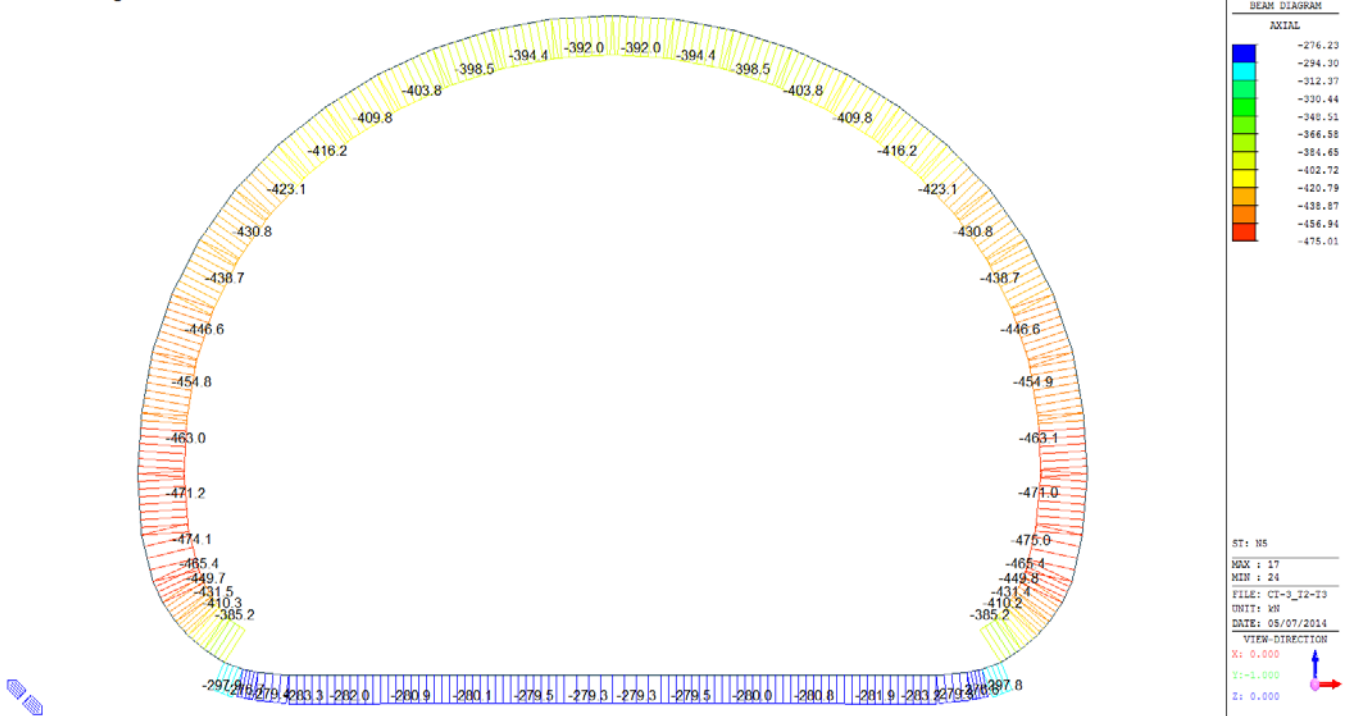


Beam Diagram_Fz / ST_N5

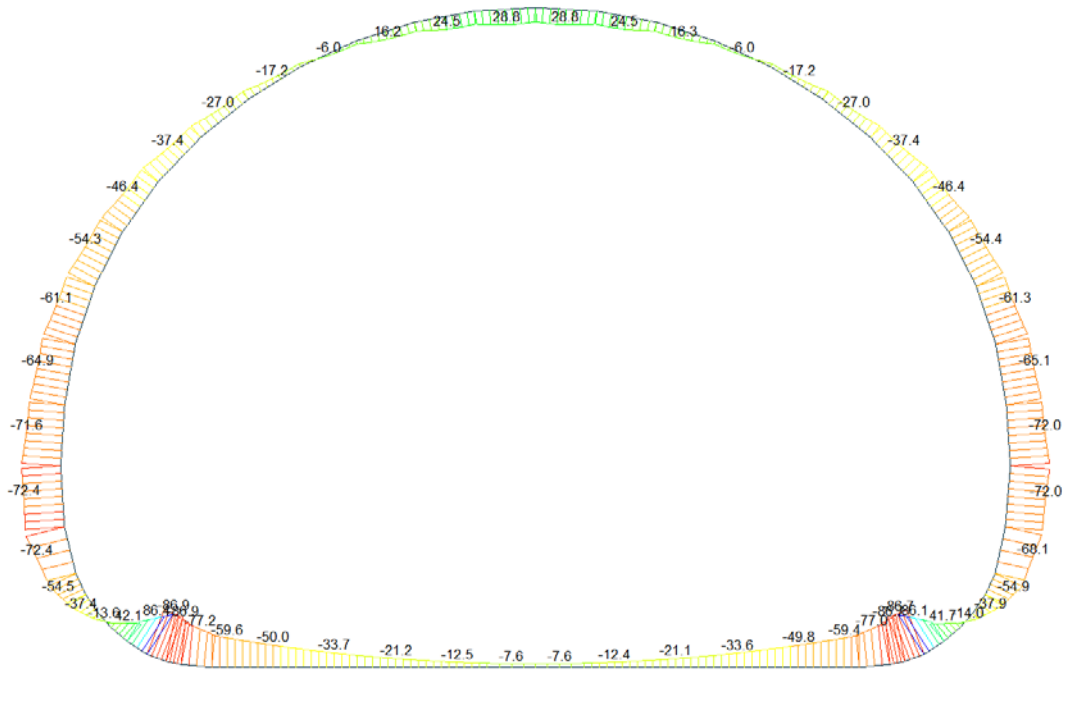


A.5.4.4. Load combination SLU 5 FEM analysis

Beam Diagram_Fx / ST_N5



Beam Diagram_My / ST_N5

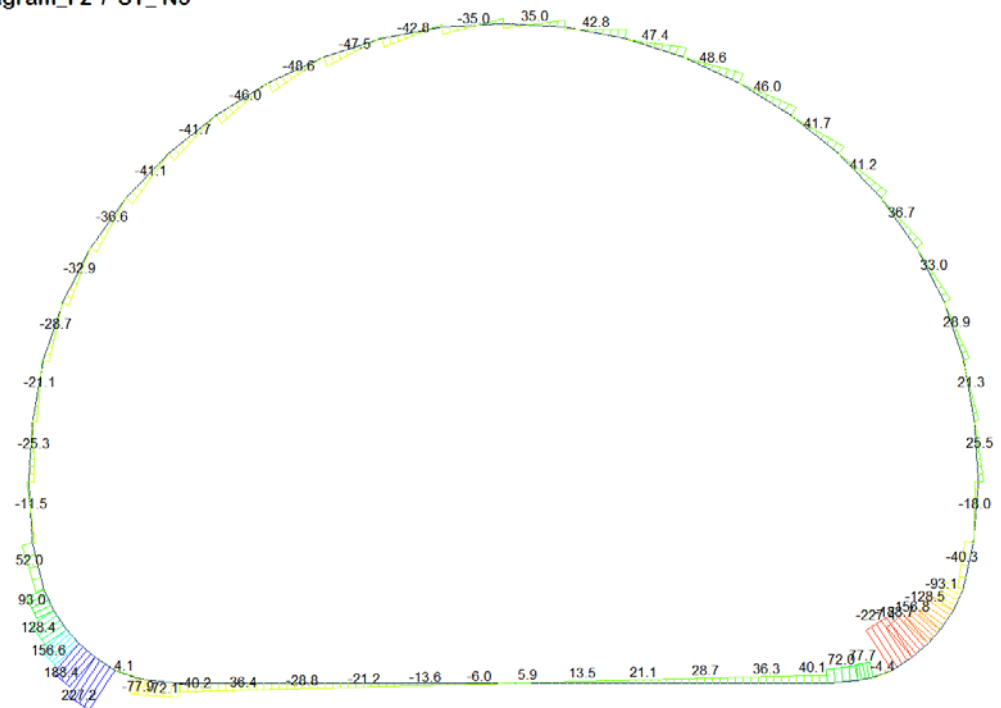


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

ST: N5
NOX: 56
MIN: 1
FILE: CI-3_T2-I3
UNIT: kN*m
DATE: 05/07/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N5



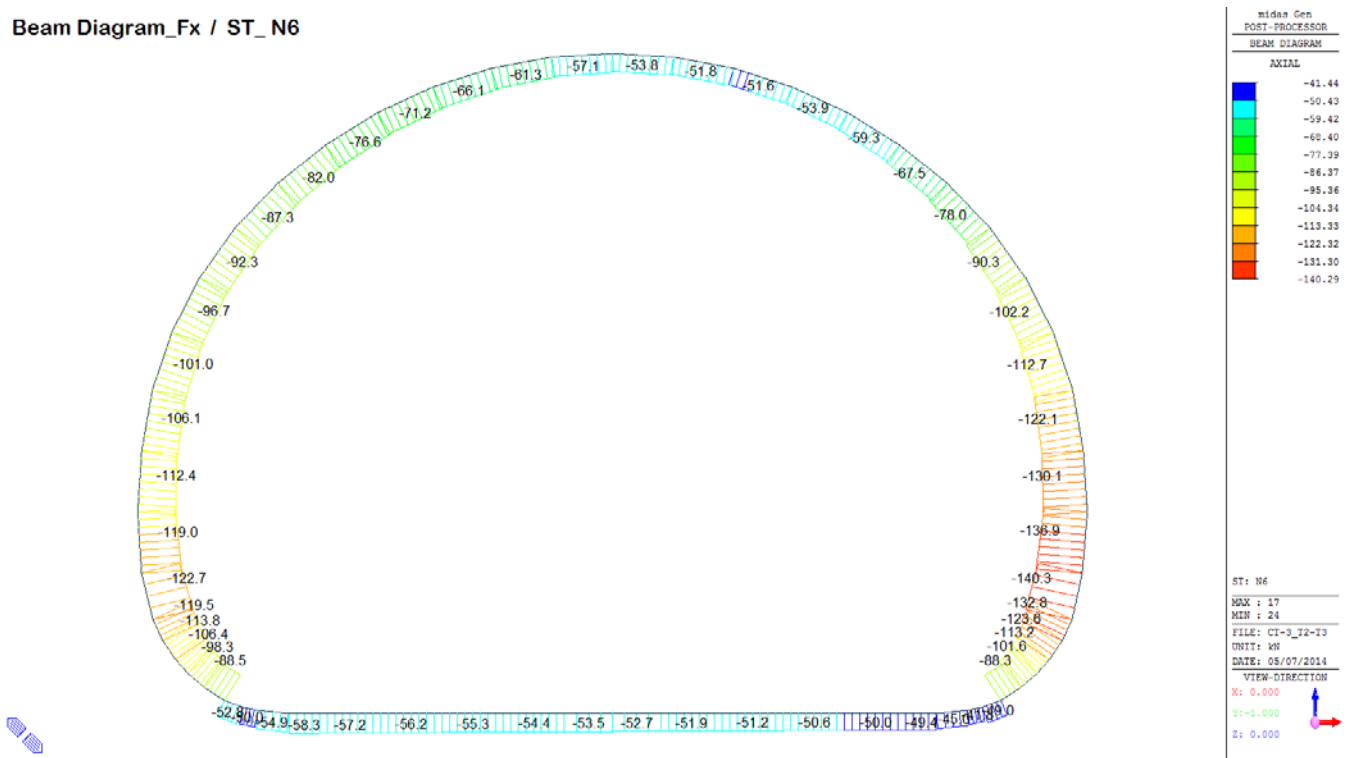
midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

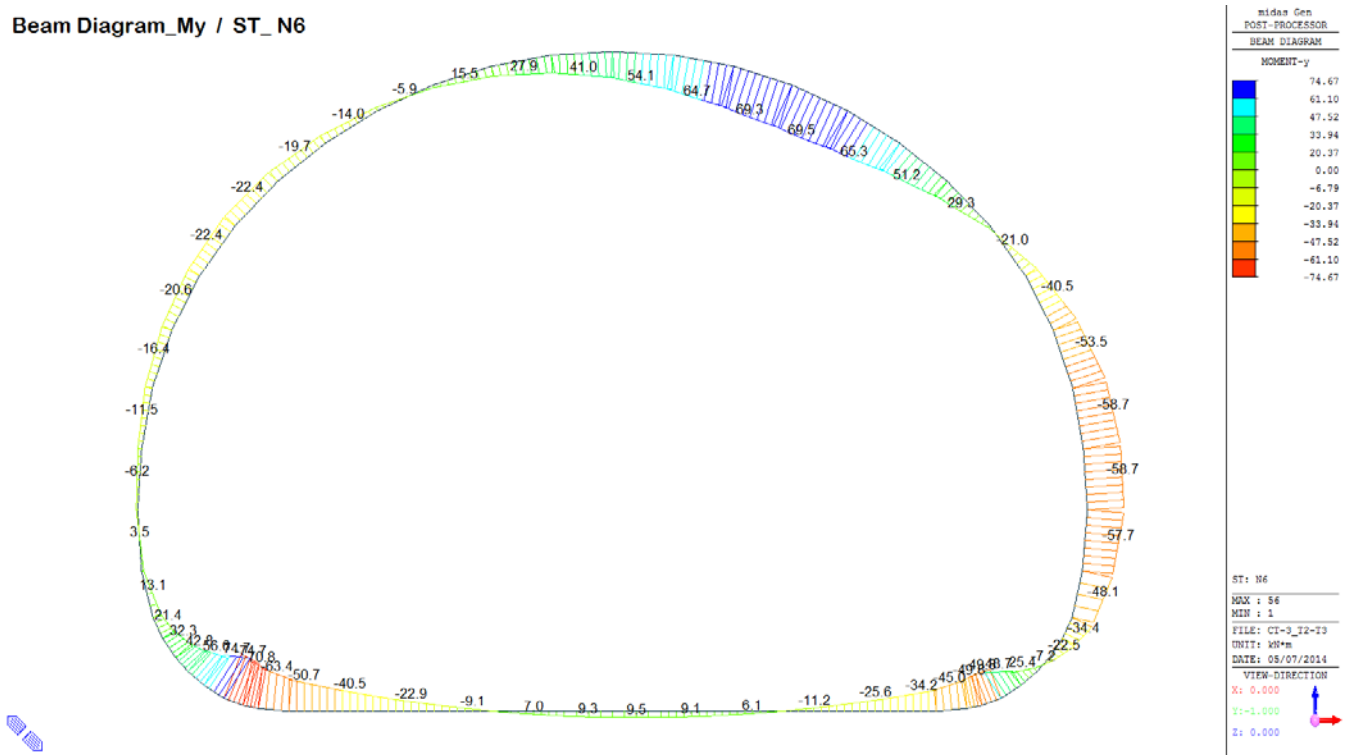
ST: N5
NOX: 56
MIN: 19
FILE: CI-3_T2-I3
UNIT: kN
DATE: 05/07/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.5.4.5. Load combination SLU 6 Block analysis

