



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 GL-CM-T e CT1-IN-GL-CM-T

Relazione di calcolo GL-CM-T e CT1-IN-GL-CM-T



Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P
c/o Pro.Rer S.r.l., Via G.B. Sommariva 5, 20125 Milano, Tel: +39 026779711, 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 44.3+51
bis / a 44.1+91
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

22919

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	EINFÜHRUNG	
1	INTRODUZIONE	7
2	MATERIALKENNWERTE	
2	MATERIALI	9
2.1	SPRITZBETON	
2.1	BETONCINO PROIETTATO	9
2.2	ANKER	
2.2	ANCORAGGI	9
2.3	GITTERTRÄGER	
2.3	CENTINE.....	9
2.4	BETON	
2.4	CALCESTRUZZO.....	9
2.5	BEWEHRUNGSSTAHL	
2.5	ACCIAIO DA ARMATURA.....	10
3	GEOTECHNISCHES MODELL	
3	MODELLO GEOTECNICO	11
3.1	GEOLOGIE UND GEOMECHANIK	
3.1	GEOLOGIA E GEOMECCANICA.....	11
3.2	TRENNFLÄCHENORIENTIERUNG	
3.2	ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ	13
3.3	TRENNFLÄCHENPARAMETER	
3.3	PARAMETRI DELLE DISCONTINUITÀ	13
4	METHODIK ZUR ERMITTLUNG DER GEBIRGSLAST	
4	COMPORAMENTO DELLA ROCCIA	14
4.1	ABSCHÄTZUNG DES GEBIRGSVERHALTENS	
4.1	VALUTAZIONE DEL COMPORAMENTO DELLA ROCCIA.....	14
5	AUßENSCHALE	
5	RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE	16
5.1	QUERSCHNITT CM T1	
5.1	SEZIONE CM T1	16
5.1.1	Ergebnisse	
5.1.1	Casi analizzati e risultati	17
5.2	QUERSCHNITT CM T2	
5.2	SEZIONE CM T2	17
5.2.1	Modellgeometrie	
5.2.1	Geometria del modello	17
5.2.2	Bildendes Gebirgsmodell	
5.2.2	Modello costitutivo dell'ammasso e stato tensionale iniziale	19
5.2.3	Eigenschaften der Außenschale	
5.2.3	Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase	20
5.2.4	Laststufe	
5.2.4	Step di carico.....	20
5.2.5	Nachweisverfahren	
5.2.5	Procedura di verifica.....	22
5.2.6	Ergebnisse	
5.2.6	Risultati.....	22
5.3	QUERSCHNITT CM-T3	
5.3	SEZIONE CM T3.....	23

5.3.1	Modellgeometrie	
5.3.1	Geometria del modello	23
5.3.2	Bildendes Gebirgsmodell	
5.3.2	Modello costitutivo dell'ammasso e stato tensionale iniziale	24
5.3.3	Eigenschaften der Außenschale	
5.3.3	Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase	25
5.3.4	Laststufen	
5.3.4	Step di carico.....	25
5.3.5	Nachweisverfahren	
5.3.5	Procedura di verifica.....	26
5.3.6	Ergebnisse	
5.3.6	Risultati.....	26
5.4	ANALYSE DER STANDSICHERHEIT DER ORTBRUST	
5.4	ANALISI DELLA STABILITÀ DEL FRONTE	27
5.4.1	Nachweisverfahren	
5.4.1	Procedura di verifica.....	27
5.4.2	Ergebnisse	
5.4.2	Risultati.....	27
5.4.2.1	Bruchkörperanalyse	
5.4.2.1	Analisi a blocchi.....	27
5.4.2.2	Axialsymmetrische Untersuchungen	
5.4.2.2	Analisi assialsimmetriche	27
6	INNENSCHALE	
6	RIVESTIMENTO DEFINITIVO	29
6.1	STABWERKSMODELLE	
6.1	METODO DELLE REAZIONI IPERSTATICHE	29
6.2	INTERAKTION TRAGWERK-BAUGRUND	
6.2	INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA	29
6.2.1	Modellierung der Bettung	
6.2.1	Rigidezza radiale.....	30
6.2.2	Federkonstanten Auflagerbereich/Sohle	
6.2.2	Costante della molla nelle zone di appoggio / fondo	30
6.3	EINWIRKUNGEN	
6.3	ANALISI DEI CARICHI	31
6.3.1	Eigengewicht G1	
6.3.1	Peso proprio G1	31
6.3.2	Oberleitung G2	
6.3.2	Catenaria G2	31
6.3.3	Auffüllung über dem Sohlgewölbe G3	
6.3.3	Riempimento in cls al di sopra dell'arco rovescio G3	32
6.3.4	Wasserdruck G4	
6.3.4	Pressione idraulica G4	32
6.3.5	Gebirgslast G5	
6.3.5	Carico dell'ammasso G5	33
6.3.6	Squeezinq e swelling G7	
6.3.6	Squeezinq e swelling G7	33
6.3.7	Kriechen und Schwinden des Betons G6	
6.3.7	Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6.....	33
6.3.8	Temperatur Q1	
6.3.8	Temperatura Q1	34