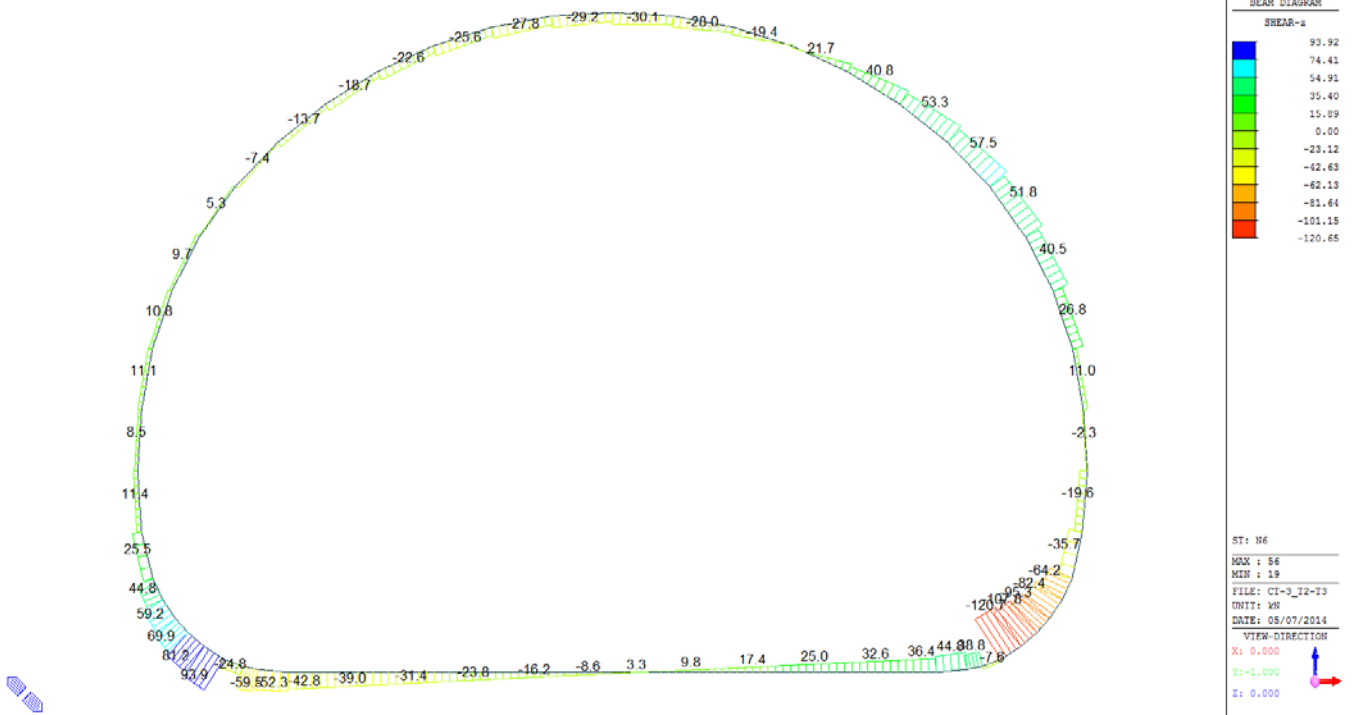
Beam Diagram_Fx / ST_N6



Beam Diagram_My / ST_N6

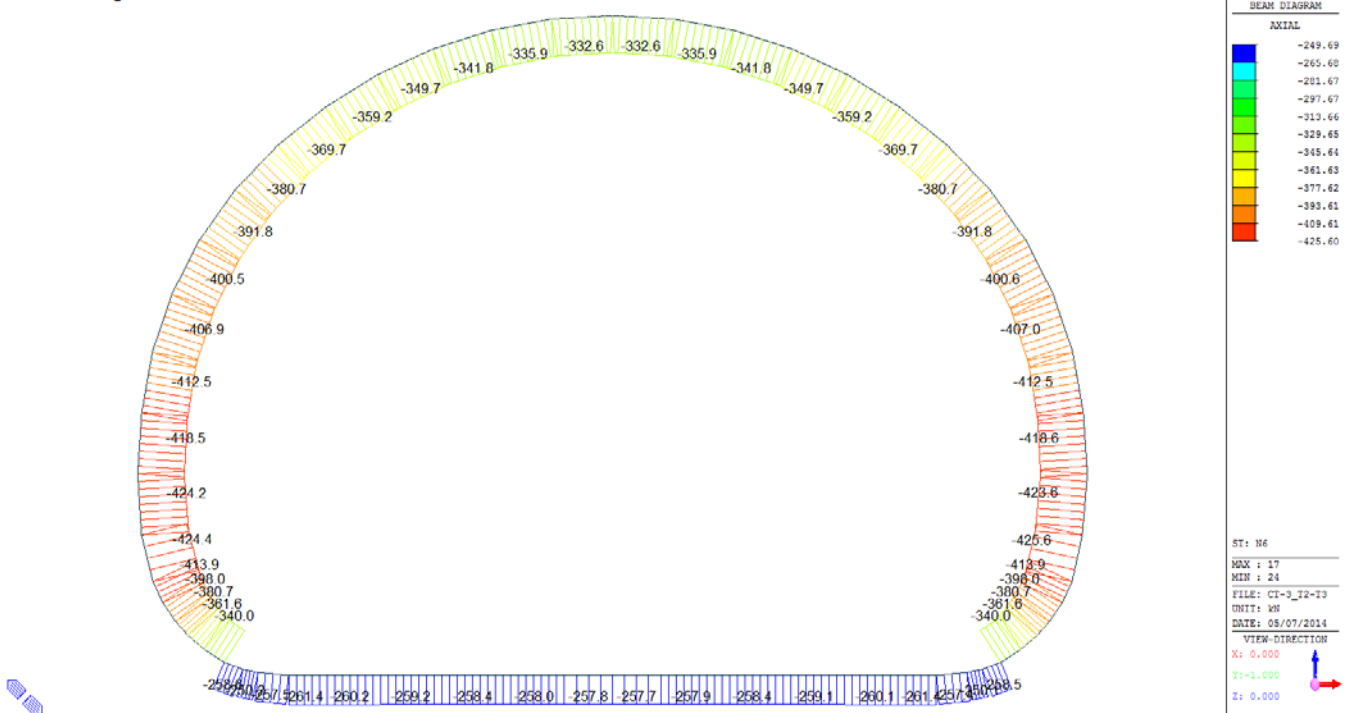


Beam Diagram_Fz / ST_N6

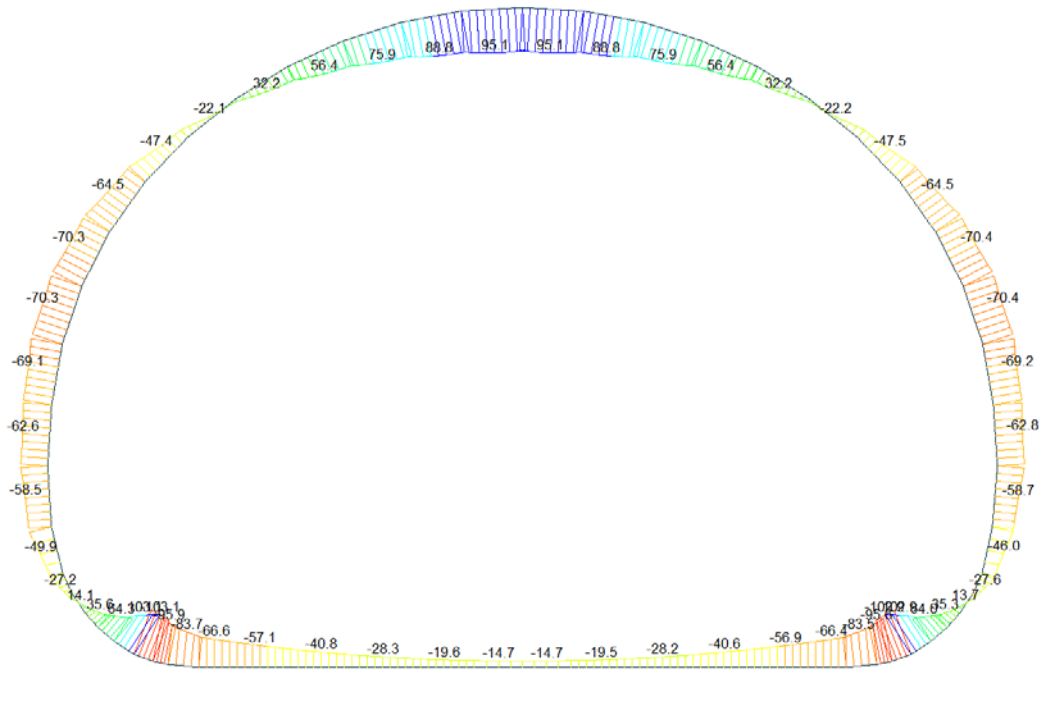


A.5.4.6. Load combination SLU 6 FEM analysis

Beam Diagram_Fx / ST_N6



Beam Diagram_My / ST_N6

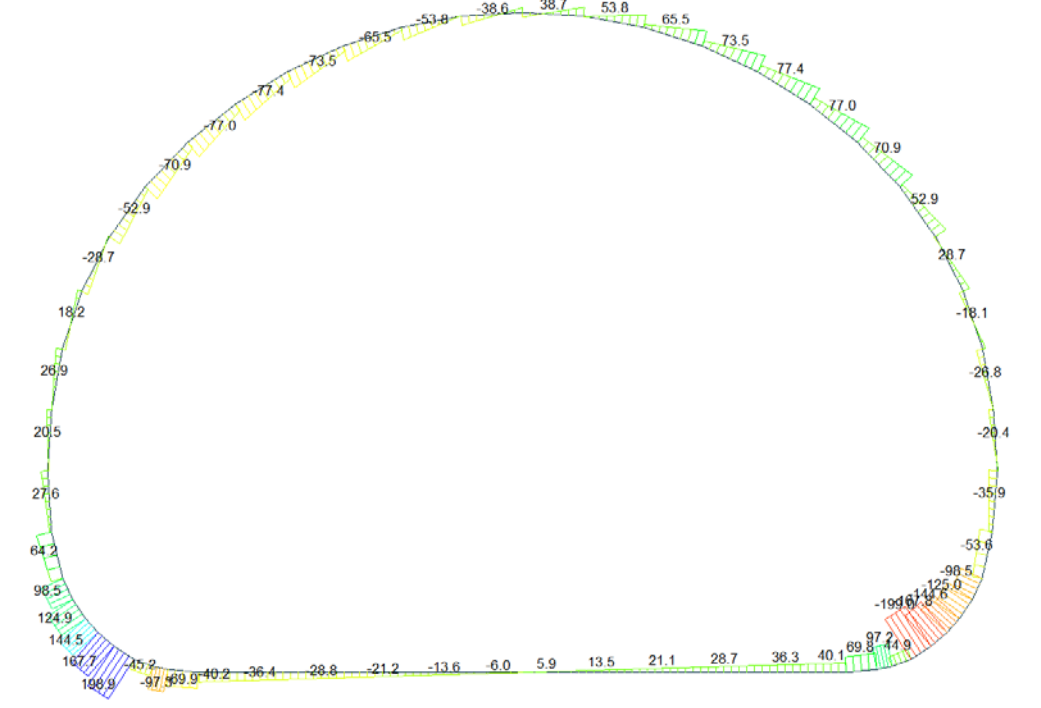


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

ST: N6
NOX: 56
MIN: 1
FILE: CI-3_I2-I3
UNIT: kN*m
DATE: 05/07/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N6



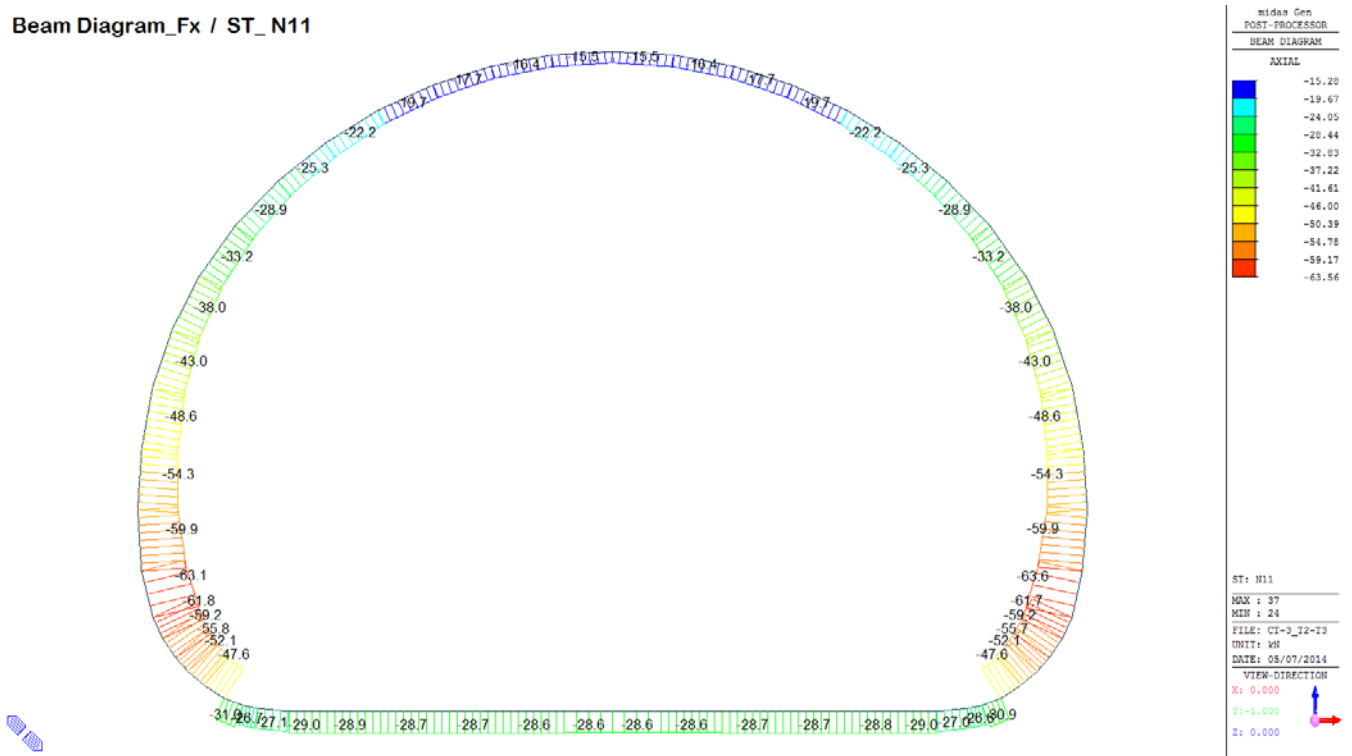
midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

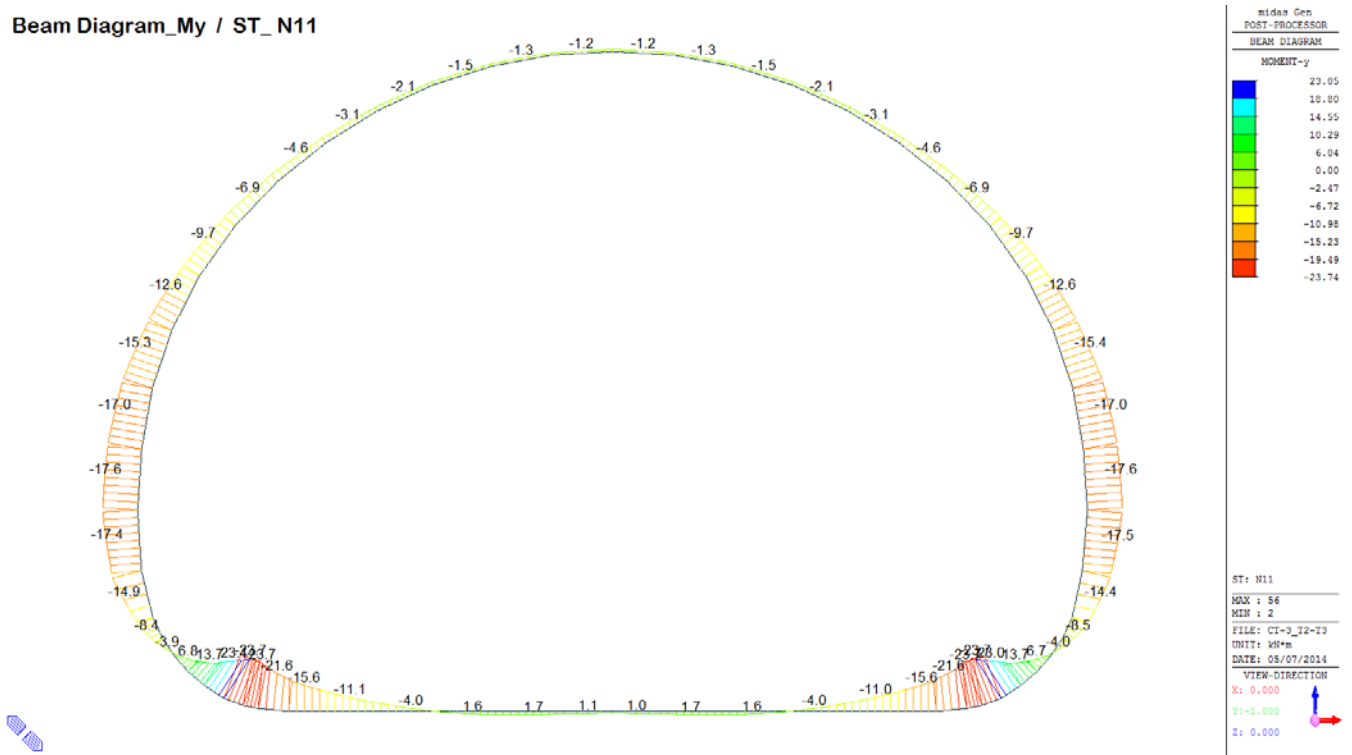
ST: N6
NOX: 56
MIN: 19
FILE: CI-3_I2-I3
UNIT: kN
DATE: 05/07/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.5.4.7. Load combination SLU 11

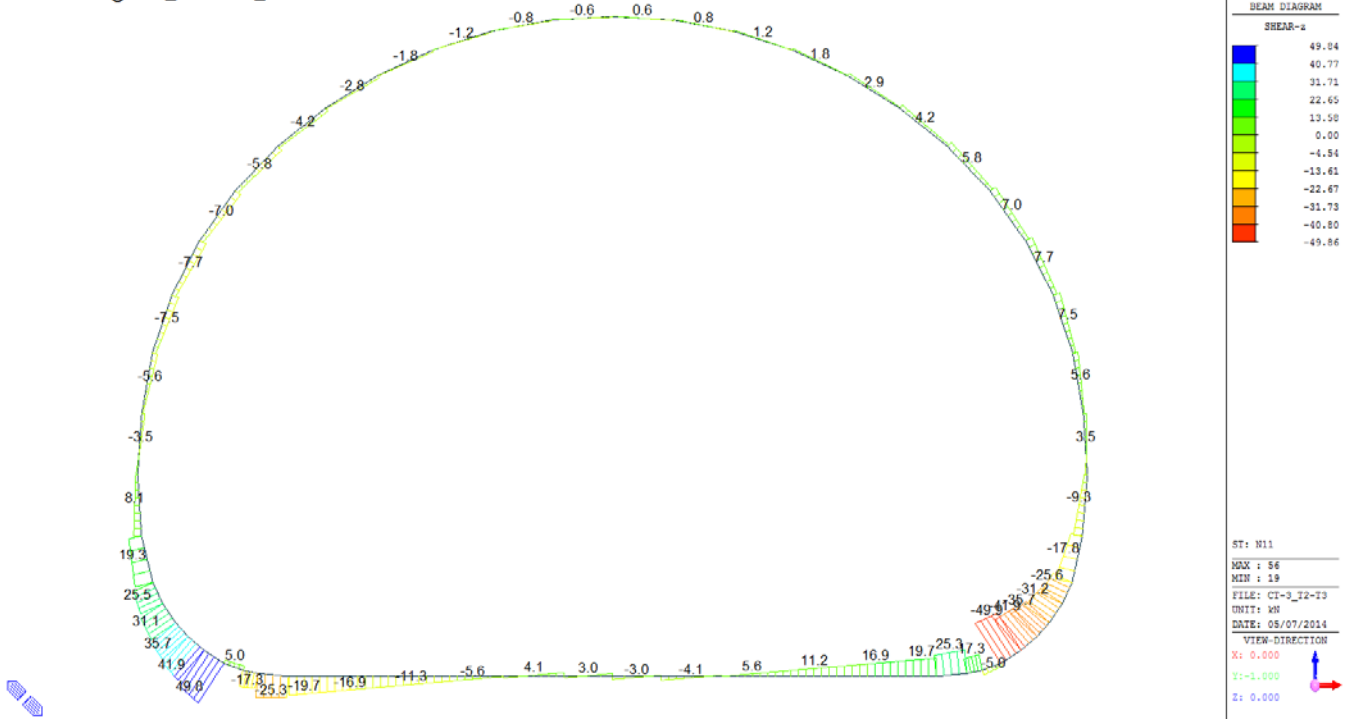
Beam Diagram_Fx / ST_N11



Beam Diagram_My / ST_N11

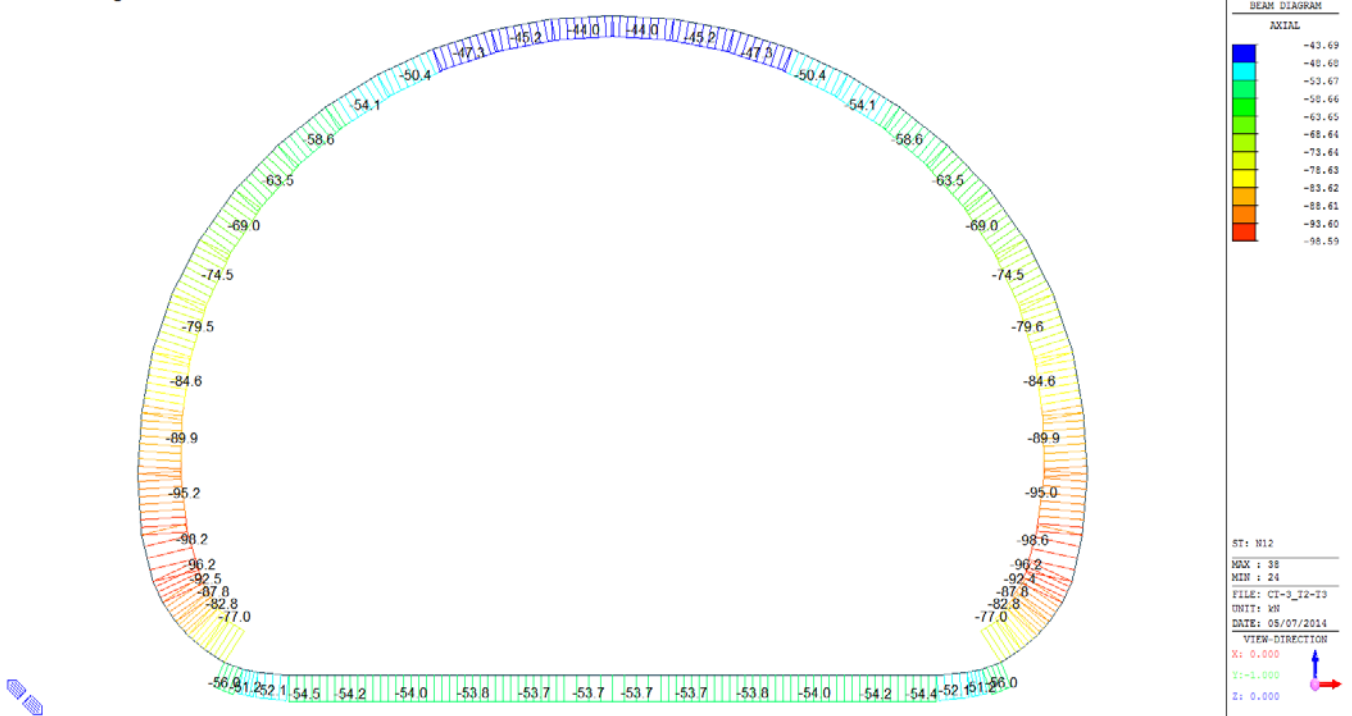


Beam Diagram_Fz / ST_N11

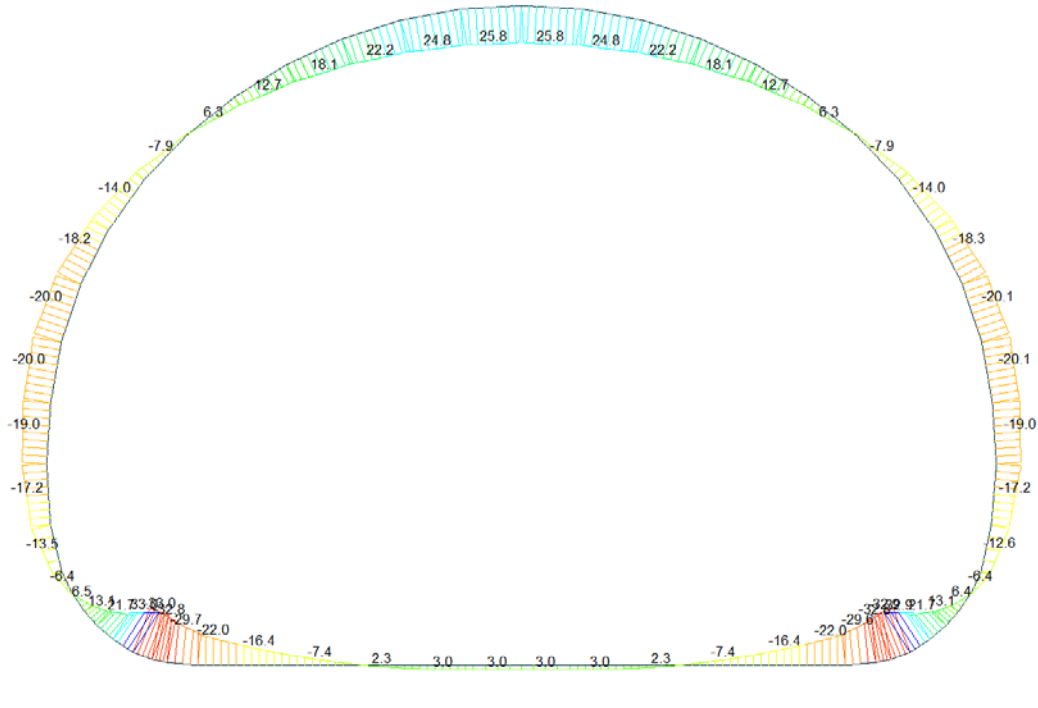


A.5.4.8. Load combination SLU 12

Beam Diagram_Fx / ST_N12



Beam Diagram_My / ST_N12

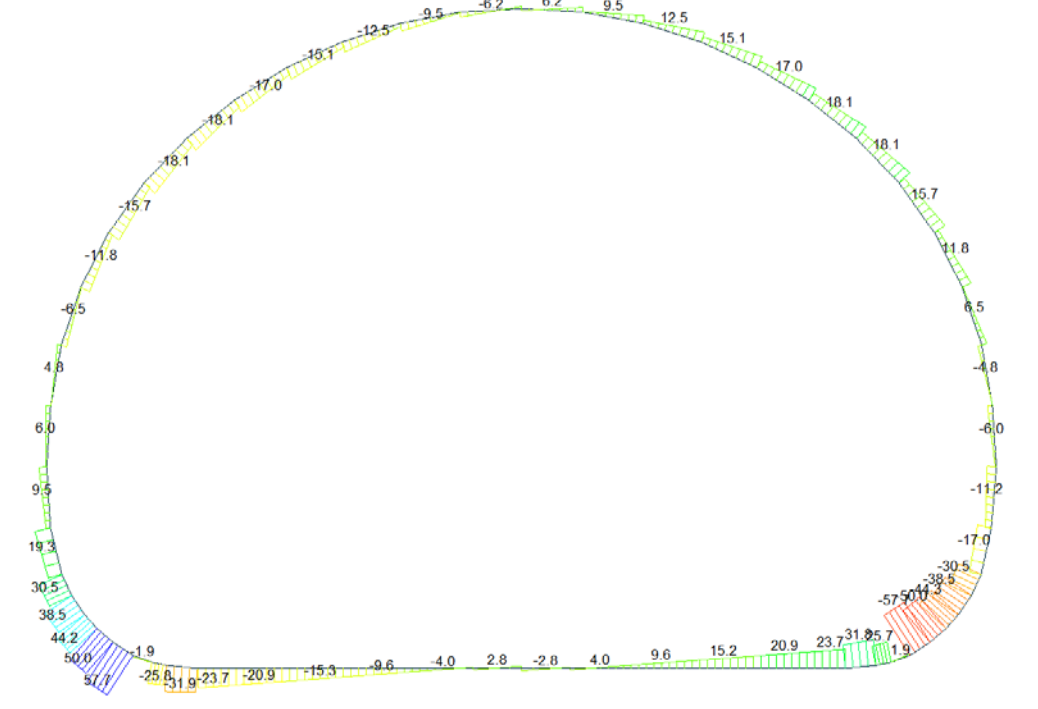


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

ST: N12
NOX : 56
MIN : 1
FILE: CI-3_I2-I3
UNIT: kN*m
DATE: 05/07/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N12



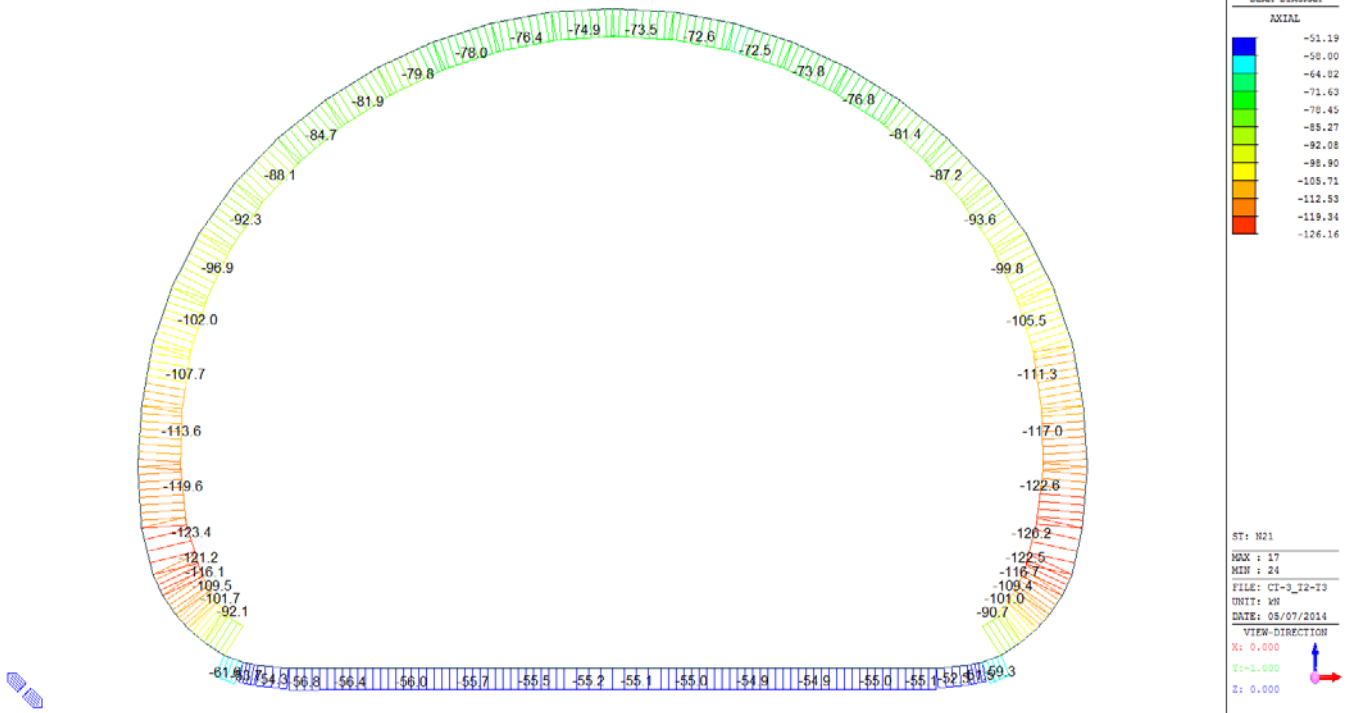
midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

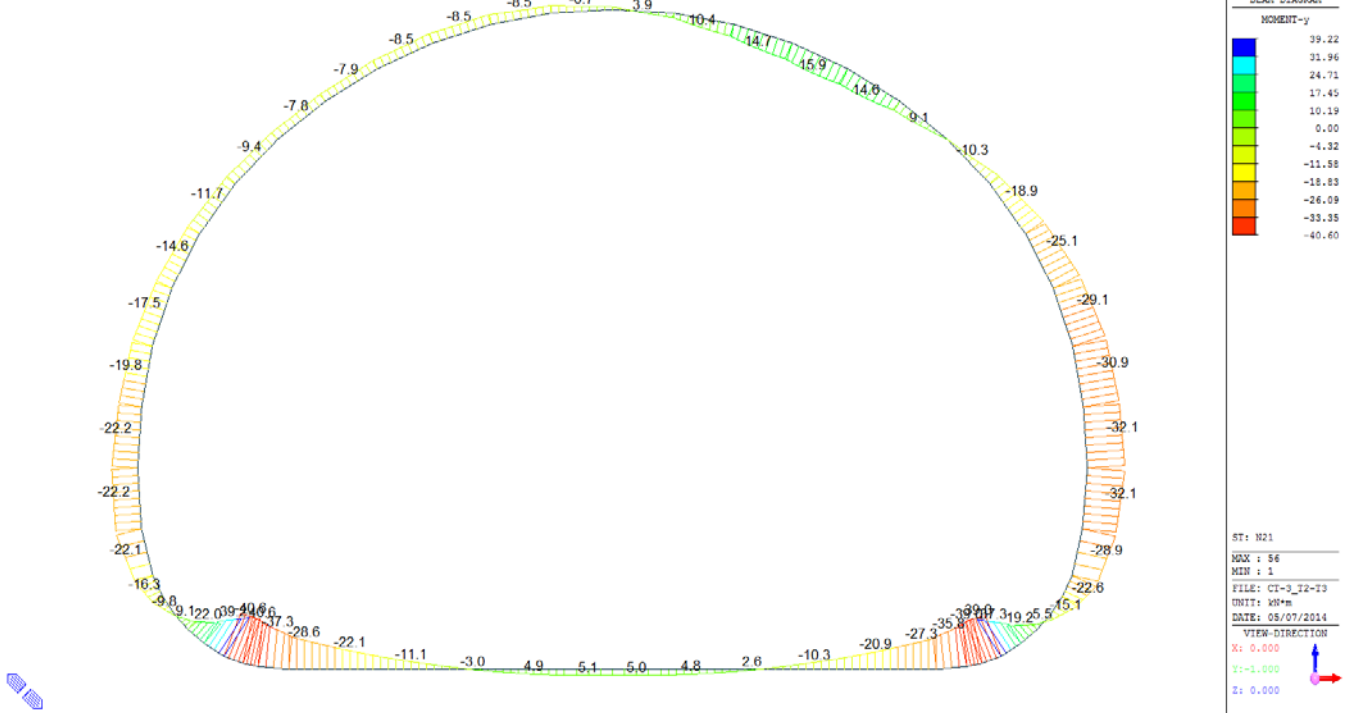
ST: N12
NOX : 56
MIN : 19
FILE: CI-3_I2-I3
UNIT: kN
DATE: 05/07/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.5.4.9. Load combination SLU 21 Block analysis

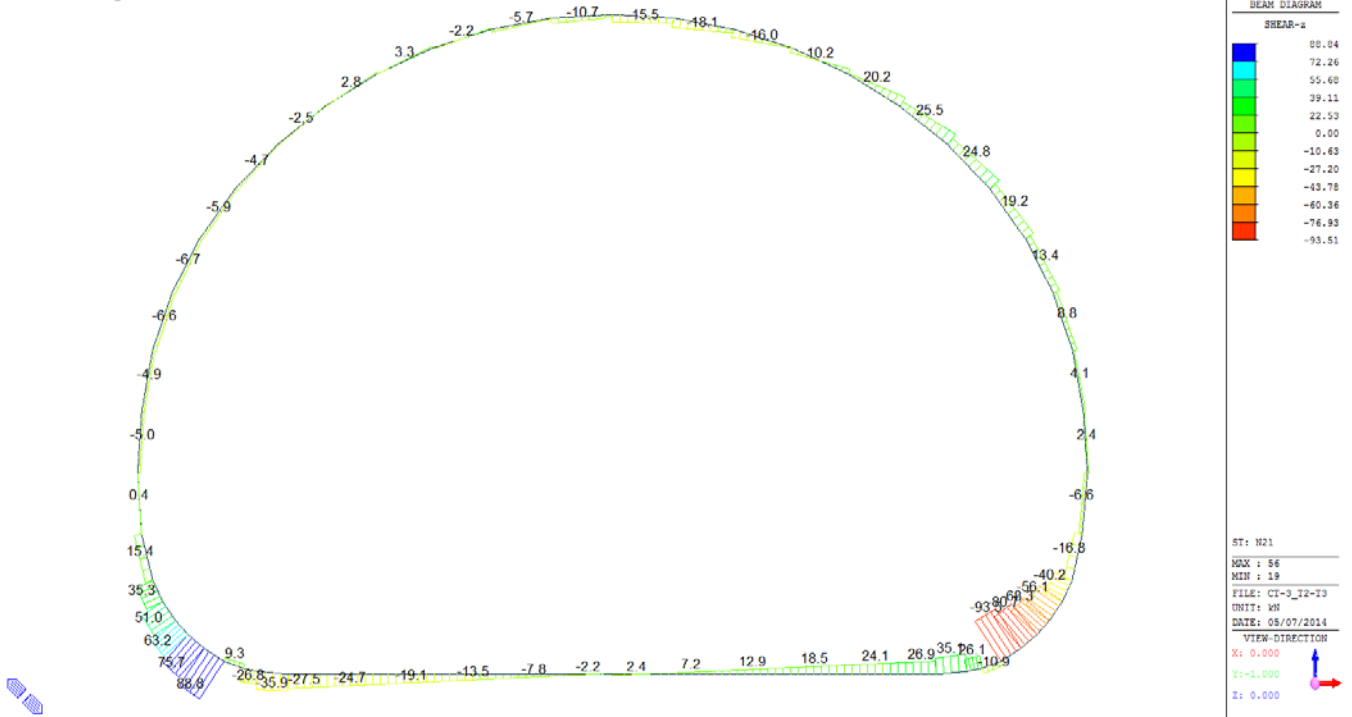
Beam Diagram_Fx / ST_N21



Beam Diagram_My / ST_N21

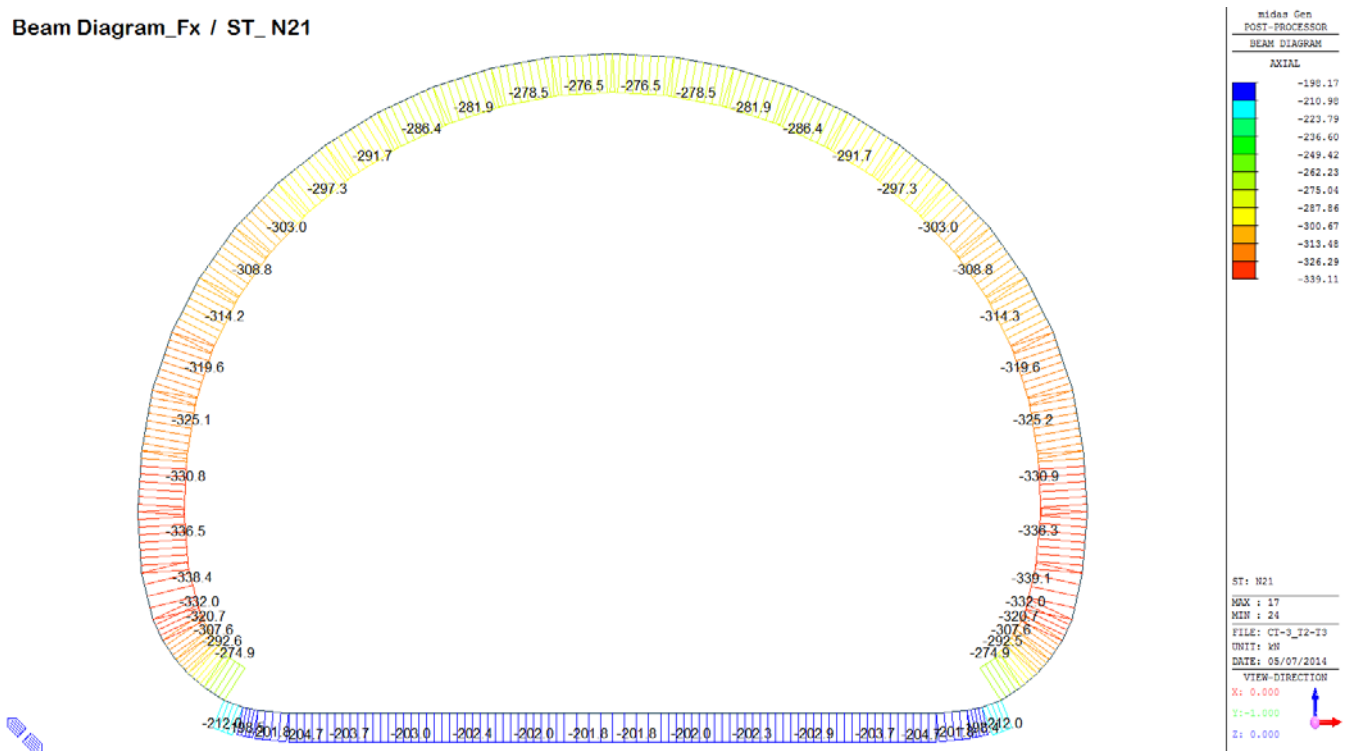


Beam Diagram_Fz / ST_N21

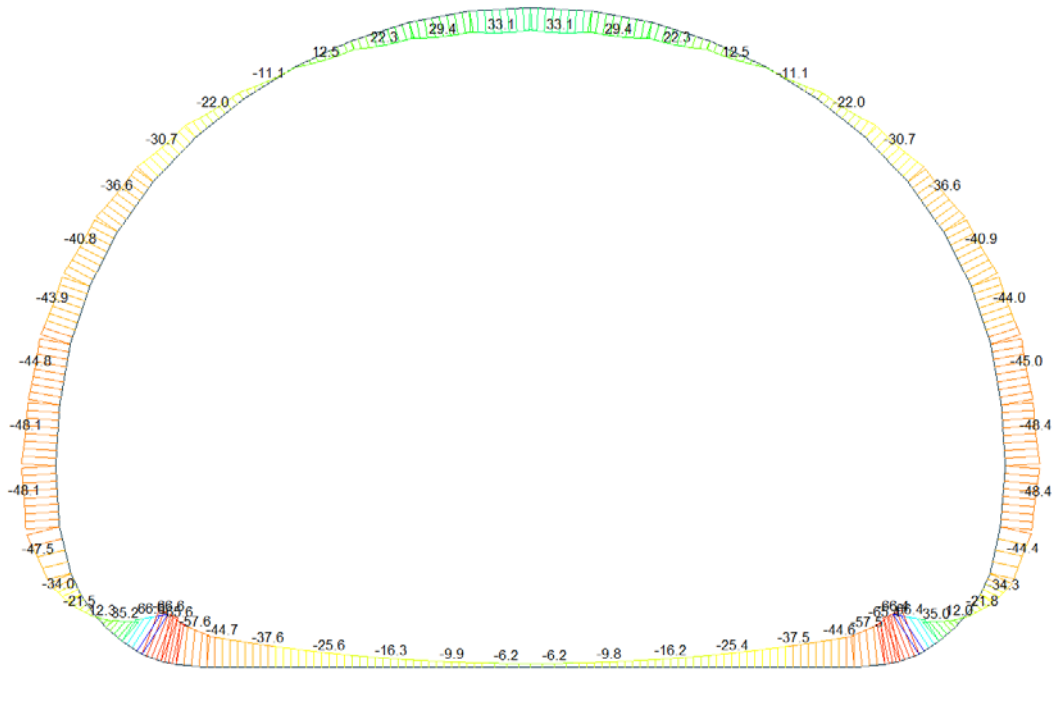


A.5.4.10. Load combination SLU 21 FEM analysis

Beam Diagram_Fx / ST_N21



Beam Diagram_My / ST_N21

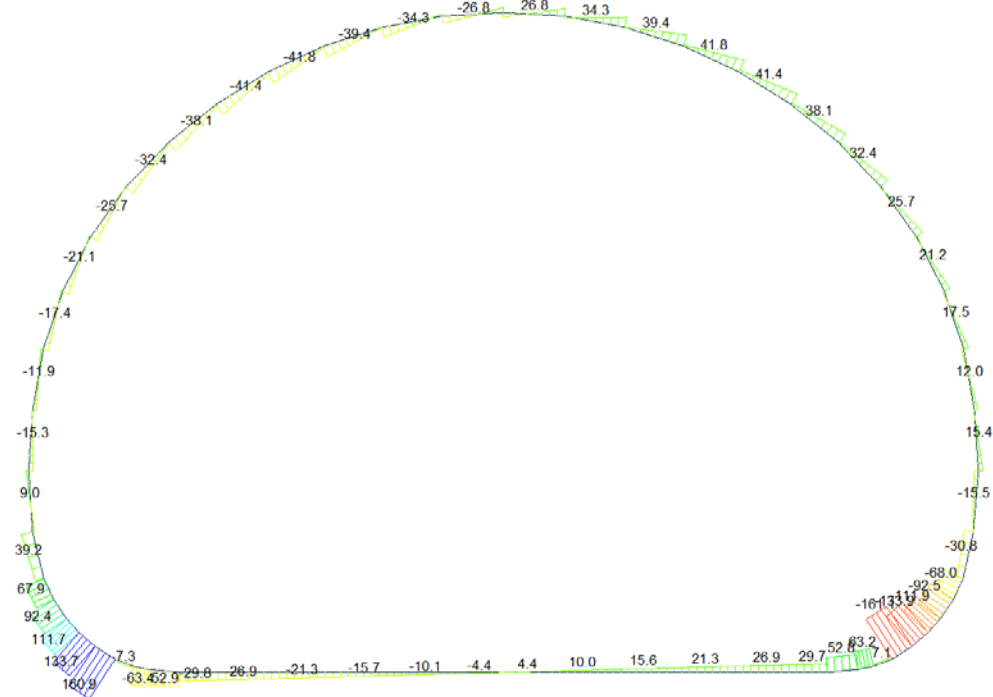


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

ST: N21
NOX : 56
MIN : 1
FILE: CI-3_I2-I3
UNIT: kN*m
DATE: 05/07/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N21



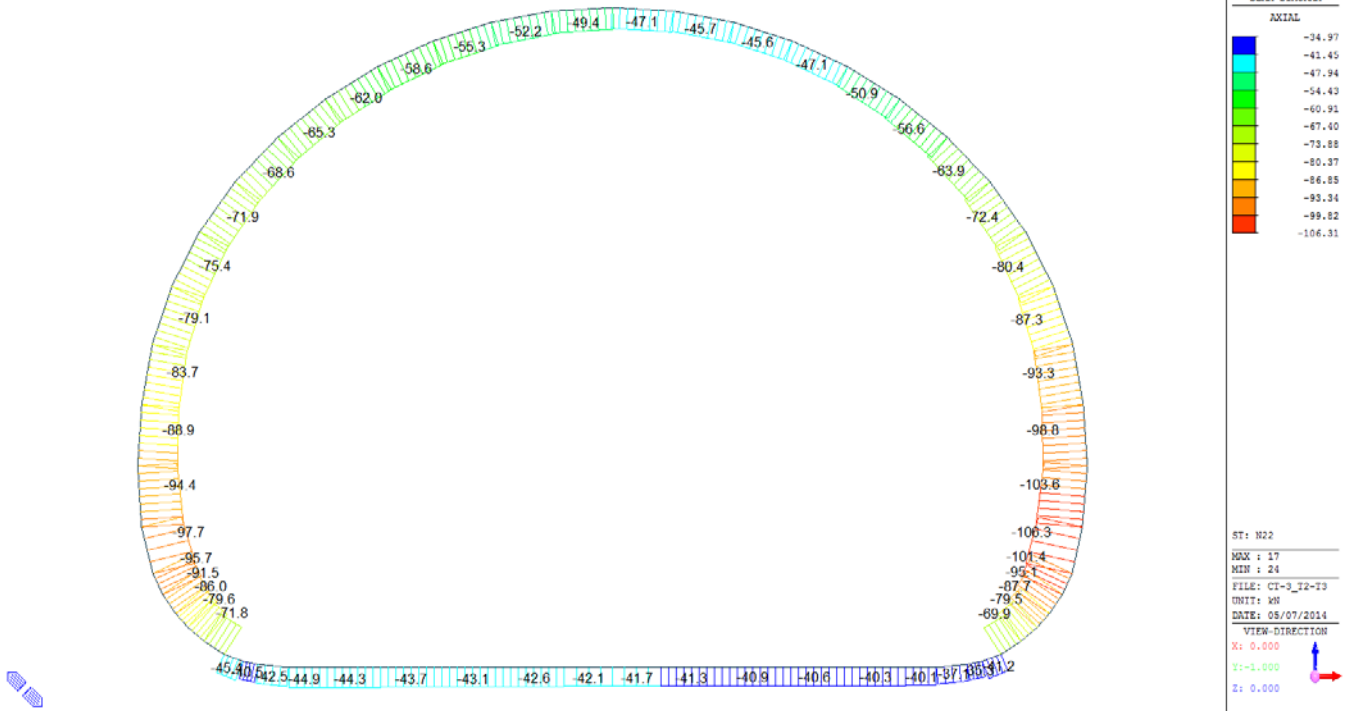
midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