6.3.9	Erdbebeneinwirkung E1	
6.3.9	Azione sismica E1	34
6.3.10	Druck / Sog infolge Zugfahrt A1	
6.3.10	Pressione aerodinamica A1	34
6.3.11	Anpralllast A2	
6.3.11	Urto A2	34
6.3.12	Brand A3	
6.3.12	Incendio A3	35
6.4	EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN	
6.4	COMBINAZIONE DI CARICO	35
6.5	NACHWEISVERFAHREN	
6.5	VERIFICHE	36
6.5.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	
6.5.1	Stati Limite Ultimi (SLU)	36
6.5.1.1	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
6.5.1.1	Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni	36
6.5.1.2	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
6.5.1.2	Coefficienti di combinazione delle azioni	36
6.5.1.3	Einwirkungskombinationen	
6.5.1.3	Combinazione delle azioni	36
6.5.1.4	Teilsicherheitsfaktoren Widerstand	
6.5.1.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze	36
6.5.1.5	Bemessung auf Biegung und Normalkraft	
6.5.1.5	Verifica a pressoflessione	37
6.5.1.6	Bemessung Querkraft	
6.5.1.6	Verifica a taglio	37
6.5.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	
6.5.2	Stati Limite Esercizio (SLE)	38
6.5.2.1	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
6.5.2.1	Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni	38
6.5.2.2	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
6.5.2.2	Coefficienti di combinazione delle azioni	38
6.5.2.3	Einwirkungskombinationen	
6.5.2.3	Combinazioni delle azioni	38
6.5.2.4	Teilsicherheitsfaktoren Widerstand	
6.5.2.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze	38
6.5.2.5	Ermittlung der Verformungen	
6.5.2.5	Calcolo delle deformazioni	38
6.5.2.6	Begrenzung der Rissbreiten	
6.5.2.6	Limitazione dello spessore delle fessure	39
6.6	BAULICHE DURCHBILDUNG	
6.6	STRUTTURA COSTRUTTIVA	40
6.6.1	Bauliche Durchbildung	
6.6.1	Classe di esposizione e copriferro minimo	40
6.6.2	Mindestbewehrung	
6.6.2	Armaturo minima	40
6.7	ERGEBNISSE	
6.7	RISULTATI	41
7	VERZEICHNISSE	
7	ELENCHI	42

7.1	TABELLENVERZEICHNIS	
7.1	ELENCO DELLE TABELLE.....	42
7.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
7.2	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	43
7.3	ANLAGENVERZEICHNIS	
7.3	ELENCO APPENDICI	43
7.4	REFERENZDOKUMENTE	
7.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	43
7.4.1	Eingangsdokumente	
7.4.1	Documenti in ingresso.....	43
7.4.1.1	Ausführungsprojekt Baulos Mauls 2-3	
7.4.1.1	Progetto Esecutivo Lotto Mules 2-3.....	43
7.4.1.2	Technische Projektaufbereitung	
7.4.1.2	Elaborazione tecnica del progetto	44
7.4.1.3	Ausführungsprojekt Erweiterung Baulos Mauls 1	
7.4.1.3	Progetto Esecutivo Estensione Lotto Mules 1	44
7.4.2	Normen und Richtlinien	
7.4.2	Normativa	44
7.4.3	Literatur	
7.4.3	Letteratura	45