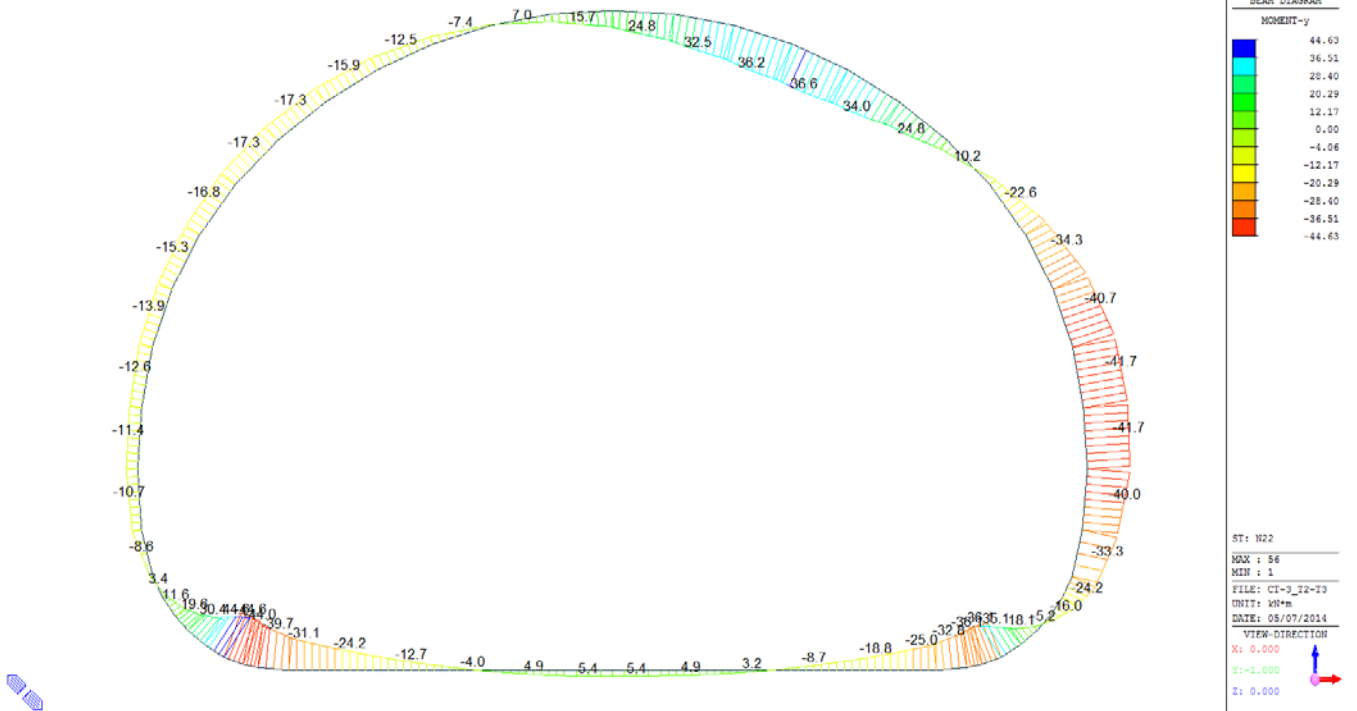
ST: N21
NOX : 56
MIN : 19
FILE: CI-3_I2-I3
UNIT: kN
DATE: 05/07/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.5.4.11. Load combination SLU 22 Block analysis

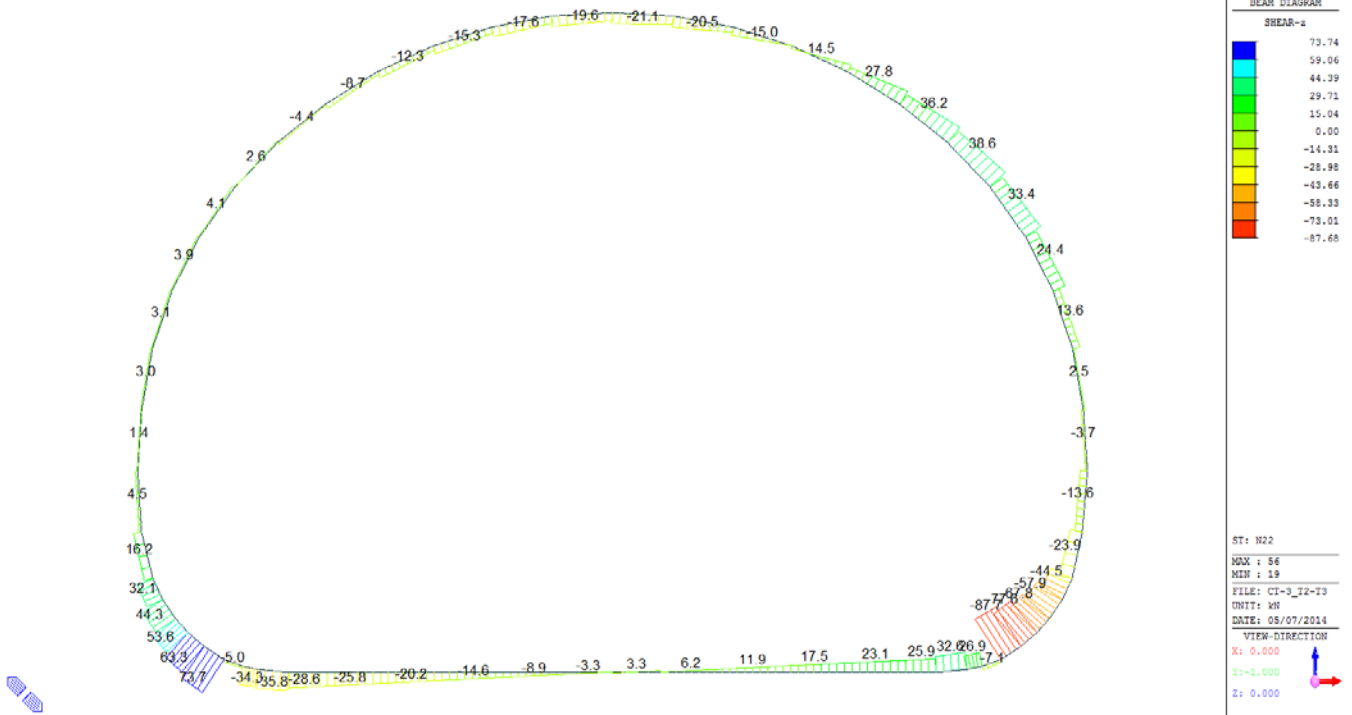
Beam Diagram_Fx / ST_N22



Beam Diagram_My / ST_N22

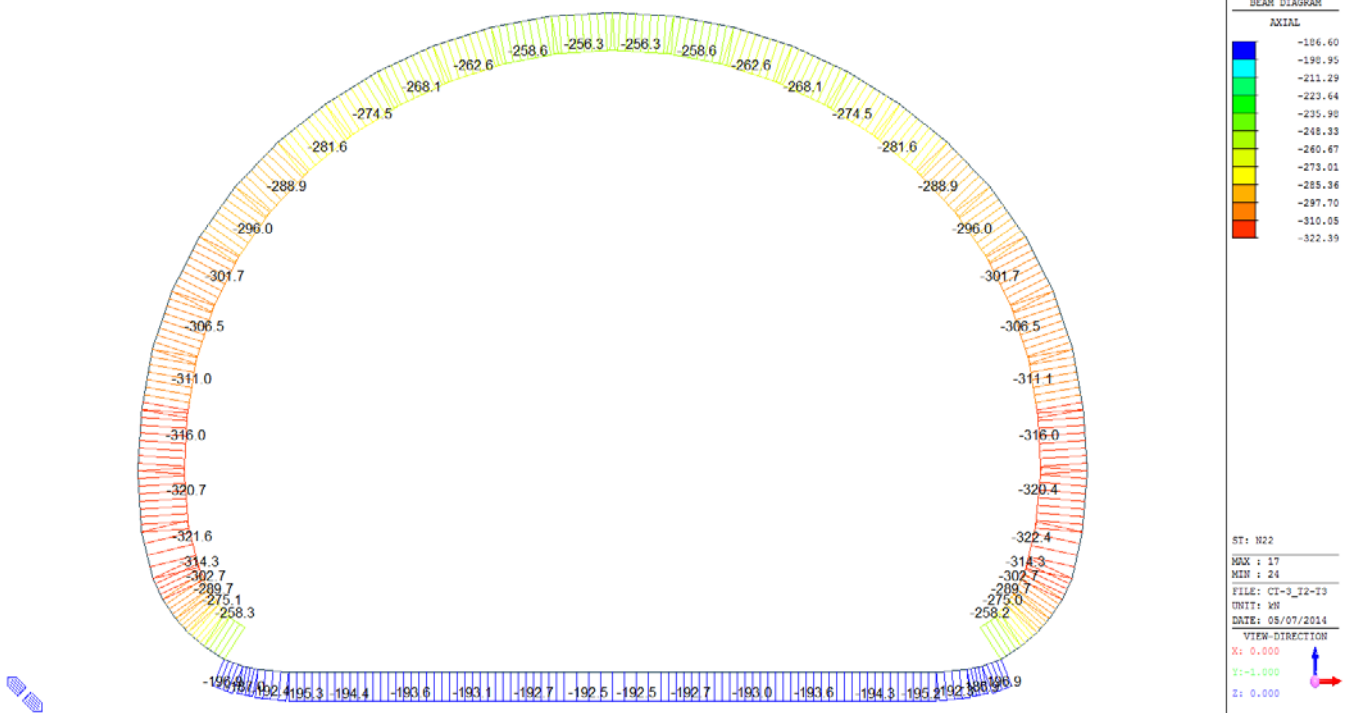


Beam Diagram_Fz / ST_N22

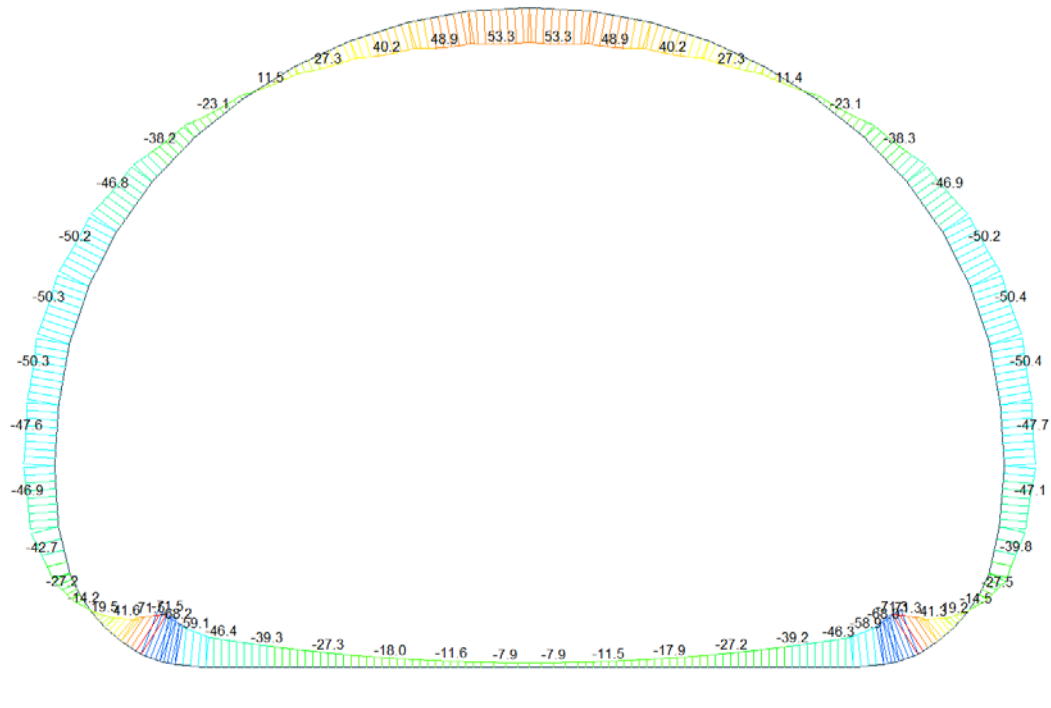


A.5.4.12. Load combination SLU 22 FEM analysis

Beam Diagram_Fx / ST_N22



Beam Diagram_My / ST_N22



midas Gen
POST-PROCESSOR

BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

| |
|--------|
| 71.54 |
| 58.53 |
| 45.53 |
| 32.52 |
| 19.51 |
| 6.50 |
| 0.00 |
| -19.51 |
| -32.52 |
| -45.53 |
| -58.53 |
| -71.54 |

ST: N22

NOX : 56

MIN : 1

FILE: CT-3_T2-I3

UNIT: kN*m

DATE: 05/07/2014

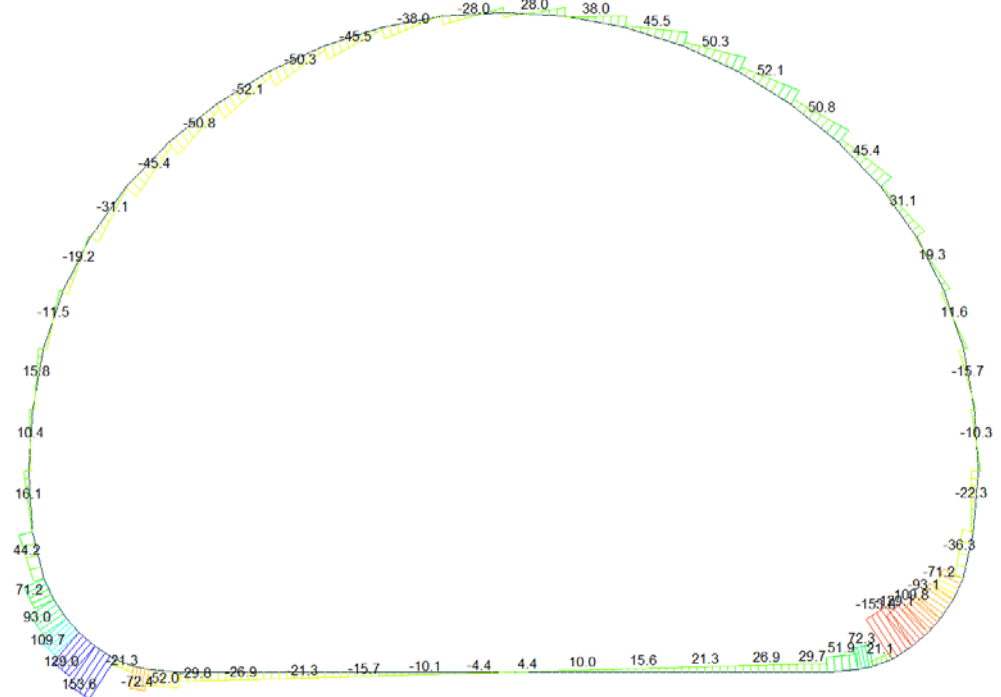
VIEW-DIRECTION

X: 0.000

Y: -1.000

Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N22



midas Gen
POST-PROCESSOR

BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

| |
|---------|
| 153.63 |
| 125.60 |
| 97.74 |
| 69.00 |
| 41.05 |
| 0.00 |
| -14.03 |
| -41.98 |
| -69.92 |
| -97.86 |
| -125.81 |
| -153.75 |

ST: N22

NOX : 56

MIN : 19

FILE: CT-3_T2-I3

UNIT: kN

DATE: 05/07/2014

VIEW-DIRECTION

X: 0.000

Y: -1.000

Z: 0.000

A.5.4.13. Rebarred sections ratio checking – Block analysis

| SECTION CHECKING | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------|--------|----------------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|---------|---------------|---------------|----------|----------|----------|---------------|
| MEMBER | SECTION PROPERTIES | | fck | fyk | CHECK | LOAD CB | LOAD CB | Rebar | N_Rdmax | N_Ed | M_Edy | M_Edz | V_Rdc | V_Rds | V_Ed |
| SECTION | Bc (m) | Hc (m) | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | M-N iteration | V | | | Ratio-N | Ratio-My | Ratio-Mz | Ratio-Vc | Ratio-Vs | Ratio-V |
| 1 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 51.862 | 74.673 | 0.000 | 171.680 | - | 24.819 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.424 | 0.419 | 0.000 | 0.145 | - | 0.145 |
| 2 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 49.655 | 70.762 | 0.000 | 171.401 | - | 59.504 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.406 | 0.397 | 0.000 | 0.347 | - | 0.347 |
| 3 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 54.486 | 63.374 | 0.000 | 177.008 | - | 53.846 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.337 | 0.343 | 0.000 | 0.304 | - | 0.304 |
| 4 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 58.310 | 50.721 | 0.000 | 172.497 | - | 42.762 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.259 | 0.260 | 0.000 | 0.248 | - | 0.248 |
| 5 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 57.234 | 40.506 | 0.000 | 172.361 | - | 38.965 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.202 | 0.198 | 0.000 | 0.226 | - | 0.226 |
| 6 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 56.217 | 22.922 | 0.000 | 172.232 | - | 31.371 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.089 | 0.088 | 0.000 | 0.182 | - | 0.182 |
| 7 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 96.543 | 6.720 | 0.000 | 172.110 | - | 23.778 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.017 | 0.018 | 0.000 | 0.138 | - | 0.138 |
| 8 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 96.208 | 7.118 | 0.000 | 171.995 | - | 16.184 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.018 | 0.018 | 0.000 | 0.094 | - | 0.094 |
| 9 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 95.972 | 8.399 | 0.000 | 171.888 | - | 8.590 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.019 | 0.019 | 0.000 | 0.050 | - | 0.050 |
| 10 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 95.811 | 8.399 | 0.000 | 177.247 | - | 5.673 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.019 | 0.019 | 0.000 | 0.032 | - | 0.032 |
| 11 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 51.931 | 9.114 | 0.000 | 177.236 | - | 13.267 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.018 | 0.018 | 0.000 | 0.075 | - | 0.075 |
| 12 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 95.740 | 5.924 | 0.000 | 177.238 | - | 20.860 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.016 | 0.017 | 0.000 | 0.118 | - | 0.118 |
| 13 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 95.850 | 18.253 | 0.000 | 177.252 | - | 28.454 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.036 | 0.036 | 0.000 | 0.161 | - | 0.161 |
| 14 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 96.058 | 34.378 | 0.000 | 177.278 | - | 36.048 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.123 | 0.121 | 0.000 | 0.203 | - | 0.203 |
| 15 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 96.363 | 43.865 | 0.000 | 177.317 | - | 39.845 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.173 | 0.176 | 0.000 | 0.225 | - | 0.225 |
| 16 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 91.893 | 56.721 | 0.000 | 176.751 | - | 53.068 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.262 | 0.263 | 0.000 | 0.300 | - | 0.300 |
| 17 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 90.773 | 61.743 | 0.000 | 176.609 | - | 40.707 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.297 | 0.296 | 0.000 | 0.230 | - | 0.230 |
| 18 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N1 | 14-2-P14 | 7'946 | 104.535 | 61.743 | 0.000 | 177.254 | - | 20.482 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.281 | 0.281 | 0.000 | 0.116 | - | 0.116 |
| 19 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 57.723 | 45.861 | 0.000 | 185.006 | - | 155.105 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.232 | 0.230 | 0.000 | 0.838 | - | 0.838 |
| 20 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 65.478 | 31.165 | 0.000 | 187.205 | - | 133.460 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.127 | 0.128 | 0.000 | 0.713 | - | 0.713 |
| 21 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N5 | 14-2-P14 | 6'352 | 71.955 | 19.756 | 0.000 | 165.070 | - | 112.541 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.093 | 0.091 | 0.000 | 0.682 | - | 0.682 |
| 22 | 100 x 50 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N5 | 14-2-P14 | 8'743 | 198.479 | 27.936 | 0.000 | 212.764 | - | 91.746 |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | 0.044 | 0.045 | 0.000 | 0.431 | - | 0.431 |
| 23 | 100 x 60 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 10'337 | 207.691 | 39.944 | 0.000 | 232.251 | - | 64.199 |
| 6 | 1.00 | 0.60 | | | | | | | | 0.043 | 0.044 | 0.000 | 0.276 | - | 0.276 |
| 24 | 100 x 55 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 9'540 | 133.199 | 48.082 | 0.000 | 219.052 | - | 35.729 |
| 5 | 1.00 | 0.55 | | | | | | | | 0.095 | 0.095 | 0.000 | 0.163 | - | 0.163 |
| 25 | 100 x 50 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 8'743 | 128.490 | 57.667 | 0.000 | 204.091 | - | 19.614 |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | 0.172 | 0.174 | 0.000 | 0.096 | - | 0.096 |
| 26 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N1 | 14-2-P14 | 7'946 | 122.531 | 58.682 | 0.000 | 187.753 | - | 8.573 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.237 | 0.241 | 0.000 | 0.046 | - | 0.046 |
| 27 | 100 x 40 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'149 | 122.057 | 58.682 | 0.000 | 172.139 | - | 11.014 |
| 2 | 1.00 | 0.40 | | | | | | | | 0.282 | 0.285 | 0.000 | 0.064 | - | 0.064 |
| 28 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 112.687 | 53.473 | 0.000 | 155.288 | - | 26.816 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.326 | 0.326 | 0.000 | 0.173 | - | 0.173 |
| 29 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 102.221 | 40.545 | 0.000 | 153.942 | - | 40.518 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.229 | 0.230 | 0.000 | 0.263 | - | 0.263 |
| 30 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 72.379 | 22.599 | 0.000 | 152.409 | - | 51.771 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.112 | 0.112 | 0.000 | 0.340 | - | 0.340 |

| SECTION CHECKING | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------|--------|----------------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|---------|--------------|--------------|----------|----------|----------|--------------|
| MEMBER | SECTION PROPERTIES | | fck | fyk | CHECK | LOAD CB | LOAD CB | Rebar | N_Rdmax | N_Ed | M_Edy | M_Edz | V_Rdc | V_Rds | V_Ed |
| SECTION | Bc (m) | Hc (m) | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | M-N iteration | V | | | Ratio-N | Ratio-My | Ratio-Mz | Ratio-Vc | Ratio-Vs | Ratio-V |
| 31 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 73.728 | 29.344 | 0.000 | 150.826 | - | 57.542 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.172 | 0.168 | 0.000 | 0.382 | - | 0.382 |
| 32 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 63.840 | 51.174 | 0.000 | 149.484 | - | 53.292 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.356 | 0.360 | 0.000 | 0.357 | - | 0.357 |
| 33 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 56.155 | 65.304 | 0.000 | 148.420 | - | 40.792 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.478 | 0.486 | 0.000 | 0.275 | - | 0.275 |
| 34 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 51.425 | 69.343 | 0.000 | 147.729 | - | 21.668 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.539 | 0.528 | 0.000 | 0.147 | - | 0.147 |
| 35 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 51.600 | 69.343 | 0.000 | 147.204 | - | 19.375 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.525 | 0.526 | 0.000 | 0.132 | - | 0.132 |
| 36 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 51.814 | 64.718 | 0.000 | 147.322 | - | 28.002 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.486 | 0.487 | 0.000 | 0.190 | - | 0.190 |
| 37 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 53.789 | 54.141 | 0.000 | 147.669 | - | 30.132 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.402 | 0.397 | 0.000 | 0.204 | - | 0.204 |
| 38 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 10.836 | 40.094 | 0.000 | 148.140 | - | 29.215 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.331 | 0.325 | 0.000 | 0.197 | - | 0.197 |
| 39 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 11.758 | 38.958 | 0.000 | 148.687 | - | 27.764 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.317 | 0.315 | 0.000 | 0.187 | - | 0.187 |
| 40 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 13.929 | 35.610 | 0.000 | 149.297 | - | 25.622 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.277 | 0.284 | 0.000 | 0.172 | - | 0.172 |
| 41 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 17.274 | 30.234 | 0.000 | 149.956 | - | 22.649 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.236 | 0.235 | 0.000 | 0.151 | - | 0.151 |
| 42 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N2 | 14-2-P14 | 6'352 | 21.675 | 23.134 | 0.000 | 143.987 | - | 19.345 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.169 | 0.170 | 0.000 | 0.134 | - | 0.134 |
| 43 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N2 | 14-2-P14 | 6'352 | 26.982 | 14.720 | 0.000 | 144.745 | - | 20.739 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.092 | 0.094 | 0.000 | 0.143 | - | 0.143 |
| 44 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N2 | 14-2-P14 | 6'352 | 87.336 | 22.407 | 0.000 | 145.597 | - | 20.792 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.100 | 0.098 | 0.000 | 0.143 | - | 0.143 |
| 45 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N2 | 14-2-P14 | 6'352 | 87.485 | 22.407 | 0.000 | 146.551 | - | 18.599 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.100 | 0.098 | 0.000 | 0.127 | - | 0.127 |
| 46 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N2 | 14-2-P14 | 6'352 | 52.252 | 18.847 | 0.000 | 147.518 | - | 14.454 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.100 | 0.101 | 0.000 | 0.098 | - | 0.098 |
| 47 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N1 | 14-2-P14 | 6'352 | 59.411 | 22.593 | 0.000 | 161.686 | - | 12.431 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.129 | 0.126 | 0.000 | 0.077 | - | 0.077 |
| 48 | 100 x 40 | | 30.00 | 450.00 | OK | N1 | N6 | 14-2-P14 | 7'149 | 170.577 | 38.088 | 0.000 | 169.172 | - | 11.131 |
| 2 | 1.00 | 0.40 | | | | | | | | 0.102 | 0.103 | 0.000 | 0.066 | - | 0.066 |
| 49 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N1 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 178.721 | 42.225 | 0.000 | 178.388 | - | 8.482 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.095 | 0.096 | 0.000 | 0.048 | - | 0.048 |
| 50 | 100 x 50 | | 30.00 | 450.00 | OK | N1 | N2 | 14-2-P14 | 8'743 | 178.542 | 42.225 | 0.000 | 196.576 | - | 11.331 |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | 0.069 | 0.071 | 0.000 | 0.058 | - | 0.058 |
| 51 | 100 x 55 | | 30.00 | 450.00 | OK | N1 | N6 | 14-2-P14 | 9'540 | 184.637 | 42.223 | 0.000 | 216.657 | - | 25.457 |
| 5 | 1.00 | 0.55 | | | | | | | | 0.058 | 0.057 | 0.000 | 0.117 | - | 0.117 |
| 52 | 100 x 60 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N5 | 14-2-P14 | 10'337 | 206.132 | 33.257 | 0.000 | 242.810 | - | 59.943 |
| 6 | 1.00 | 0.60 | | | | | | | | 0.038 | 0.038 | 0.000 | 0.247 | - | 0.247 |
| 53 | 100 x 50 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 8'743 | 113.754 | 32.344 | 0.000 | 212.662 | - | 86.641 |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | 0.063 | 0.064 | 0.000 | 0.407 | - | 0.407 |
| 54 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 6'352 | 106.439 | 42.770 | 0.000 | 165.060 | - | 107.404 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.248 | 0.245 | 0.000 | 0.651 | - | 0.651 |
| 55 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 98.308 | 56.565 | 0.000 | 187.280 | - | 128.414 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.250 | 0.254 | 0.000 | 0.686 | - | 0.686 |
| 56 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 88.509 | 74.673 | 0.000 | 185.163 | - | 150.293 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.374 | 0.379 | 0.000 | 0.812 | - | 0.812 |

A.5.4.14. Rebarred sections ratio checking – FEM analysis

| SECTION CHECKING | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------|--------|----------------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|---------|----------------|---------------|----------|----------|----------|---------------|
| MEMBER | SECTION PROPERTIES | | fck | fyk | CHECK | LOAD CB | LOAD CB | Rebar | N_Rdmax | N_Ed | M_Edy | M_Edz | V_Rdc | V_Rds | V_Ed |
| SECTION | Bc (m) | Hc (m) | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | M-N iteration | V | | | Ratio-N | Ratio-My | Ratio-Mz | Ratio-Vc | Ratio-Vs | Ratio-V |
| 1 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 257.679 | 103.140 | 0.000 | 197.750 | - | 45.152 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.384 | 0.385 | 0.000 | 0.228 | - | 0.228 |
| 2 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 249.784 | 95.880 | 0.000 | 196.750 | - | 97.280 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.353 | 0.350 | 0.000 | 0.494 | - | 0.494 |
| 3 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 257.156 | 83.715 | 0.000 | 200.458 | - | 72.110 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.264 | 0.266 | 0.000 | 0.360 | - | 0.360 |
| 4 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 261.441 | 66.625 | 0.000 | 198.227 | - | 40.168 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.172 | 0.170 | 0.000 | 0.203 | - | 0.203 |
| 5 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 260.177 | 57.057 | 0.000 | 198.067 | - | 36.371 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.120 | 0.122 | 0.000 | 0.184 | - | 0.184 |
| 6 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 259.177 | 40.770 | 0.000 | 197.940 | - | 28.778 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.077 | 0.079 | 0.000 | 0.145 | - | 0.145 |
| 7 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 258.440 | 28.280 | 0.000 | 197.847 | - | 21.184 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.059 | 0.059 | 0.000 | 0.107 | - | 0.107 |
| 8 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 257.965 | 19.587 | 0.000 | 197.786 | - | 13.590 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.048 | 0.048 | 0.000 | 0.069 | - | 0.069 |
| 9 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 257.752 | 14.690 | 0.000 | 197.760 | - | 5.996 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.043 | 0.043 | 0.000 | 0.030 | - | 0.030 |
| 10 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 257.745 | 14.661 | 0.000 | 197.759 | - | 5.921 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.043 | 0.043 | 0.000 | 0.030 | - | 0.030 |
| 11 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 257.943 | 19.520 | 0.000 | 197.784 | - | 13.515 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.048 | 0.048 | 0.000 | 0.068 | - | 0.068 |
| 12 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 258.403 | 28.176 | 0.000 | 197.842 | - | 21.109 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.059 | 0.059 | 0.000 | 0.107 | - | 0.107 |
| 13 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 259.125 | 40.629 | 0.000 | 197.933 | - | 28.703 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.077 | 0.078 | 0.000 | 0.145 | - | 0.145 |
| 14 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 260.110 | 56.878 | 0.000 | 198.058 | - | 36.296 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.120 | 0.122 | 0.000 | 0.183 | - | 0.183 |
| 15 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 261.360 | 66.427 | 0.000 | 198.216 | - | 40.093 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.172 | 0.169 | 0.000 | 0.202 | - | 0.202 |
| 16 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 257.068 | 83.496 | 0.000 | 200.441 | - | 72.019 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.264 | 0.265 | 0.000 | 0.359 | - | 0.359 |
| 17 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 249.691 | 95.649 | 0.000 | 196.738 | - | 97.185 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.353 | 0.350 | 0.000 | 0.494 | - | 0.494 |
| 18 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'946 | 257.625 | 102.871 | 0.000 | 197.743 | - | 44.917 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.384 | 0.384 | 0.000 | 0.227 | - | 0.227 |
| 19 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 339.956 | 102.871 | 0.000 | 228.156 | - | 227.178 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.311 | 0.309 | 0.000 | 0.996 | - | 0.996 |
| 20 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 361.583 | 64.041 | 0.000 | 216.855 | - | 188.663 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.127 | 0.125 | 0.000 | 0.870 | - | 0.870 |
| 21 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 6'352 | 380.707 | 35.311 | 0.000 | 186.149 | - | 156.813 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.116 | 0.118 | 0.000 | 0.842 | - | 0.842 |
| 22 | 100 x 50 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 8'743 | 447.129 | 37.885 | 0.000 | 238.997 | - | 124.978 |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | 0.074 | 0.076 | 0.000 | 0.523 | - | 0.523 |
| 23 | 100 x 60 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 10'337 | 461.992 | 54.941 | 0.000 | 270.430 | - | 98.520 |
| 6 | 1.00 | 0.60 | | | | | | | | 0.071 | 0.071 | 0.000 | 0.364 | - | 0.364 |
| 24 | 100 x 55 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 9'540 | 467.919 | 68.140 | 0.000 | 256.991 | - | 53.642 |
| 5 | 1.00 | 0.55 | | | | | | | | 0.093 | 0.092 | 0.000 | 0.209 | - | 0.209 |
| 25 | 100 x 50 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 8'743 | 462.651 | 71.962 | 0.000 | 241.675 | - | 35.893 |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | 0.111 | 0.112 | 0.000 | 0.149 | - | 0.149 |
| 26 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 463.123 | 71.962 | 0.000 | 223.773 | - | 25.463 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.138 | 0.139 | 0.000 | 0.114 | - | 0.114 |
| 27 | 100 x 40 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 7'149 | 405.890 | 69.179 | 0.000 | 209.393 | - | 26.777 |
| 2 | 1.00 | 0.40 | | | | | | | | 0.166 | 0.164 | 0.000 | 0.128 | - | 0.128 |
| 28 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 6'352 | 401.355 | 70.403 | 0.000 | 198.222 | - | 28.865 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.227 | 0.225 | 0.000 | 0.146 | - | 0.146 |
| 29 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 6'352 | 400.559 | 70.403 | 0.000 | 197.203 | - | 33.004 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.227 | 0.225 | 0.000 | 0.167 | - | 0.167 |
| 30 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 391.792 | 64.549 | 0.000 | 191.173 | - | 52.872 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.204 | 0.201 | 0.000 | 0.277 | - | 0.277 |

| SECTION CHECKING | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------|--------|----------------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|
| MEMBER | SECTION PROPERTIES | | fck | fyk | CHECK | LOAD CB | LOAD CB | Rebar | N_Rdmax | N_Ed | M_Edy | M_Edz | V_Rdc | V_Rds | V_Ed |
| SECTION | Bc (m) | Hc (m) | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | M-N iteration | V | | | Ratio-N | Ratio-My | Ratio-Mz | Ratio-Vc | Ratio-Vs | Ratio-V |
| 31 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 380.733 | 47.471 | 0.000 | 189.751 | - | 70.921 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.141 | 0.141 | 0.000 | 0.374 | - | 0.374 |
| 32 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 416.172 | 27.035 | 0.000 | 188.335 | - | 76.978 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.101 | 0.100 | 0.000 | 0.409 | - | 0.409 |
| 33 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 22.172 | 22.805 | 0.000 | 186.985 | - | 77.409 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.166 | 0.167 | 0.000 | 0.414 | - | 0.414 |
| 34 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 17.804 | 29.787 | 0.000 | 185.762 | - | 73.520 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.226 | 0.231 | 0.000 | 0.396 | - | 0.396 |
| 35 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 339.975 | 75.906 | 0.000 | 184.741 | - | 65.549 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.297 | 0.293 | 0.000 | 0.355 | - | 0.355 |
| 36 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 334.819 | 88.815 | 0.000 | 183.988 | - | 53.805 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.383 | 0.388 | 0.000 | 0.292 | - | 0.292 |
| 37 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 332.225 | 93.459 | 0.000 | 183.561 | - | 38.661 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.428 | 0.430 | 0.000 | 0.211 | - | 0.211 |
| 38 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 332.224 | 93.459 | 0.000 | 183.561 | - | 38.636 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.428 | 0.430 | 0.000 | 0.210 | - | 0.210 |
| 39 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 334.814 | 88.827 | 0.000 | 183.987 | - | 53.780 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.383 | 0.388 | 0.000 | 0.292 | - | 0.292 |
| 40 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 339.967 | 75.931 | 0.000 | 184.740 | - | 65.525 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.297 | 0.293 | 0.000 | 0.355 | - | 0.355 |
| 41 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 17.802 | 29.795 | 0.000 | 185.761 | - | 73.497 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.226 | 0.231 | 0.000 | 0.396 | - | 0.396 |
| 42 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N2 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 22.170 | 22.815 | 0.000 | 186.983 | - | 77.387 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.166 | 0.167 | 0.000 | 0.414 | - | 0.414 |
| 43 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 416.175 | 27.040 | 0.000 | 188.333 | - | 76.958 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.101 | 0.100 | 0.000 | 0.409 | - | 0.409 |
| 44 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 380.714 | 47.393 | 0.000 | 189.749 | - | 70.903 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.141 | 0.141 | 0.000 | 0.374 | - | 0.374 |
| 45 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 6'352 | 391.771 | 64.643 | 0.000 | 191.170 | - | 52.858 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.204 | 0.201 | 0.000 | 0.276 | - | 0.276 |
| 46 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 6'352 | 400.537 | 70.312 | 0.000 | 197.200 | - | 32.882 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.227 | 0.225 | 0.000 | 0.167 | - | 0.167 |
| 47 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 6'352 | 401.326 | 70.312 | 0.000 | 198.216 | - | 28.712 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.227 | 0.225 | 0.000 | 0.145 | - | 0.145 |
| 48 | 100 x 40 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N6 | 14-2-P14 | 7'149 | 405.847 | 69.052 | 0.000 | 209.387 | - | 26.889 |
| 2 | 1.00 | 0.40 | | | | | | | | 0.166 | 0.163 | 0.000 | 0.128 | - | 0.128 |
| 49 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 463.033 | 71.593 | 0.000 | 223.762 | - | 25.297 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.136 | 0.139 | 0.000 | 0.113 | - | 0.113 |
| 50 | 100 x 50 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 8'743 | 471.175 | 72.361 | 0.000 | 241.752 | - | 27.644 |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | 0.113 | 0.113 | 0.000 | 0.114 | - | 0.114 |
| 51 | 100 x 55 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 9'540 | 467.046 | 72.361 | 0.000 | 256.835 | - | 64.170 |
| 5 | 1.00 | 0.55 | | | | | | | | 0.096 | 0.097 | 0.000 | 0.250 | - | 0.250 |
| 52 | 100 x 60 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 10'337 | 461.964 | 54.474 | 0.000 | 270.429 | - | 98.502 |
| 6 | 1.00 | 0.60 | | | | | | | | 0.071 | 0.070 | 0.000 | 0.364 | - | 0.364 |
| 53 | 100 x 50 | | 30.00 | 450.00 | OK | N5 | N6 | 14-2-P14 | 8'743 | 447.121 | 37.436 | 0.000 | 238.997 | - | 124.896 |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | 0.074 | 0.075 | 0.000 | 0.523 | - | 0.523 |
| 54 | 100 x 35 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 6'352 | 380.721 | 35.633 | 0.000 | 186.151 | - | 156.614 |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.118 | 0.118 | 0.000 | 0.841 | - | 0.841 |
| 55 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 361.614 | 64.338 | 0.000 | 216.860 | - | 188.449 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.127 | 0.126 | 0.000 | 0.869 | - | 0.869 |
| 56 | 100 x 45 | | 30.00 | 450.00 | OK | N6 | N5 | 14-2-P14 | 7'946 | 340.007 | 103.140 | 0.000 | 228.156 | - | 227.178 |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.311 | 0.310 | 0.000 | 0.996 | - | 0.996 |

A.5.4.15. Rebared sections ratio checking for fire combinations load – Block analysis

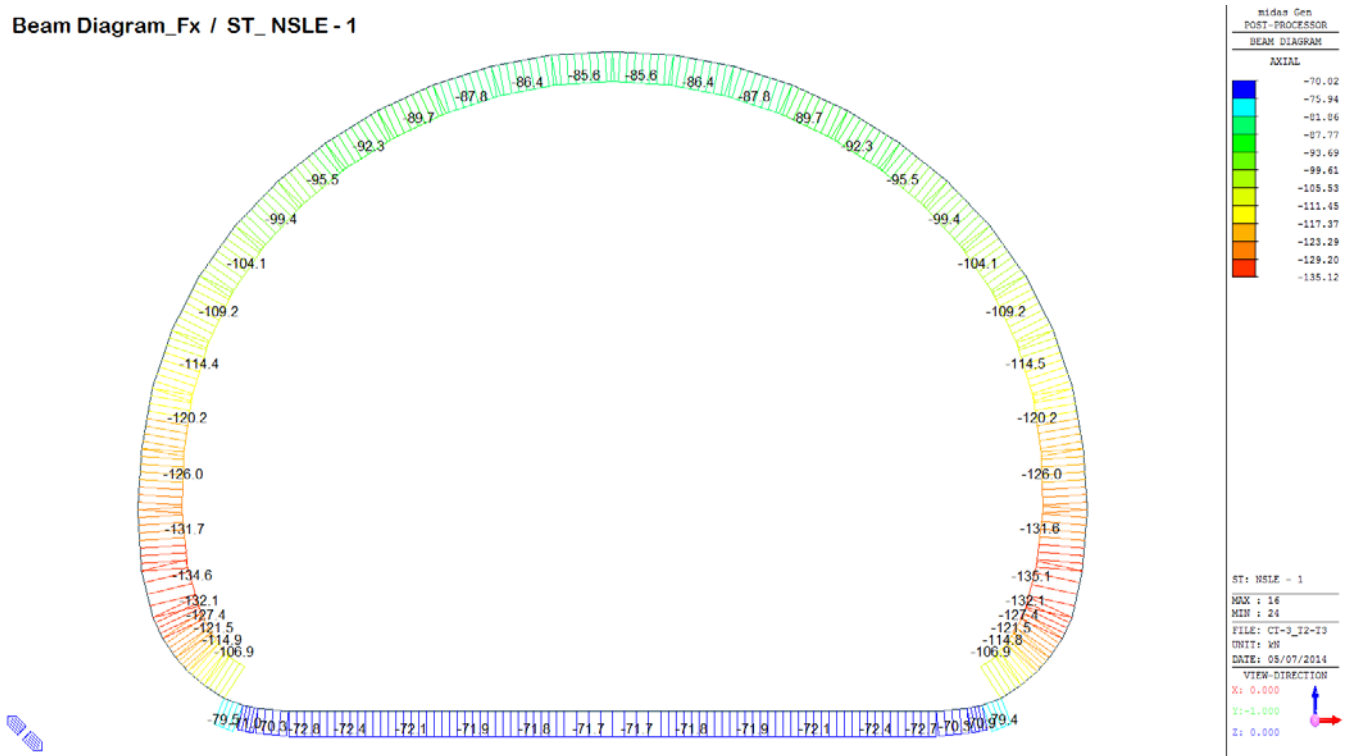
| SECTION CHECKING - FIRE COMBINATIONS LOAD | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|--------|----------------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|---------|--------------|--------------|----------|----------|----------|--------------|
| MEMBER | SECTION PROPERTIES | | fck | fyk | CHECK | LOAD CB | LOAD CB | Rebar | N_Rdmax | N_Ed | M_Edy | M_Edz | V_Rdc | V_Rds | V_Ed |
| SECTION | Bc (m) | Hc (m) | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | M-N iteration | V | | | Ratio-N | Ratio-My | Ratio-Mz | Ratio-Vc | Ratio-Vs | Ratio-V |
| 35(M+N) / 21(V) | 100 x 35 | | 30.00 | 360.00 | OK | N22 | N22 | 14-2-P14 | 7'105 | 263.963 | 40.782 | 0.000 | 205.205 | - | 98.262 |
| 1 | 1.00 | 0.30 | | | | | | | | 0.158 | 0.156 | 0.000 | 0.479 | - | 0.479 |
| 27(M+N) / 48(V) | 100 x 40 | | 30.00 | 360.00 | OK | N22 | N21 | 14-2-P14 | 8'168 | 303.688 | 35.082 | 0.000 | 219.614 | - | 14.666 |
| 2 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.084 | 0.085 | 0.000 | 0.067 | - | 0.067 |
| 18(M+N) / 19(V) | 100 x 45 | | 30.00 | 360.00 | OK | N22 | N21 | 14-2-P14 | 9'230 | 206.454 | 63.799 | 0.000 | 229.938 | - | 146.861 |
| 3 | 1.00 | 0.40 | | | | | | | | 0.232 | 0.231 | 0.000 | 0.639 | - | 0.639 |
| 25(M+N) / 22(V) | 100 x 50 | | 30.00 | 360.00 | OK | N21 | N22 | 14-2-P14 | 10'293 | 331.951 | 39.500 | 0.000 | 247.997 | - | 80.236 |
| 4 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.061 | 0.062 | 0.000 | 0.324 | - | 0.324 |
| 24(M+N) / 24(V) | 100 x 55 | | 30.00 | 360.00 | OK | N21 | N22 | 14-2-P14 | 11'355 | 329.719 | 39.500 | 0.000 | 259.520 | - | 35.251 |
| 5 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | 0.051 | 0.052 | 0.000 | 0.136 | - | 0.136 |
| 23(M+N) / 23(V) | 100 x 60 | | 30.00 | 360.00 | OK | N21 | N22 | 14-2-P14 | 12'418 | 327.283 | 28.878 | 0.000 | 270.568 | - | 59.131 |
| 6 | 1.00 | 0.55 | | | | | | | | 0.038 | 0.038 | 0.000 | 0.219 | - | 0.219 |

A.5.4.16. Rebared sections ratio checking for fire combinations load – FEM analysis