ANHANG 1 - GEOMECHANISCHE KARTEN

APPENDICE 1 - SCHEDE GEOMECCANICHE

ANHANG 2 - KENNLINIENVERFAHREN

APPENDICE 2 - CURVE CARATTERISTICHE

ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE

APPENDICE 3 - ANALISI DEI BLOCCHI

ANHANG 4 - FEM- ANALYSEN DER AUßENSCHALE DES QUERSCHNITTS CM-T2

APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE SEZIONE CM-T2

ANHANG 5 - FEM-ANALYSEN DER AUßENSCHALE DES QUERSCHNITTS CM T3

APPENDICE 5 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE SEZIONE CM T3

ANHANG 6 - FEM-ANALYSEN DES KÜNSTLICHEN TUNNELS

APPENDICE 6 - ANALISI FEM DELLA GALLERIA ARTIFICIALE

ANHANG 7 – FEM ANALYSE DES BAUWERKABSCHNITTS CT1-IN-GL-CM-T

APPENDICE 7 - ANALISI FEM DELLA PARTE D’OPERA CT1-IN-GL-CM-T

ANHANG 8 – FEM ANALYSE DES ANSCHLUSSBEREICHS CT1-IN-GL-CM-T

APPENDICE 8 - ANALISI FEM DELLA ZONA D’INNESTO CT1-IN-GL-CM-T

1 EINFÜHRUNG

1	INTRODUZIONE.....	175
---	-------------------	-----

3 INNENAUSBAU

3	RIVESTIMENTI DEFINITIVI	175
---	-------------------------------	-----

3.1 BEMESSUNG DES STÜTZTRÄGERS

3.2 NACHWEIS DES AUSBAUS

3.2	VERIFICA DEI RIVESTIMENTI.....	178
-----	--------------------------------	-----

3.2.1	Nachweis Innenschale GL-CM-T	
3.2.1	Verifica rivestimenti GL-CM-T	178
3.2.1.1	Nachweise GZT	
3.2.1.1	Verifiche SLU	179
3.2.1.2	Nachweise GZG	
3.2.2	Nachweis Innenschale CT-IN	
3.2.2	Verifica rivestimenti CT-IN.....	183
3.2.2.1	Nachweis GZT	
3.2.2.1	Verifiche SLU	183
3.2.2.2	Nachweis GZG	
3.2.2.2	Verifiche SLE.....	186
3.3	NACHWEIS DES AUSBAUS - BRAND	
3.3	VERIFICA DEI RIVESTIMENTI - INCENDIO	188
3.3.1	Nachweis des Ausbaus GL-CM-T	
3.3.1	Verifica rivestimenti GL-CM-T	188
3.3.2	Nachweis des Ausbaus CT1-IN	
3.3.2	Verifica rivestimenti CT1-IN.....	188

1 EINFÜHRUNG

Das vorliegende Dokument beinhaltet die Erläuterung zur Bemessung der Außenschale der Montagekaverne, welche im konventionellen Vortrieb zwischen Kilometrierung km 44.3+51.750 und km 44.1+91.750 (Oströhre) sowie km 44.3+14.568 und km 44.1+54.568 (Weströhre) gebaut wird.

Wie in den Dokumenten [3]-[4] beschrieben, liegt die CM hauptsächlich im Bereich des Bündnerschieferkomplexes (geomechanische Zone 11 [2]) mit einer Überdeckung, die von 1060 m bis 905 m reicht (Abbildung 1).

Die Ausbruchsquerschnitte werden mit den Abkürzungen CM-T1, CM-T2, CM-T3 bezeichnet.

Für den Querschnitt CM-T1 mit Ausbruchsquerschnitt 353.48 m² (Kalotte 170.79 m²; Strosse 182.69 m²), ist der Einsatz von Ankern des Typs Dywidag inkl. Spreizköpfe mit Feder; Streckgrenze $N_y > 760 \text{ kN}$, oder in Alternative Selbstbohranker ($N_y \geq 630 \text{ kN}$) von (Strosse/Kalotte) 4/6 m Länge (Querabstand 2.50 m und Längsabstand 2.0 m, 2 Raster), und eine Schicht Spritzbeton von 25cm Dicke vorgesehen. Dieser Querschnitt wird für die Bruchkörperanalyse im Anhang 3 herangezogen.

Für den Querschnitt CM-T2 mit einer Ausbruchsfläche von 355.96 m² (Kalotte 172.44 m²; Strosse 183.52 m²), ist der Einsatz von Anker des Typs Dywidag inkl. Spreizköpfe mit Feder; Streckgrenze $N_y > 760 \text{ kN}$, oder in Alternative Selbstbohranker ($N_y \geq 630 \text{ kN}$) von (Strosse/Kalotte) 6/8 m Länge (Querabstand 2.50 m und Längsabstand 1.5 m, 2 Raster), und eine Schicht Spritzbeton von 30cm Dicke geplant.

Für den Querschnitt CM-T3 mit Ausbruchsquerschnitt 355.96 m² (Kalotte 172.44 m²; Strosse 183.52 m²), ist der Einsatz von Ankern des Typs Dywidag inkl. Spreizköpfe mit Feder; Streckgrenze $N_y > 760 \text{ kN}$, oder in Alternative Selbstbohranker ($N_y \geq 630 \text{ kN}$) von (Strosse/Kalotte) 8/10 m Länge (Querabstand 2.0 m und Längsabstand 1.0 m, 2 Raster), und eine Schicht Spritzbeton von 35cm Dicke und Gitterträger 4Φ26 vorgesehen.

Der vorliegende Bericht befasst sich außerdem mit der Bemessung des künstlichen Tunnels, welcher im Inneren der Montagekavernen mit einer Breite von 9.5m und einer Höhe von 8.7m gebaut wird. Des Weiteren wird der Abschnitt CT1-IN-GL-CM-T mit der ähnlicher Geometrie, Höhe und Breite gleich 5,5m, untersucht. Beide Bauwerke ist durch einen Querschnitt mit sechseckigem Verlauf an der Außenkante und gekrümmten Verlauf an der Innenseite charakterisiert. Die Betonschale des künstlichen Tunnels ist bewehrt und wird aus Beton der Klasse C30/37 mit minimalen Dicken von 74 und 72 cm in Kalotte bzw. Sohle ausgeführt. Im Anschlussbereich mit dem CT1 reduzieren sich die Dicken auf 54 und 65 cm in der

1 INTRODUZIONE

La seguente relazione riporta il dimensionamento del rivestimento di prima fase del camerone di montaggio (CM), realizzato mediante avanzamento in scavo tradizionale tra le progr. 44.3+51.750 e 44.1+91.750 ca. (Canna Est) e tra le progr. 44.3+14.568 e 44.1+54.568 ca. (Canna Ovest).

Secondo i documenti [3]-[4] il CM si sviluppa interamente all'interno del complesso dei calcescisti (zona geomeccanica omogenea 11 [2]) con coperture variabili da 1060 m a 905 m (Figura 1).

Le sezioni previste per affrontare lo scavo sono denominate CM-T1, CM-T2, CM-T3

Per la sezione CM-T1 avente sezione di scavo 353.48 m² (calotta 170.79 m²; strozzo 182.69 m²), si prevede l'impiego di ancoraggi tipo dywidag con testa a espansione ($N_y \geq 760 \text{ kN}$) o in alternativa barre autoperforanti ($N_y \geq 630 \text{ kN}$), con lunghezza rispettivamente in strozzo/calotta di 4/6 m (passo trasversale 2.50 m e longitudinale 2.0 m, 2 maglie) e uno spessore di spritz-beton totale di 25 cm. Questa sezione viene considerata per la valutazione dell'analisi a blocchi riportata in Appendice 3.

Per la sezione CM-T2 avente sezione di scavo 355.96 m² (calotta 172.44 m²; strozzo 183.52 m²), si prevede l'impiego di ancoraggi tipo dywidag con testa a espansione ($N_y \geq 760 \text{ kN}$) o in alternativa barre autoperforanti ($N_y \geq 630 \text{ kN}$), con lunghezza rispettivamente in strozzo/calotta di 6/8 m (passo trasversale 2.50 m e longitudinale 1.5 m, 2 maglie) e uno spessore di spritz-beton totale di 30 cm.

Per la sezione CM-T3 avente sezione di scavo 355.96 m² (calotta 172.44 m²; strozzo 183.52 m²), si prevede l'impiego di ancoraggi tipo dywidag con testa a espansione ($N_y \geq 760 \text{ kN}$) o in alternativa barre autoperforanti ($N_y \geq 630 \text{ kN}$), con lunghezza rispettivamente in strozzo/calotta di 8/10 m (passo trasversale 2.0 m e longitudinale 1.0 m, 2 maglie), uno spessore di spritz-beton totale di 35 cm e centine reticolari 4Φ26.

Nel presente rapporto viene riportato il dimensionamento statico della galleria artificiale di 9.5 metri di larghezza per 8.7 di altezza che verrà realizzata all'interno dei cameroni di montaggio, oltre alla tratta di CT1-IN-GL-CM-T caratterizzato dalla medesima forma ma con altezza e larghezza di circa 5,5 metri. Tale parte d'opera è caratterizzata da una sezione con andamento esagonale all'estradosso e curvilineo all'intradosso. Il rivestimento definitivo della galleria artificiale è armato ed è costituito da calcestruzzo C30/37 con spessore minimi, che tengono conto delle tolleranze in fase di costruzione, pari a 74 e 72 cm rispettivamente in calotta e in platea. Per il CT1-IN gli spessori minimi corrispondono a 54 e

Kalotte bzw. in der Sohle.

65 cm rispettivamente in calotta e in platea.

Es ist keine Innenschale für die Montagekavernen geplant.

Il rivestimento definitivo per il CM non è invece previsto.