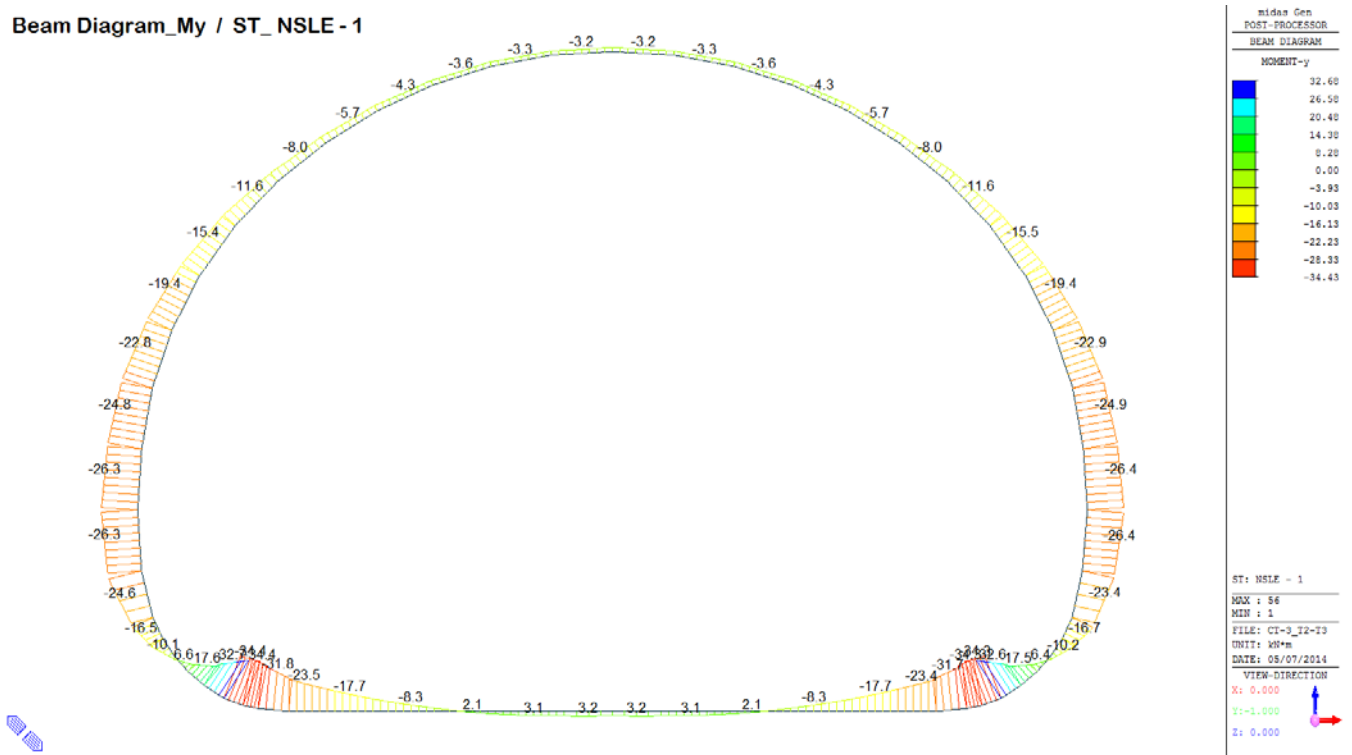
| SECTION CHECKING - FIRE COMBINATIONS LOAD | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|--------|----------------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|---------|--------------|--------------|----------|----------|----------|--------------|
| MEMBER | SECTION PROPERTIES | | fck | fyk | CHECK | LOAD CB | LOAD CB | Rebar | N_Rdmax | N_Ed | M_Edy | M_Edz | V_Rdc | V_Rds | V_Ed |
| SECTION | Bc (m) | Hc (m) | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | M-N iteration | V | | | Ratio-N | Ratio-My | Ratio-Mz | Ratio-Vc | Ratio-Vs | Ratio-V |
| 37(M+N) / 21(V) | 100 x 35 | | 30.00 | 360.00 | OK | N22 | N21 | 14-2-P14 | 7'105 | 48.228 | 30.492 | 0.000 | 177.331 | - | 58.496 |
| 1 | 1.00 | 0.30 | | | | | | | | 0.260 | 0.254 | 0.000 | 0.330 | - | 0.330 |
| 27(M+N) / 48(V) | 100 x 40 | | 30.00 | 360.00 | OK | N22 | N22 | 14-2-P14 | 8'168 | 84.050 | 33.093 | 0.000 | 193.714 | - | 5.696 |
| 2 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | 0.180 | 0.183 | 0.000 | 0.029 | - | 0.029 |
| 18(M+N) / 19(V) | 100 x 45 | | 30.00 | 360.00 | OK | N22 | N21 | 14-2-P14 | 9'230 | 41.636 | 32.566 | 0.000 | 205.124 | - | 83.072 |
| 3 | 1.00 | 0.40 | | | | | | | | 0.187 | 0.187 | 0.000 | 0.405 | - | 0.405 |
| 50(M+N) / 22(V) | 100 x 50 | | 30.00 | 360.00 | OK | N22 | N21 | 14-2-P14 | 10'293 | 91.788 | 31.438 | 0.000 | 217.697 | - | 49.669 |
| 4 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | 0.098 | 0.096 | 0.000 | 0.228 | - | 0.228 |
| 51(M+N) / 51(V) | 100 x 55 | | 30.00 | 360.00 | OK | N22 | N22 | 14-2-P14 | 11'355 | 95.275 | 26.100 | 0.000 | 230.607 | - | 19.253 |
| 5 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | 0.047 | 0.046 | 0.000 | 0.083 | - | 0.083 |
| 52(M+N) / 27(V) | 100 x 60 | | 30.00 | 360.00 | OK | N21 | N22 | 14-2-P14 | 12'418 | 114.201 | 19.592 | 0.000 | 241.235 | - | 37.694 |
| 6 | 1.00 | 0.55 | | | | | | | | 0.020 | 0.020 | 0.000 | 0.156 | - | 0.156 |