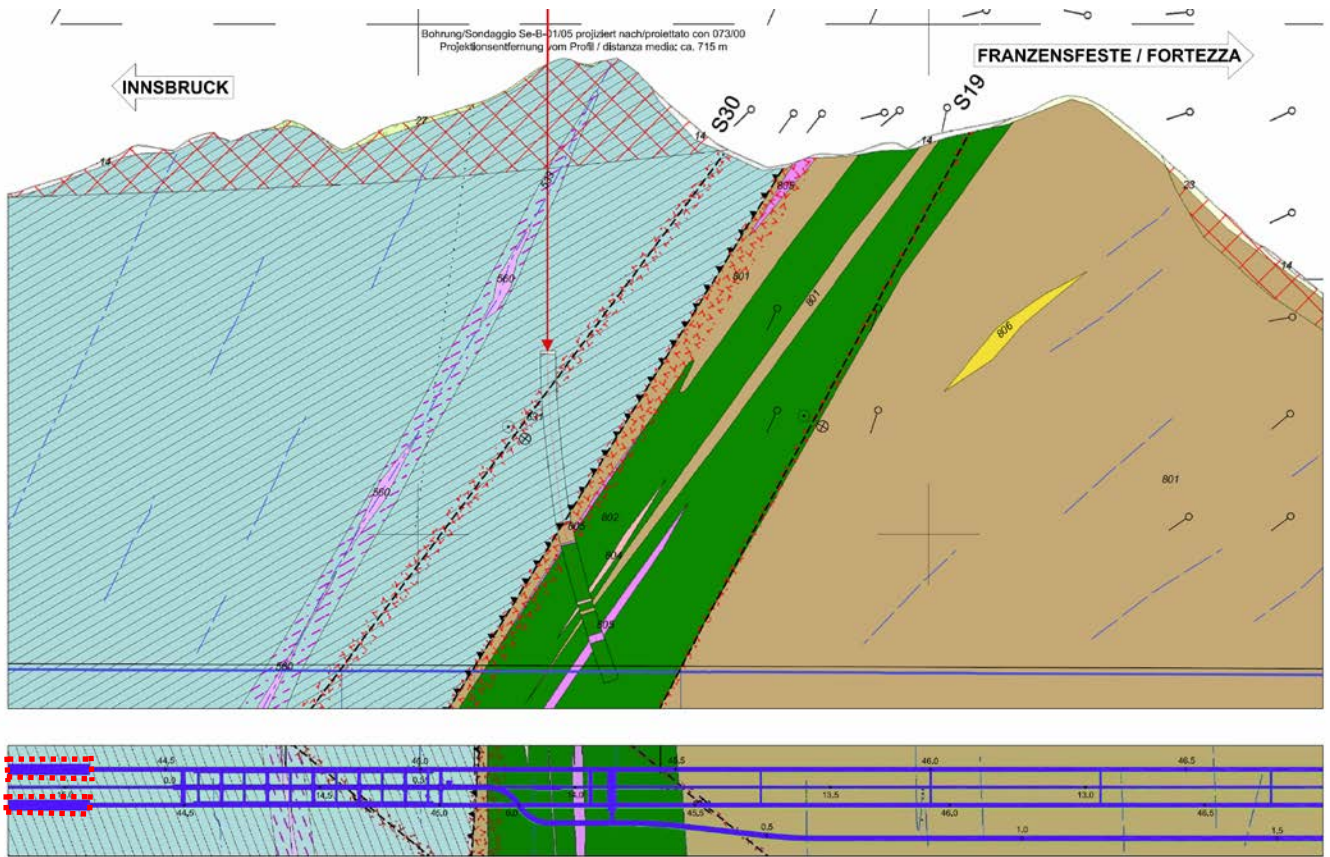


Abbildung 1: Auszug aus dem geomechanischen Längsprofil und des geologischen Lageplans [3]-[4] mit Angabe des Untersuchungsgebietes.

Figura 1: Estratto del profilo geomeccanico longitudinale e della planimetria geologica [3]-[4] con indicazione dell'area di studio.

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 R51N und Dywidag SN 32 vorgesehen, mit folgenden Eigenschaften:

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

$$N_y = 760 \text{ kN (Dywidag SN32)}$$

$$N_y = 630 \text{ kN (R51N)}$$

Wobei:

- E_s = Elastizitätsmodul
- N_y = Ermüdungslast der Niete

2.3 GITTERTRÄGER

Die Gitterträger sind aus Stahl B450C mit folgenden Eigenschaften:

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

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

Hierbei ist:

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

2.4 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

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 dello spritzbeton a 28 giorni

2.2 ANCORAGGI

Si prevede l'utilizzo di ancoraggi tipo Dywidag con testa a espansione aventi le seguenti caratteristiche:

Dove:

- E_s è il modulo elastico
- N_y è il carico di snervamento dell'ancoraggio

2.3 CENTINE

Le centine reticolari metalliche sono realizzate con acciaio B450C aventi le seguenti caratteristiche:

Dove:

- E_s è il modulo elastico
- f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento

2.4 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} = charakteristische Druckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen

- f_{ck} è la resistenza a compressione caratteristica del calcestruzzo dopo 28 giorni

2.5 BEWEHRUNGSSTAHL

Folgende Betonstähle sind für die Bemessung der Außenschale heranzuziehen:

2.5 ACCIAIO DA ARMATURA

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

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

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

Hierbei ist:

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

dove:

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

3 GEOTECHNISCHES MODELL

3.1 GEOLOGIE UND GEOMECHANIK

Gemäß den geomechanischen Längenprofilen [3]-[4], liegt die CM zwischen Kilometrierung km 44.3+51.750 und km 44.1+91.750 (Oströhre) in der geomechanischen Zone 11 [2] wo die Überdeckung von 905 m bis 1060 m reicht.

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]
11	43.8	44.6	335	1060	905	GA-BST-KS-8f	100%	335

Tabelle 1: Geomechanische Homogenbereiche

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

Zone number	11
Rock mass name	GA-BST-KS-8f
$\gamma(m)$ [kN/m ³]	26.6
$\gamma(\sigma)$ [kN/m ³]	0.36
$\sigma_{ci}(m)$ [MPa]	41
$\sigma_{ci}(\sigma)$ [MPa]	18
$m_i(m)$	12
$m_i(\sigma)$	2
$E_i(m)$ [GPa]	43
$E_i(\sigma)$ [GPa]	11.1
RMR(m)	60
RMR(σ)	5
GSI(m)	50
GSI(σ)	5

Zone number	11
Rock mass name	GA-BST-KS-8f ^(**)
p(class I)	-
p(class II)	-
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 [^{**}] angegeben 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
- E_i = Verformungsmodul der Gesteinsmatrix
- RMR = *Rock Mass Rating 1989*
- GSI = *Geological Strength Index*

Die typischen Verformungs- und Festigkeitsparameter jeder

3 MODELLO GEOTECNICO

3.1 GEOLOGIA E GEOMECCANICA

In accordo con i profili geomeccanici e progettuali di dettaglio [3]-[4], il CM tra la progressive 44.3+51.750 e 44.1+91.750 (canna est), è all'interno della zona geomeccanica 11 [2] e le coperture sono variabili da 905 m a 1060 m.

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 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*.

Strecke wurden gemäß dem Bruchkriterium nach Hoek & Brown [25] 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 [25] 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 [°]
11	GA-BST-KS-8f	III	1060	26.6	28.07	21.47	2.127	1.349	11135	3.5

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 [8] und [9] wurden die Diskontinuitäten aus Tabelle 4 berücksichtigt.

Die Bruchkörperanalyse ist im Anhang 3 enthalten.

3.2 ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ

Sulla base dei dati disponibili dalla progettazione di sistema [8] e [9] sono presenti le discontinuità riportate in Tabella 4.

L'analisi dei blocchi è riportata nell'Appendice 3.

Rock mass name	ID Joint	Dip direction [°]	Dip [°]	Max Persistence [m]
GA-T-A-8f GA-BST-KS-8f <i>Doc. [13]</i>	SC	355	60	10
	RTF2w	285	85	1
	RTF5	110	75	1
	RTF6	050	65	10
GA-BST-KS-8e GA-BS-GM-8e GA-T-A-8e GA-BST-M-8e GA-BST-KPH-8e <i>Doc. [14]</i>	SC	350	70	10
	RTF1	180	85	1
	RTF2e	085	80	3
	RTF3	320	80	3
	RTF6	220	80	3

Tabelle 4: Lage der Trennflächen im Bündnerschieferkomplex

Tabella 4: Giacitura delle discontinuità nel complesso dei calcescisti

3.3 TRENNFLÄCHENPARAMETER

Im Falle von ebenen glatten Harnischflächen (Chloritisierung) oder auch bei tonigen Füllungen mit Präsenz von Wasser o.ä. sollten auf der sicheren Seite liegend folgende Scherparameter der Trennflächen berücksichtigt werden:

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

3.3 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 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] [8] berücksichtigt.

Für weitere Details verweist man auf den Bericht [2]. In der folgenden Tabelle werden die aus dem Gebirgskennlinienverfahren resultierenden Ergebnisse aufgezeigt.

4 COMPORAMENTO 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 COMPORAMENTO DELLA ROCCIA

Per la valutazione del comportamento dell'ammasso roccioso in esame sono stati presi in considerazione i documenti [2] e [8].

Rimandando al Rapporto [2] per maggiori dettagli, si riporta nella tabella seguente i risultati ottenuti dalle linee caratteristiche.

Zone number	Rock mass name	Class	Zone max overburden	c_r	c_a	c_r	F_{plf}	F_{pla}	c_r/R	F_{plf}/R	c_r/R	F_{pla}/R
				[cm]	[cm]	[cm]	[m]	[m]	[%]	[-]	[%]	[-]
11	GA-BST-KS-8f	III	1060	6.06	20.20	14.14	6.12	13.95	1.25%	1.26	2.91%	2.87

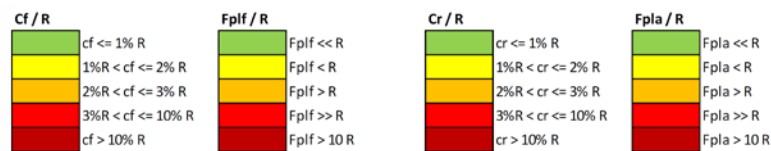


Tabelle 5: Ergebnisse Kennlinienverfahren. c_r = Ortsbrustkonvergenz, c_a = absolute Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht, c_r = relative Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht, F_{plf} = plastische Zone an der Ortsbrust, F_{pla} = plastische Zone Gleichgewicht, R = Ausbruchradius (mit 4.86m angenommen).

Tabella 5: Risultati del metodo delle Linee Caratteristiche. c_r = 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 Tabelle 6 ist ein Annahmekriterium aus [23] [24] 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 Ortsbrust).

In Tabella 6 si riporta un criterio [23] [24] 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).

Fronte stabile Stabile Ortsbrust	Fronte stabile a breve termine Kurzzeitig stabile Ortsbrust	Tendenza all'instabilità del fronte Neigung der Ortsbrust zur Instabilität	Fronte instabile Instabile Ortsbrust
$C_f < 1\% R_{scavo}$	$1\% R_{scavo} < C_f < 2\% R_{scavo}$	$2\% R_{scavo} < C_f < 3\% R_{scavo}$	$C_f > 3\% R_{scavo}$
$F_{plf} \ll R_{scavo}$	$F_{plf} < R_{scavo}$	$F_{plf} \geq R_{scavo}$	$F_{plf} \gg R_{scavo}$

Tabelle 6: Vorgeschlagene Stabilitätskriterien in [23] [24]; C_f = Ortsbrustkonvergenz; F_{plf} = Ausdehnung des plastischen Streifens an der Ortsbrust; $R_{scavo} = r_{eq}$ = äquivalenter Ausbruchsradius

Tabella 6: Criteri di stabilità proposti in [23] [24]; c_f = convergenza al fronte; F_{plf} = estensione della fascia plastica al fronte; $R_{scavo} = r_{eq}$ = raggio equivalente di scavo.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Angaben, welche aus der Anwendung der Methode nach Jehtwa, Bhasin, Hoek und Panet resultieren aufgeführt. Es betrifft die Risikoeinschätzung von großen Verformungen des Gebirges (*squeezing*) und die Instabilität an der Ortsbrust. Die Ergebnisse wurden mit jenen aus den Methoden nach Tao Zhen-Yu und Hoek für das plötzliche Ablösen (*rock burst*) ergänzt.