A.5.4.17. Load combination SLE 1

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 1

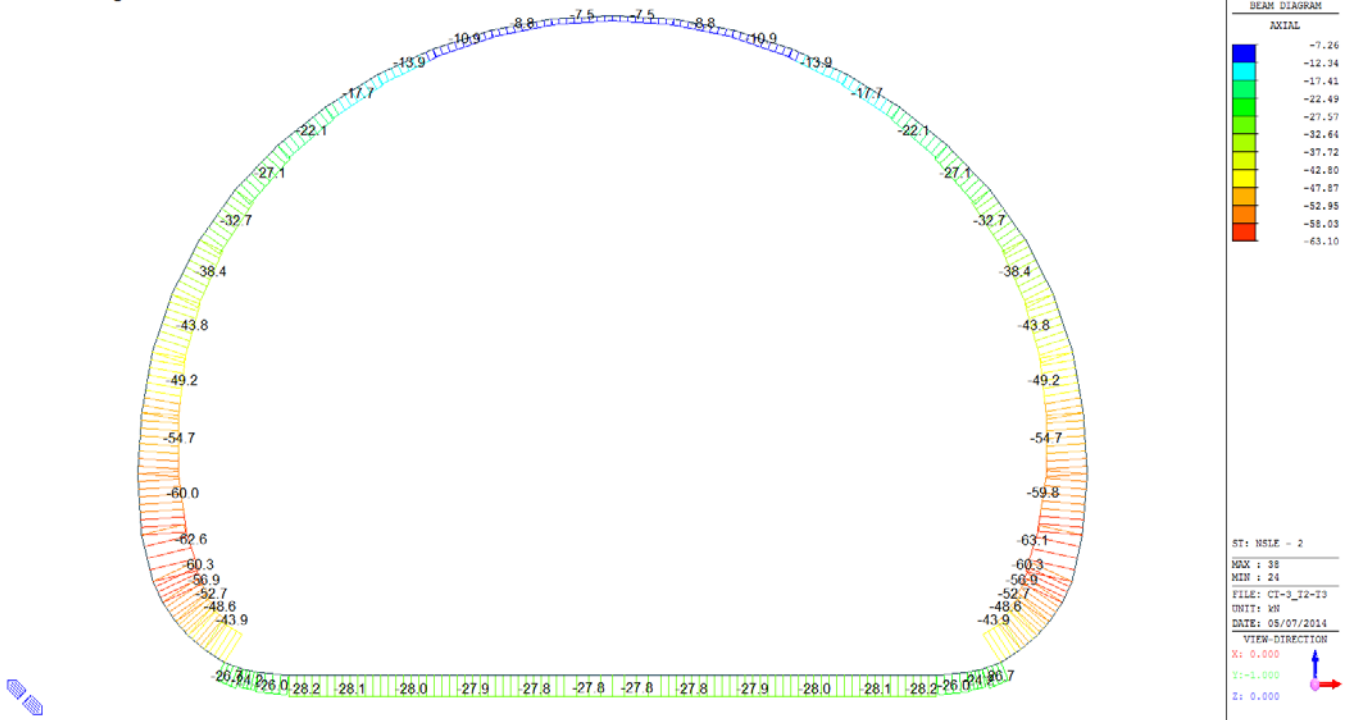


Beam Diagram_My / ST_NSLE - 1

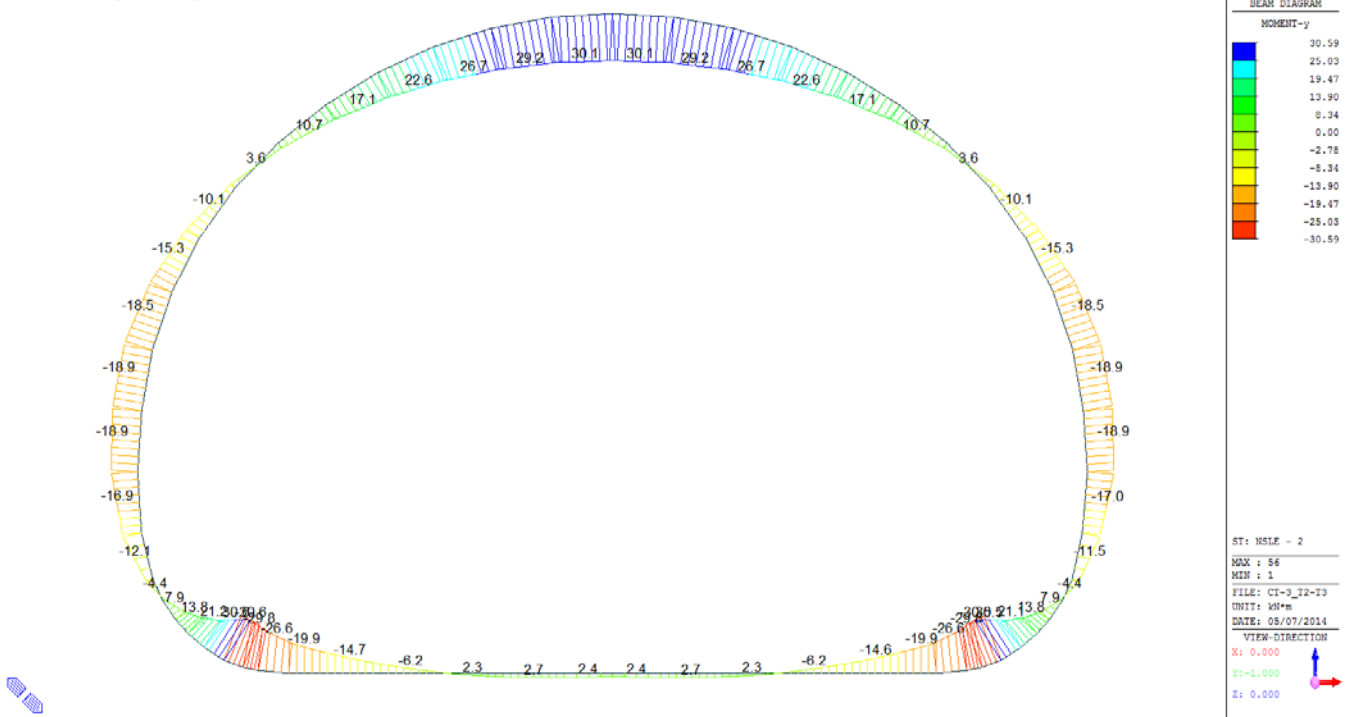


A.5.4.18. Load combination SLE 2

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 2

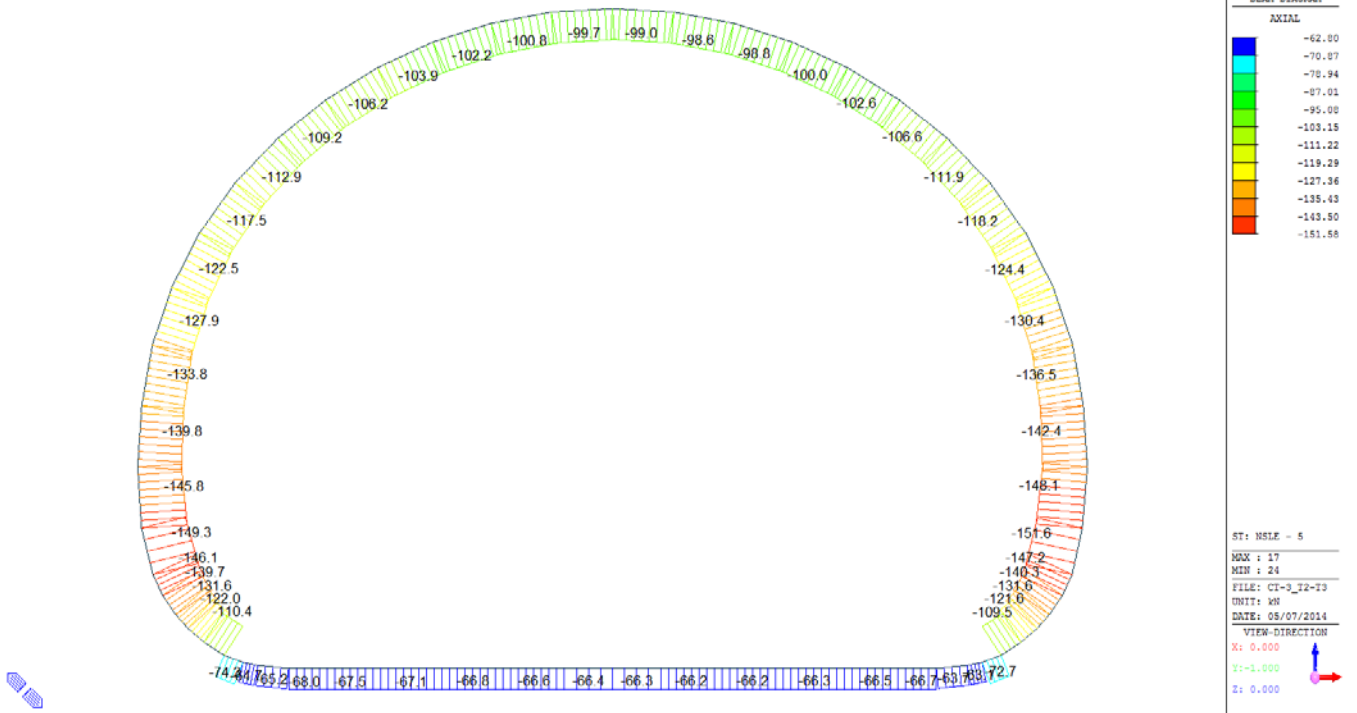


Beam Diagram_My / ST_NSLE - 2

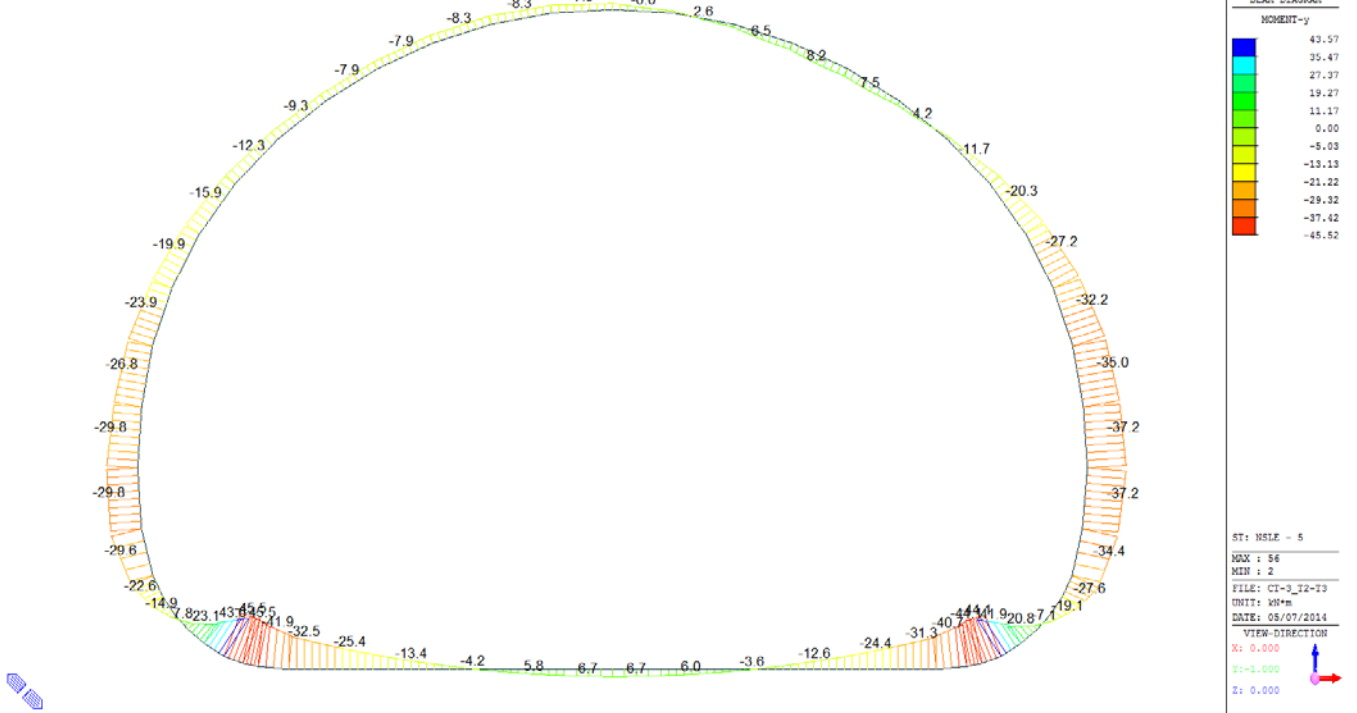


A.5.4.19. Load combination SLE 5 Block analysis

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 5

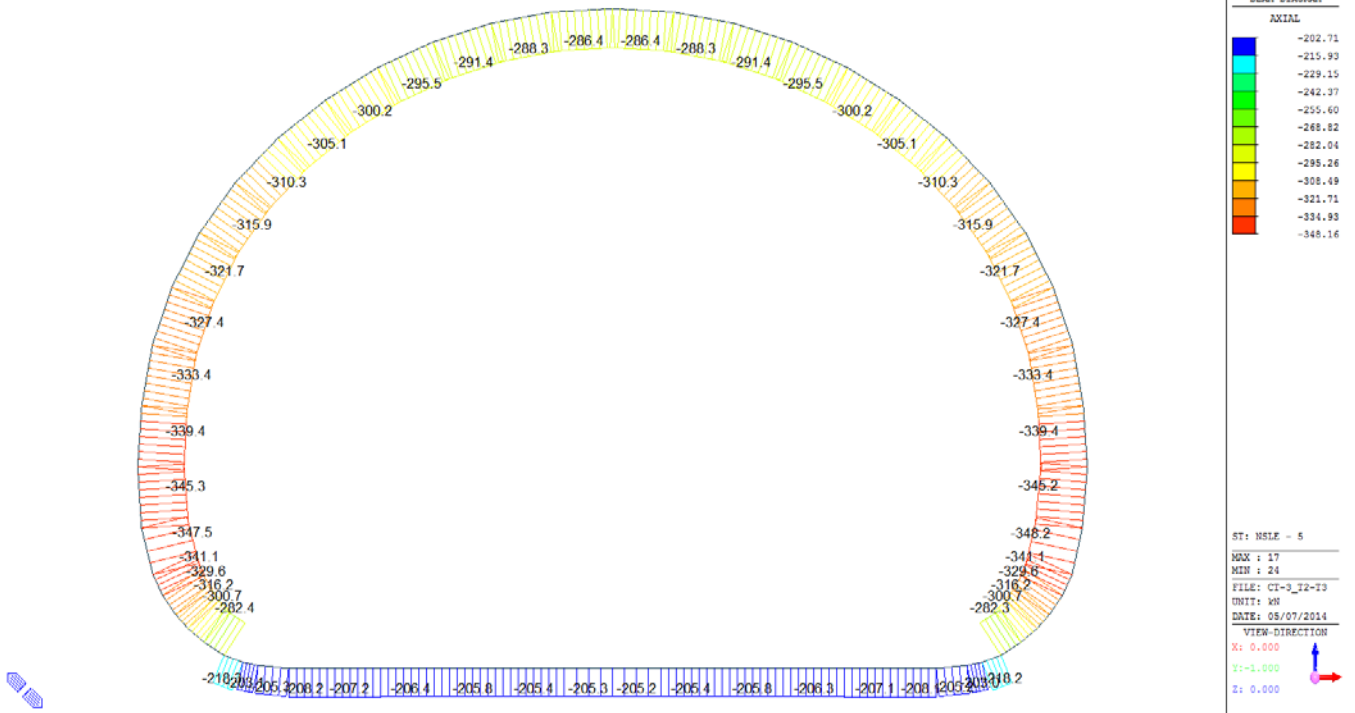


Beam Diagram_My / ST_NSLE - 5

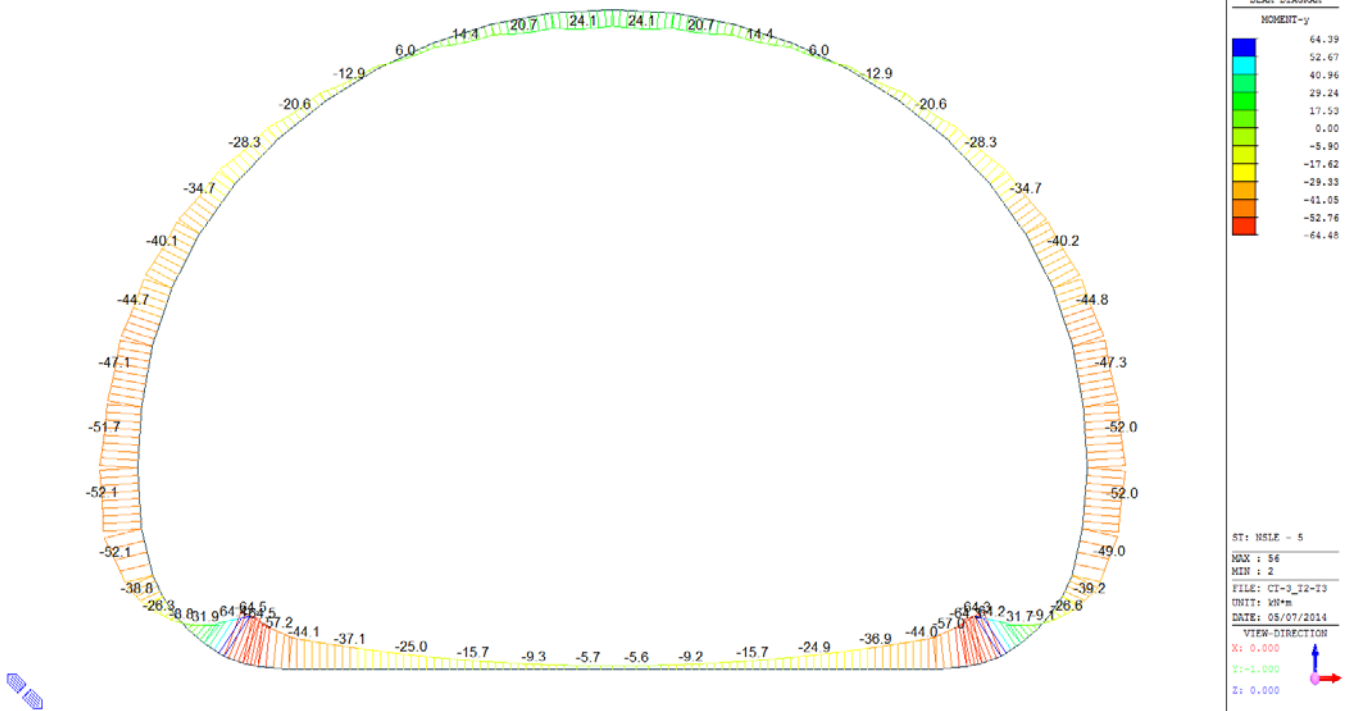


A.5.4.20. Load combination SLE 5 FEM analysis

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 5

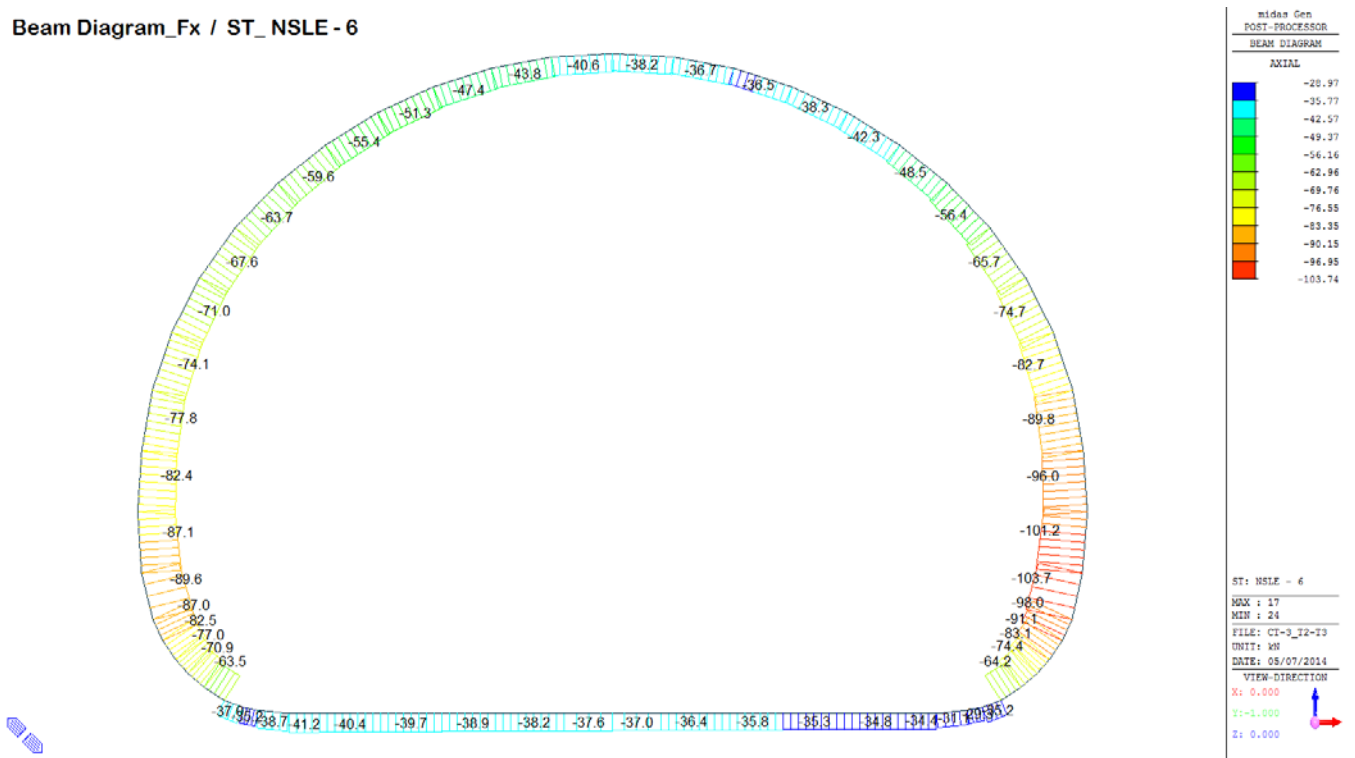


Beam Diagram_My / ST_NSLE - 5

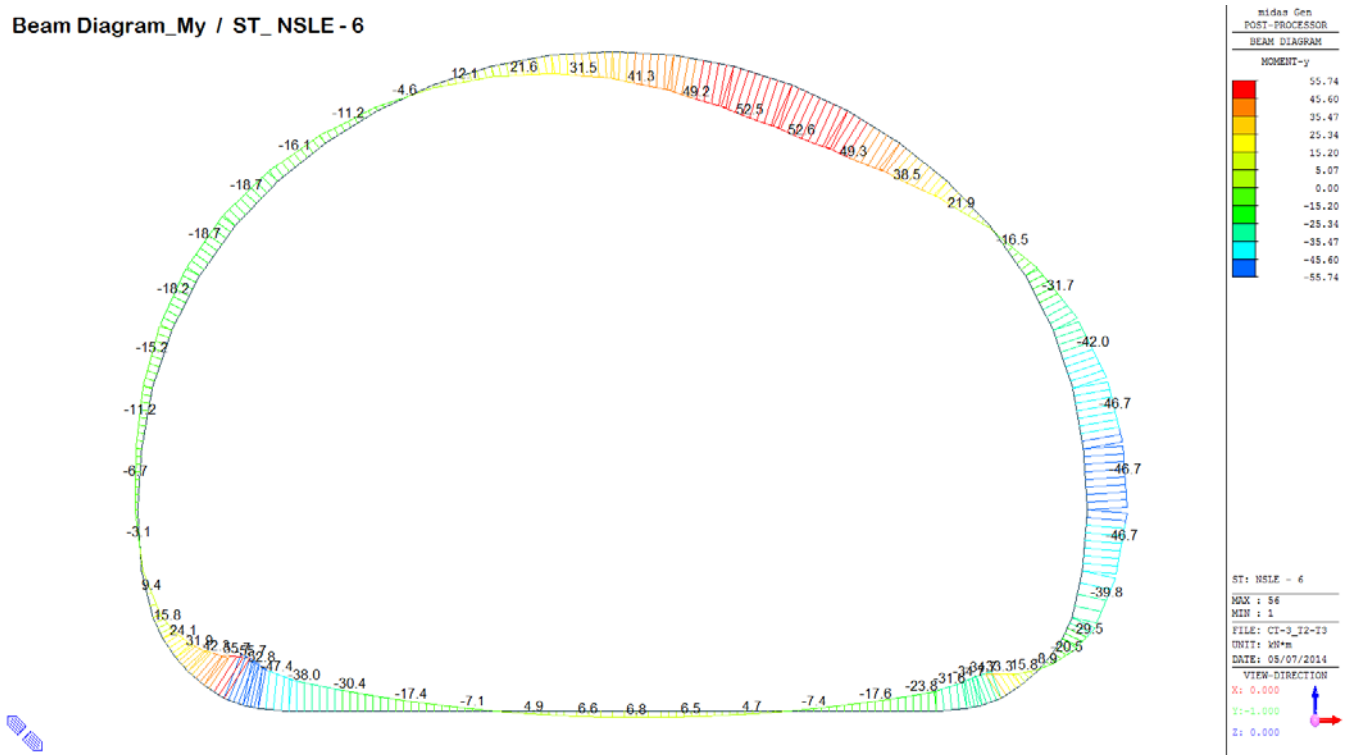


A.5.4.21. Load combination SLE 6 Block analysis

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 6

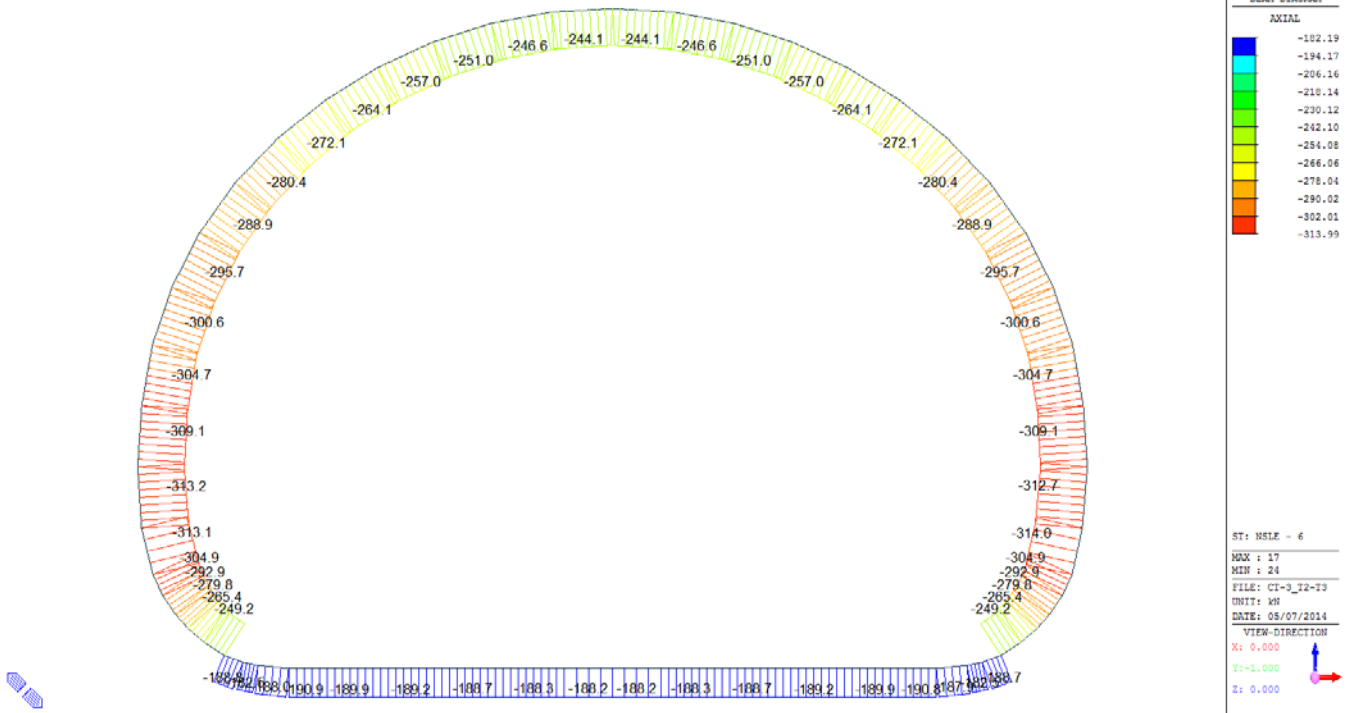


Beam Diagram_My / ST_NSLE - 6

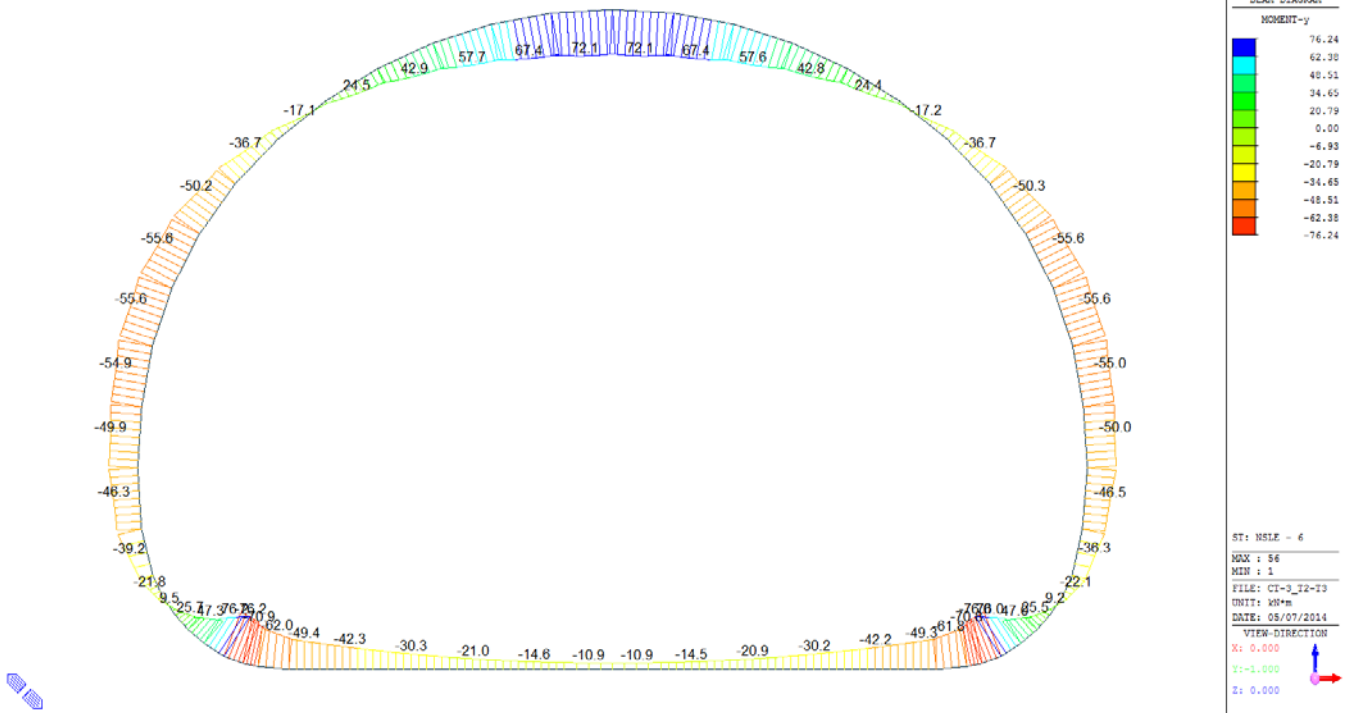


A.5.4.22. Load combination SLE 6 FEM analysis

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 6



Beam Diagram_My / ST_NSLE - 6



A.5.4.23. Rebarred sections stress checking – Block analysis

| STRESS CONTROL | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------|----------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|-----------------|-------|
| MEMBER | SECTION PROPERTIES | | LOAD CB | $\sigma_{ct, MAX}$ | $\sigma_{ct, Adm}$ | CHECK | σ_c, MAX | σ_c, Adm | CHECK | σ_s, MAX | σ_s, Adm | CHECK |
| SECTION | Bc (m) | Hc (m) | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [N/mm ²] | | |
| 1 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.57 | 2.90 | OK | -1.73 | -18.00 | OK | 7.03 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 2 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.49 | 2.90 | OK | -1.64 | -18.00 | OK | 6.65 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 3 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.32 | 2.90 | OK | -1.49 | -18.00 | OK | 5.87 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 4 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.03 | 2.90 | OK | -1.22 | -18.00 | OK | 4.57 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 5 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.81 | 2.90 | OK | -0.99 | -18.00 | OK | 3.56 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 6 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.43 | 2.90 | OK | -0.60 | -18.00 | OK | 1.81 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 7 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 0.12 | 2.90 | OK | -0.30 | -18.00 | OK | 0.43 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 8 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 0.06 | 2.90 | OK | -0.32 | -18.00 | OK | 0.15 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 9 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 0.11 | 2.90 | OK | -0.35 | -18.00 | OK | 0.38 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 10 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 0.11 | 2.90 | OK | -0.35 | -18.00 | OK | 0.39 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 11 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.11 | 2.90 | OK | -0.33 | -18.00 | OK | 0.39 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 12 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 0.06 | 2.90 | OK | -0.25 | -18.00 | OK | 0.15 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 13 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 0.23 | 2.90 | OK | -0.52 | -18.00 | OK | 0.80 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 14 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 0.58 | 2.90 | OK | -0.87 | -18.00 | OK | 2.39 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 15 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 0.78 | 2.90 | OK | -1.08 | -18.00 | OK | 3.33 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 16 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 1.06 | 2.90 | OK | -1.35 | -18.00 | OK | 4.63 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 17 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 1.17 | 2.90 | OK | -1.45 | -18.00 | OK | 5.11 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 18 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 1.15 | 2.90 | OK | -1.47 | -18.00 | OK | 4.97 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 19 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.00 | 2.90 | OK | -1.49 | -18.00 | OK | 4.17 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 20 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.54 | 2.90 | OK | -0.89 | -18.00 | OK | 2.29 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 21 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.49 | 2.90 | OK | -0.79 | -18.00 | OK | 1.71 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 22 | 100 x 50 | | SLE - N5 | 0.31 | 2.90 | OK | -0.74 | -18.00 | OK | 1.23 | 360.00 | OK |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | | | |
| 23 | 100 x 60 | | SLE - N5 | 0.33 | 2.90 | OK | -0.70 | -18.00 | OK | 1.46 | 360.00 | OK |
| 6 | 1.00 | 0.60 | | | | | | | | | | |
| 24 | 100 x 55 | | SLE - N6 | 0.61 | 2.90 | OK | -0.97 | -18.00 | OK | 2.73 | 360.00 | OK |
| 5 | 1.00 | 0.55 | | | | | | | | | | |
| 25 | 100 x 50 | | SLE - N6 | 0.93 | 2.90 | OK | -1.31 | -18.00 | OK | 4.12 | 360.00 | OK |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | | | |
| 26 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.18 | 2.90 | OK | -1.60 | -18.00 | OK | 5.07 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 27 | 100 x 40 | | SLE - N6 | 1.53 | 2.90 | OK | -1.97 | -18.00 | OK | 6.26 | 360.00 | OK |
| 2 | 1.00 | 0.40 | | | | | | | | | | |
| 28 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.82 | 2.90 | OK | -2.29 | -18.00 | OK | 7.02 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 29 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.34 | 2.90 | OK | -1.76 | -18.00 | OK | 5.08 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 30 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.66 | 2.90 | OK | -1.33 | -18.00 | OK | 2.18 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |

| STRESS CONTROL | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------|----------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|-------|
| MEMBER | SECTION PROPERTIES | | LOAD CB | $\sigma_{ct, MAX}$ | $\sigma_{ct, Adm}$ | CHECK | σ_c, MAX | σ_c, Adm | CHECK | σ_s, MAX | σ_s, Adm | CHECK |
| SECTION | Bc (m) | Hc (m) | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | |
| 31 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.92 | 2.90 | OK | -1.22 | -18.00 | OK | 3.48 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 32 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.75 | 2.90 | OK | -2.01 | -18.00 | OK | 6.95 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 33 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 2.30 | 2.90 | OK | -2.53 | -18.00 | OK | 9.22 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 34 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 2.47 | 2.90 | OK | -2.67 | -18.00 | OK | 9.93 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 35 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 2.47 | 2.90 | OK | -2.67 | -18.00 | OK | 9.93 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 36 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 2.30 | 2.90 | OK | -2.51 | -18.00 | OK | 9.26 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 37 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.92 | 2.90 | OK | -2.13 | -18.00 | OK | 7.66 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 38 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.48 | 2.90 | OK | -1.66 | -18.00 | OK | 6.04 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 39 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.43 | 2.90 | OK | -1.48 | -18.00 | OK | 5.85 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 40 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.30 | 2.90 | OK | -1.35 | -18.00 | OK | 5.30 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 41 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.09 | 2.90 | OK | -1.16 | -18.00 | OK | 4.41 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 42 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.81 | 2.90 | OK | -0.89 | -18.00 | OK | 3.24 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 43 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.62 | 2.90 | OK | -0.96 | -18.00 | OK | 2.20 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 44 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.74 | 2.90 | OK | -1.10 | -18.00 | OK | 2.66 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 45 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.73 | 2.90 | OK | -1.11 | -18.00 | OK | 2.66 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 46 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.70 | 2.90 | OK | -1.33 | -18.00 | OK | 2.54 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 47 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.82 | 2.90 | OK | -1.54 | -18.00 | OK | 3.12 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 48 | 100 x 40 | | SLE - N6 | 0.69 | 2.90 | OK | -1.34 | -18.00 | OK | 2.51 | 360.00 | OK |
| 2 | 1.00 | 0.40 | | | | | | | | | | |
| 49 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.59 | 2.90 | OK | -1.19 | -18.00 | OK | 2.26 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 50 | 100 x 50 | | SLE - N6 | 0.45 | 2.90 | OK | -1.00 | -18.00 | OK | 1.79 | 360.00 | OK |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | | | |
| 51 | 100 x 55 | | SLE - N6 | 0.35 | 2.90 | OK | -0.85 | -18.00 | OK | 1.38 | 360.00 | OK |
| 5 | 1.00 | 0.55 | | | | | | | | | | |
| 52 | 100 x 60 | | SLE - N5 | 0.17 | 2.90 | OK | -0.62 | -18.00 | OK | 0.60 | 360.00 | OK |
| 6 | 1.00 | 0.60 | | | | | | | | | | |
| 53 | 100 x 50 | | SLE - N6 | 0.41 | 2.90 | OK | -0.74 | -18.00 | OK | 1.72 | 360.00 | OK |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | | | |
| 54 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.34 | 2.90 | OK | -1.78 | -18.00 | OK | 5.09 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 55 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.09 | 2.90 | OK | -1.41 | -18.00 | OK | 4.74 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 56 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.51 | 2.90 | OK | -1.79 | -18.00 | OK | 6.66 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |

A.5.4.24. Rebarred sections ratio cheking – FEM analysis

| STRESS CONTROL | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------|----------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|-----------------|-------|
| MEMBER | SECTION PROPERTIES | | LOAD CB | $\sigma_{ct, MAX}$ | $\sigma_{ct, Adm}$ | CHECK | σ_c, MAX | σ_c, Adm | CHECK | σ_s, MAX | σ_s, Adm | CHECK |
| SECTION | Bc (m) | Hc (m) | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [N/mm ²] | | |
| 1 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.84 | 2.90 | OK | -2.68 | -18.00 | OK | 7.74 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 2 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.70 | 2.90 | OK | -2.51 | -18.00 | OK | 7.10 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 3 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.42 | 2.90 | OK | -2.25 | -18.00 | OK | 5.82 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 4 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.04 | 2.90 | OK | -1.89 | -18.00 | OK | 4.08 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 5 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.83 | 2.90 | OK | -1.68 | -18.00 | OK | 3.14 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 6 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.48 | 2.90 | OK | -1.32 | -18.00 | OK | 1.52 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 7 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.20 | 2.90 | OK | -1.04 | -18.00 | OK | 0.28 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 8 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.01 | 2.90 | OK | -0.85 | -18.00 | OK | 0.00 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 9 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.01 | 2.90 | OK | -0.74 | -18.00 | OK | 0.00 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 10 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.01 | 2.90 | OK | -0.74 | -18.00 | OK | 0.00 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 11 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.01 | 2.90 | OK | -0.85 | -18.00 | OK | 0.00 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 12 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.20 | 2.90 | OK | -1.04 | -18.00 | OK | 0.27 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 13 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.47 | 2.90 | OK | -1.31 | -18.00 | OK | 1.51 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 14 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.83 | 2.90 | OK | -1.67 | -18.00 | OK | 3.12 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 15 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.04 | 2.90 | OK | -1.88 | -18.00 | OK | 4.06 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 16 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.42 | 2.90 | OK | -2.25 | -18.00 | OK | 5.80 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 17 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.69 | 2.90 | OK | -2.50 | -18.00 | OK | 7.08 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 18 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.84 | 2.90 | OK | -2.67 | -18.00 | OK | 7.71 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 19 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.70 | 2.90 | OK | -2.81 | -18.00 | OK | 6.88 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 20 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.80 | 2.90 | OK | -1.98 | -18.00 | OK | 2.75 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 21 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.52 | 2.90 | OK | -2.05 | -18.00 | OK | 1.85 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 22 | 100 x 50 | | SLE - N5 | 0.07 | 2.90 | OK | -1.29 | -18.00 | OK | 0.19 | 360.00 | OK |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | | | |
| 23 | 100 x 60 | | SLE - N5 | 0.09 | 2.90 | OK | -1.22 | -18.00 | OK | 0.05 | 360.00 | OK |
| 6 | 1.00 | 0.60 | | | | | | | | | | |
| 24 | 100 x 55 | | SLE - N5 | 0.35 | 2.90 | OK | -1.59 | -18.00 | OK | 0.89 | 360.00 | OK |
| 5 | 1.00 | 0.55 | | | | | | | | | | |
| 25 | 100 x 50 | | SLE - N5 | 0.57 | 2.90 | OK | -1.93 | -18.00 | OK | 1.74 | 360.00 | OK |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | | | |
| 26 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 0.81 | 2.90 | OK | -2.29 | -18.00 | OK | 2.63 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 27 | 100 x 40 | | SLE - N6 | 1.31 | 2.90 | OK | -2.81 | -18.00 | OK | 4.42 | 360.00 | OK |
| 2 | 1.00 | 0.40 | | | | | | | | | | |
| 28 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.88 | 2.90 | OK | -3.57 | -18.00 | OK | 6.04 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 29 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.88 | 2.90 | OK | -3.57 | -18.00 | OK | 6.06 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 30 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.64 | 2.90 | OK | -3.29 | -18.00 | OK | 5.10 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |

| STRESS CONTROL | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------|----------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|-------|
| MEMBER | SECTION PROPERTIES | | LOAD CB | $\sigma_{ct, MAX}$ | $\sigma_{ct, Adm}$ | CHECK | $\sigma_{c, MAX}$ | $\sigma_{c, Adm}$ | CHECK | $\sigma_{s, MAX}$ | $\sigma_{s, Adm}$ | CHECK |
| SECTION | Bc (m) | Hc (m) | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | |
| 31 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.00 | 2.90 | OK | -2.60 | -18.00 | OK | 2.51 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 32 | 100 x 35 | | SLE - N5 | 0.47 | 2.90 | OK | -1.88 | -18.00 | OK | 1.82 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 33 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.80 | 2.90 | OK | -1.94 | -18.00 | OK | 3.18 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 34 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.37 | 2.90 | OK | -2.83 | -18.00 | OK | 4.34 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 35 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 2.11 | 2.90 | OK | -3.54 | -18.00 | OK | 7.26 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 36 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 2.60 | 2.90 | OK | -4.00 | -18.00 | OK | 9.29 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 37 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 2.78 | 2.90 | OK | -4.17 | -18.00 | OK | 10.04 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 38 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 2.78 | 2.90 | OK | -4.17 | -18.00 | OK | 10.04 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 39 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 2.60 | 2.90 | OK | -4.00 | -18.00 | OK | 9.30 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 40 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 2.11 | 2.90 | OK | -3.54 | -18.00 | OK | 7.26 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 41 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.37 | 2.90 | OK | -2.83 | -18.00 | OK | 4.34 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 42 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.80 | 2.90 | OK | -1.95 | -18.00 | OK | 3.19 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 43 | 100 x 35 | | SLE - N5 | 0.47 | 2.90 | OK | -1.88 | -18.00 | OK | 1.82 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 44 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.99 | 2.90 | OK | -2.60 | -18.00 | OK | 2.50 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 45 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.63 | 2.90 | OK | -3.29 | -18.00 | OK | 5.08 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 46 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.88 | 2.90 | OK | -3.57 | -18.00 | OK | 6.04 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 47 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 1.88 | 2.90 | OK | -3.57 | -18.00 | OK | 6.03 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 48 | 100 x 40 | | SLE - N6 | 1.31 | 2.90 | OK | -2.81 | -18.00 | OK | 4.41 | 360.00 | OK |
| 2 | 1.00 | 0.40 | | | | | | | | | | |
| 49 | 100 x 45 | | SLE - N5 | 0.80 | 2.90 | OK | -2.29 | -18.00 | OK | 2.62 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 50 | 100 x 50 | | SLE - N5 | 0.56 | 2.90 | OK | -1.94 | -18.00 | OK | 1.71 | 360.00 | OK |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | | | |
| 51 | 100 x 55 | | SLE - N5 | 0.41 | 2.90 | OK | -1.66 | -18.00 | OK | 1.20 | 360.00 | OK |
| 5 | 1.00 | 0.55 | | | | | | | | | | |
| 52 | 100 x 60 | | SLE - N5 | 0.08 | 2.90 | OK | -1.21 | -18.00 | OK | 0.04 | 360.00 | OK |
| 6 | 1.00 | 0.60 | | | | | | | | | | |
| 53 | 100 x 50 | | SLE - N5 | 0.08 | 2.90 | OK | -1.29 | -18.00 | OK | 0.20 | 360.00 | OK |
| 4 | 1.00 | 0.50 | | | | | | | | | | |
| 54 | 100 x 35 | | SLE - N6 | 0.53 | 2.90 | OK | -2.06 | -18.00 | OK | 1.87 | 360.00 | OK |
| 1 | 1.00 | 0.35 | | | | | | | | | | |
| 55 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 0.81 | 2.90 | OK | -1.99 | -18.00 | OK | 2.78 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |
| 56 | 100 x 45 | | SLE - N6 | 1.71 | 2.90 | OK | -2.81 | -18.00 | OK | 6.91 | 360.00 | OK |
| 3 | 1.00 | 0.45 | | | | | | | | | | |

ANHANG 6 – WAND DES LÖSCHWASSERBECKENS

Der vorliegende Anhang 6 behandelt die Bemessung im GZG und GZT der Wand des Löschwasserbeckens, welches im CT3 vorgesehen ist.

APPENDICE 6 - PARETE VASCA ANTINCENIO

L'appendice 6 contiene la verifica allo SLU e SLE svolte sulla parete della vasca antincendio all'interno del CT3.

1 BERECHNUNGSMODELL

Der vorliegende Anhang behandelt die Bemessung der Wand des Löschwasserbeckens, welches im CT3 vorgesehen ist.

Die Wand ist 5m hoch und 0.35m dick. Die Wand ist, wie in der nachstehenden Abbildung dargestellt, als Träger ausgebildet, der am unteren Ende eingespannt ist und am oberen Ende gelenkig gelagert ist.

1 MODELLO DI CALCOLO

Il presente allegato tratta il dimensionamento della parete della vasca antincendio prevista nel CT3.

La parete ha un'altezza di 5 m e uno spessore di 0.35 m. La parete è modellata come una trave, la quale è incastrata alla base ed incernierata in sommità, come illustrato nella seguente figura.

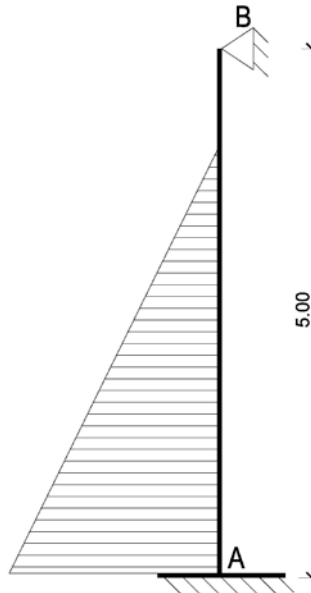


Abbildung 10: Statisches System der Wand

Die Wand nimmt ausschliesslich jene Lasten auf, die aus dem aufgestauten Wasser resultieren.

Die Lasteinwirkung im GZT entspricht 54 kN/m, hingegen im GZG sind es 40 kN/m.

Die Einwirkungen im GZT für die als Träger modellierte Wand, der am unteren Ende eingespannt ist und am oberen Ende gelenkig gelagert ist, sind folgende:

$$M_A = -71.42kNm$$

Illustrazione 10: Schema statico della parete

Per ipotesi di calcolo tale elemento riprende unicamente le sollecitazioni provenienti dal carico dovuto alla presenza d'acqua nella galleria.

Il carico trasferito allo SLU corrisponde a 54 kN/m, mentre è di 40 kN/m per la combinazione allo SLE.

Le sollecitazioni agenti sulla trave fittizia per gli stati limite ultimi, considerando un comportamento della stessa paragonabile a quello di una trave incastrata alla base e incernierata in sommità, sono le seguenti:

$$M_A = -71.42kNm$$

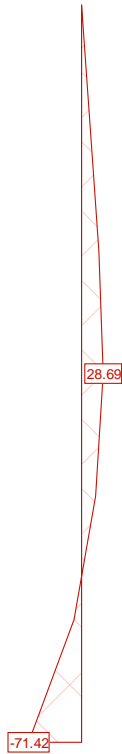


Abbildung 11: M_{GZT}

Die Einwirkungen auf den Träger für GZG sind:

$$M_A = -52.9kNm$$

Illustrazione 11: M_{SLU}

Le sollecitazioni agenti sulla trave per gli stati limite di esercizio sono le seguenti:

$$M_A = -52.9kNm$$

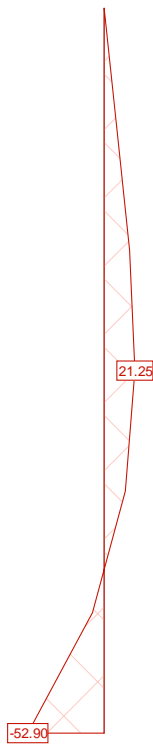


Abbildung 12: M_{GZG}

Illustrazione 12: M_{SLE}

2 NACHWEISVERFAHREN

2.1 PRÜFUNGEN DER TRAGGRENZZUSTÄNDE

2.1.1 Biegnachweis

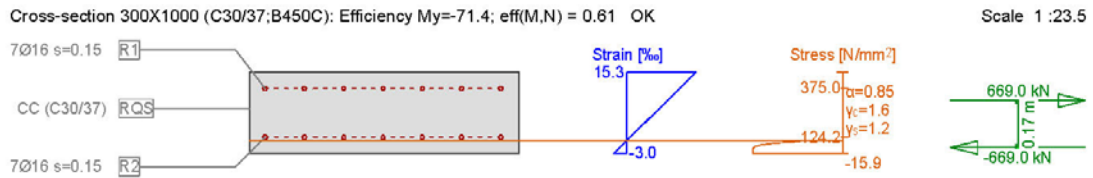
Berücksichtigt man 5 cm Toleranz erfolgt die Nachweisführung an einem Querschnitt 100x30 cm, anstatt des Querschnitts 100x35 cm, symmetrisch bewehrt mit Vertikaleisen $\phi 16/15$ und Horizontaleisen $\phi 14/15$, sowie Betondeckung 5 cm.

2 VERIFICHE

2.1 VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI

2.1.1 Verifica a flessione

Tenuti conto dei 5 cm di tolleranza si verifica una sezione 100x30 cm invece della sezione 100x35 cm armata simmetricamente con ferri verticali $\phi 16/15$ e ferri orizzontali $\phi 14/15$, copriferro netto 5 cm.



Ultimate strength analysis Cross section (Girder): 300X1000

Action forces / Efficiency factors: $eff(M,N) = 0.61$ OK

| No. | AP | P | Bending and axial force | | | | eff(M,N) [-] | Shear forces and torsion | | | eff(V,T) [-] | Complete CS eff(M,N,V,T) [-] |
|-----|------|---|-------------------------|----------------|----------------|------|-----------------|--------------------------|---------------|------------|-----------------|------------------------------------|
| | | | N [kN] | M_y [kNm] | M_z [kNm] | | | V_y [kN] | V_z [kN] | T [kNm] | | |
| 1 | !ULS | | 0 | -71.4 | - | 0.61 | | | | | | |

- : Calculation with uniaxial bending (neutral axis is horizontal)!!

Analysis-Parameters "!"ULS"

| ID | σ - ϵ Diagram | | Strain Limits | | | σ_s [N/mm ²] | Partial factors | | Various parameters | | |
|------|-------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------|--|
| | c | s | ϵ_{c1d} [‰] | ϵ_{c2d} [‰] | ϵ_{jd} [‰] | | γ_c [-] | γ_s [-] | α [-] | ϕ [-] | |
| !ULS | 4/0 | 1 | -2.0 | -3.0 | 20.0 | | 1.60 | 1.20 | 45.00 | 0 | |

α : Inclination of diagonal in compression

ϕ : Creep coefficient

Extreme stresses and strain

| Name | Class | y_d [m] | z_d [m] | ϵ [‰] | σ_d [N/mm ²] | γ [-] |
|------|--------|--------------|--------------|-------------------|------------------------------------|-----------------|
| RQS | C30/37 | -0.50 | 0 | -3.0 | -15.9 | 1.88 |
| RQS | C30/37 | 0.50 | 0.30 | 15.3 | 0 | 1.88 |
| R2 | B450C | -0.44 | 0.06 | 0.6 | 124.2 | 1.20 |
| R1 | B450C | -0.44 | 0.24 | 11.7 | 375.0 | 1.20 |

Stresses and strain during the last iterations step = Ultimate state

| Internal forces | | | Strain and Curvature | | | Stiffness Values | | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| N [kN] | M_y [kNm] | M_z [kNm] | ϵ_x [‰] | χ_y [km ⁻¹] | χ_z [km ⁻¹] | N/ϵ_x [kN] | M_y/χ_y [kNm ²] | M_z/χ_z [kNm ²] |
| -0.0 | -116.5 | 2.7 | 6.2 | -61.1 | 0 | 5.48 | 1906.41 * | 63650.27 |

* : Tangent stiffness

Tabelle 14: Nachweis GZT - Biegung

Tabella 14: Verifiche SLU – Flessione

2.1.2 Prüfung auf Querkraft

Die an der Einspannung (VA) und am Auflager (VB) vorhandenen Einwirkungen für den GZT sind folgende:

$$V_{A\max} = 93.48N$$

$$V_{B\max} = -14.52N$$

2.1.2 Verifica a taglio

Le sollecitazioni agenti all'incastro (VA) e all'appoggio (VB) per gli stati limite ultimi sono le seguenti:

$$V_{A\max} = 93.48N$$

$$V_{B\max} = -14.52N$$

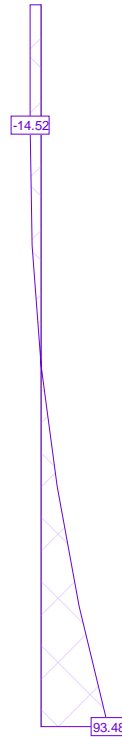


Abbildung 13: V_{GZT}

Illustrazione 13: V_{SLU}

VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2008 Art. 4.1.2.1.3.1

Verifica sezione senza armatura a taglio

| | | | | |
|--------------------|---|---------|-----------------|---|
| f_{ck} | = | 30.00 | MPa | Resistenza caratteristica a compressione cilindrica |
| k | = | 1.909 | | Coefficiente |
| h | = | 300 | mm | Altezza geometrica della sezione |
| d | = | 242 | mm | Altezza statica della sezione |
| A_s | = | 1'340 | mm ² | Area di armatura longitudinale |
| ρ_1 | = | 0.00554 | | Percentuale di armatura |
| N_{Ed} | = | 0 | kN | Azione assiale di progetto |
| A_c | = | 242'000 | mm ² | Area della sezione di calcestruzzo |
| α_{cc} | = | 0.85 | | Coefficiente per carichi di lunga durata |
| σ_{cp} | = | 0.00 | MPa | Sforzo di compressione agente |
| b_w | = | 1'000 | mm | Larghezza sezione collaborante |
| V_{Rd1} | = | 132.63 | kN | |
| $V_{Rd2}(v_{min})$ | = | 122.37 | kN | |
| V_{Rd} | = | 132.63 | kN | |
| V_{Ed} | = | 93.50 | kN | |
| | | | | $V_{Rd} > V_{Ed}$ VERIFICA SODDISFATTA |

Tabelle 15: Nachweis GZT - Schub

Tabella 15: Verifiche SLU – Taglio

2.2 PRÜFUNGEN DER GEBRAUCHSGRENZZUSTÄNDE

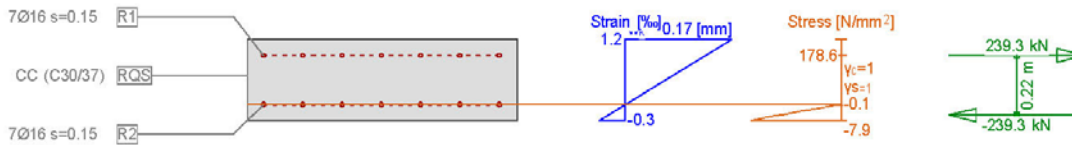
2.2 VERIFICHE STATI LIMITE D'ESERCIZIO

2.2.1 Nachweis Rissbildung

2.2.1 Verifica delle tensioni e fessurazione

Cross-section 300X1000 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces My=-52.9;

Scale 1 :23.5



Stress analysis Cross section (Girder): 300X1000

Action forces

| No. | AP | P | Bending and axial force | | | Shear forces and torsion | | | Remarks |
|-----|------|---|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|---------|---------|
| | | | N [kN] | M _y [kNm] | M _z [kNm] | V _y [kN] | V _z [kN] | T [kNm] | |
| 1 | !SLS | | 0 | -52.9 | - | | | | - |

- : Calculation with uniaxial bending (neutral axis is horizontal)!!

Analysis-Parameters "SLS"

| ID | σ-ε-Diagram | | Strain Limits | | | σ _s [N/mm ²] | Partial factors | | Various parameters | |
|------|-------------|---|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| | c | s | ε _{c1d} [%] | ε _{c2d} [%] | ε _{sd} [%] | | γ _c [-] | γ _s [-] | α [-] | φ [-] |
| !SLS | 2/0 | 1 | | | | 200.0 | 1.00 | 1.00 | 45.00 | 0 |

α : Inclination of diagonal in compression
φ : Creep coefficient

Extreme stresses and strain

| Name | Class | y _q [m] | z _q [m] | ε [%] | σ _d [N/mm ²] | γ [-] |
|------|--------|--------------------|--------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| RQS | C30/37 | -0.50 | 0 | -0.3 | -7.9 | 1.00 |
| RQS | C30/37 | 0.50 | 0.30 | 1.2 | 0 | 1.00 |
| R2 | B450C | -0.44 | 0.06 | -0.0 | -0.1 | 1.00 |
| R1 | B450C | -0.44 | 0.24 | 0.9 | 178.6 | 1.00 |

Stresses and strain during the last iterations step

| Internal forces | | | Strain and Curvature | | | Stiffness Values | | |
|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|--|--|
| N [kN] | M _y [kNm] | M _z [kNm] | ε _x [%] | χ _y [km ⁻¹] | χ _z [km ⁻¹] | N/ε _x [kN] | M _y /χ _y [kNm ²] | M _z /χ _z [kNm ²] |
| -0.0 | -52.9 | 1.0 | 0.4 | -4.8 | 0 | 100.45 | 11043.38 | * 1.839E+5 |

* : Tangent stiffness

Crack verification

| Text | Value | Text | Value |
|--|----------------------------|---|-------------------------|
| Basic principles | EN 1992-1-1 7.3 | | |
| Cross section | | | |
| h | 300.0 mm | Compression zone (cracked) x _c | 59.1 mm |
| d | 241.0 mm | h-d | 59.0 mm |
| Cover c | 51.2 mm | h _{c,eff} | 80.3 mm |
| A _{e,eff} Tension surface | 80295 mm ² | = Min[2.5 (h-d); (h-x)/3; h/2] | |
| Concrete | | Additional parameters | |
| E _c | 33600.0 N/mm ² | Duration of load k _z | 0.40 |
| α _e (E _s /E _c) | 6.10 | Bond properties k ₁ | 0.800 |
| Creep coefficient φ | 0 | Distribution of strain k ₂ | 0.500 |
| f _{ctm} | 2.9 N/mm ² | k ₃ | 3.400 |
| f _{ct,eff} | 2.9 N/mm ² | k ₄ | 0.425 |
| Reinforcement | | Results | |
| E _s | 205000.0 N/mm ² | Moment | -52.9 kNm |
| A _s (in tension surface) | 1340 mm ² | Stress in reinforcement σ _s | 178.6 N/mm ² |
| Diameter Ø _{eq} | 15.6 mm | ε _{sm} -ε _{cm} (7.9) | 0.52 o/o |
| ρ _{eff} | 1.669 o/o | Crack spacing s _{r,max} (7.11) | 0.33 m |
| | | Crack width w _k (7.8) | 0.17 mm |

Tabelle 16: Nachweis GZG - Rissbildung

Tabella 16: Verifiche SLE – Fessurazione