All'interno della Tabella seguente sono riassunte le indicazioni ottenute dai metodi di Jehtwa, Bhasin, Hoek e Panet per quanto riguarda la valutazione del rischio di elevate deformazioni dell'ammasso (*squeezing*) e di instabilità del fronte, insieme a quelle ottenute dai metodi di Tao Zhen-Yu e Hoek per il rischio di rottura fragile (*rock burst*).

Zone number	Rock mass name	Class	Zone max overburden	Empirical methods						
				Squeezing and face stability				Rock burst		
				Jehtwa	Bhasin	Hoek	Panet		Tao Zhen-Yu	Hoek
							Face behaviour	Face condition		
11	GA-BST-KS-8f	III	1060	HS	HS	SS	P	US		

Jehtwa

NS	No squeezing
MIS	Mildly squeezing
MoS	Moderately squeezing
HS	Highly squeezing

Bhasin

NS	No squeezing
MS	Mild to moderate squeezing
HS	Highly squeezing

Hoek (Squeezing)

FP	Few stability problems
MS	Minor squeezing problems
SS	Severe squeezing problems
VSS	Very severe squeezing and face stability problems
ES	Extreme squeezing problems

Panet

E	Elastic
PP	Partially plastic
P	Plastic
S	Stable
STS	Stable (only short-term)
US	Unstable

Tao Zhen-Yu

NRB	No rockbursting
LRB	Low rockbursting activity
MRB	Moderate rockbursting activity
HRB	High rockbursting activity

Hoek (Rock burst)

S	Stability
Sp	Spalling
SSp	Severe spalling - slabbing
ISM	Need of important stabilization measures
RB	Cavity collapse (rock burst)

Tabelle 7 Ergebnisse der empirischen Methoden

Tabella 7: Risultati dei metodi empirici.

Im Bereich des Gebirges GA-BST-KS-8f ist mit elasto-plastischem und mitteldruckhaftem Gebirgsverhalten, mit relativen Konvergenzen im Bereich von 15cm, zu rechnen. Das Gebirgsverhalten ist elasto-plastisch zu erwarten mit einer plastischen Zone, dessen Ausmaß dem Ausbruchsradius entspricht. Die Ortsbrust ist kurzfristig standfest.

Per quanto riguarda l'ammasso GA-BST-KS-8f, si evidenzia un comportamento mediamente spingente con convergenze relative all'equilibrio naturale dell'ordine di 15 cm. Il comportamento del cavo atteso è di tipo sostanzialmente elasto-plastico con fascia plastica al fronte circa pari al raggio di scavo, e il fronte si presenta stabile a breve termine.

5 AUßENSCHALE

Aus der Analyse mittels Kennlinienverfahren für das Gebirge geht hervor, dass es sich um druckhaftes Gebirgsverhalten handelt und dadurch eine FEM-Berechnung notwendig wird.

Außerdem wurden die potentiellen Problemfälle, welche sich durch plötzliches Ablösen von Bruchkörpern ergeben können, mittels Bruchkörperanalyse mit dem Software UnWedge untersucht (siehe Anhang 3).

Die Berechnungen wurden mit dem Finite-Elemente-Programm MIDAS GTS [33] durchgeführt. Dieses erlaubt die Lastentwicklung und das Spannungs-Verformungs- Verhalten des Gebirges während der einzelnen Bauphasen nachzuverfolgen.

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

- Das geotechnische Bezugsmodell stellt einen Querschnitt orthogonal zur Tunnelachse dar;
- Die Definition des Spannungs-Verformungs-Verhaltens 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.

In den nachfolgenden Absätzen sind die Annahmen für die Schnitte CM T1 (Cap. 5.1), CM T2 (Cap. 5.2) e CM T3 (Cap. 5.2) aufgeführt. Hingegen im Anhang 4-6 sind die detaillierten Nachweise zu finden.

5.1 QUERSCHNITT CM T1

Der Querschnitt CM T1 wird für die Bruchkörperanalyse herangezogen.

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

Die Trennflächenparameter c' und ϕ' (siehe Kapitel 3.3) gehen als charakteristische Kennwerte in die Berechnung ein.

Für den Nachweis mittels Blockanalyse ist folgendes Sicherheitskonzept zu berücksichtigen.

5 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

Dall'analisi delle linee caratteristiche, si evidenzia che il comportamento dell'ammasso è di tipo spingente ed è pertanto richiesto un dimensionamento mediante modellazione numerica.

Al fine di verificare le problematiche potenziali indotte dal distacco di blocchi è stata inoltre eseguita l'analisi all'equilibrio limite mediante il software UnWedge (vedasi Appendice 3).

Le analisi numeriche sono state eseguite in condizioni di deformazione piana mediante il programma agli elementi finiti MIDAS GTS [33]. 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.

Nei seguenti paragrafi vengono riportate le assunzioni eseguite per le sezioni CM T1 (Cap. 5.1), CM T2 (Cap. 5.2) e CM T3 (Cap. 5.2) mentre nelle Appendici 4-6 sono riportati i rispettivi plot e verifiche strutturali.

5.1 SEZIONE CM T1

La sezione CM T1 viene considerata per l'analisi a blocchi.

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 3.3.

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

5.1.1 Ergebnisse

Der Nachweis wurde mit dem Berechnungsprogramm UNWEDGE 3.0 geführt. Dabei wird die Wirksamkeit der Anker in Abhängigkeit von deren Neigung, Rutschrichtung der Felsblöcke und in Hinblick auf die Scherfestigkeit der Kluffüllungen untersucht.

Es werden zwei Arten von Nachweis geführt:

- Sektor L1: die Länge des Berechnungsmodells entspricht der Abschlagslänge (3.0 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 von 4/6 Meter Länge mit Raster 12.50x2.00 vorgesehen.
- Sektor L2: Das Berechnungsmodell ist unendlich lang mit einer 20 cm dicken Spritzbetonschale und mit Ankern von 4/6 Meter Länge mit Raster 2.50x2.00 (2 Raster).

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.

5.2 QUERSCHNITT CM T2

Zur Bemessung des Regelquerschnitt CM T2 wurde der Querschnitt mit der größten Überdeckung im Bereich der Homogenzone 11 (H=1060 m) berücksichtigt. Außerdem wurde im numerischen Modell die möglichen Wechselwirkungen zwischen den angrenzenden Hohlräumen (Montagekaverne Ost und West) berücksichtigt (siehe Abbildung 2). Die Abläufe im Vortrieb basieren auf den Angaben im Bauprogramm des Bauloses Muls 2-3.

5.2.1 Modellgeometrie

Aufgrund der Symmetrie der zu untersuchenden

Dove:

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

5.1.1 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.

Vengono eseguite due tipologie di analisi:

- settore L1: lunghezza di analisi pari allo sfondo di abbattimento (3.0 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 di lunghezza 4/6 metri e interasse 2.50 x 2.00 m.
- settore L2: lunghezza di analisi illimitata con presenza di uno strato di betoncino proiettato di 20 cm e ancoraggi di lunghezza 4/6 metri e interasse 2.50 x 2.00 m (due maglie).

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.

Nell'Appendice 3 sono riportati i risultati dell'analisi sviluppata. 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 .

5.2 SEZIONE CM T2

Per il dimensionamento della sezione CM T2 si è considerata la sezione con la massima copertura all'interno della zona omogenea 11 (H=1060 m) e un modello numerico che tenesse in considerazione l'influsso tra gli scavi tra i due cameroni di montaggio (Est e Ovest) come indicato in Figura 2. La sequenza degli scavi si basa su quanto indicato nel Programma Lavori Lotto Muls 2-3.

5.2.1 Geometria del modello

Il modello di calcolo, in virtù della simmetria del problema, si

Problemstellung, erstreckt sich das Berechnungsmodell über eine Breite von 100 m ab den Grenzen der Hohlräume und über eine Höhe von 300 m, von denen 100 m unter und 200 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. 200x200 cm diskretisiert. In der Nähe des Tunnels wird die Mesh verdichtet und die Elemente erreichen Abmessungen von 50x50 cm. Die gewählten Auflagebedingungen 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.

estende per 100 m in larghezza agli estremi del CM Est ed Ovest, 300 m in altezza, di cui 100 m al di sotto del piano del ferro e 200 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 200x200 cm, infittiti in prossimità della galleria, dove assumono dimensioni pari a circa 50x50 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.

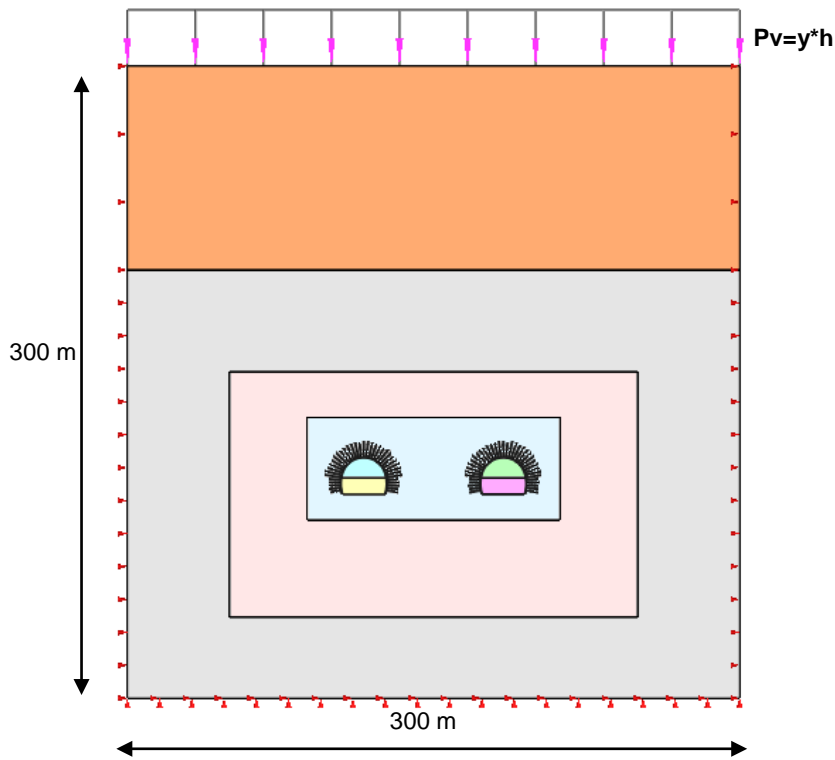


Abbildung 2: Berechnungsquerschnitt CM-T2

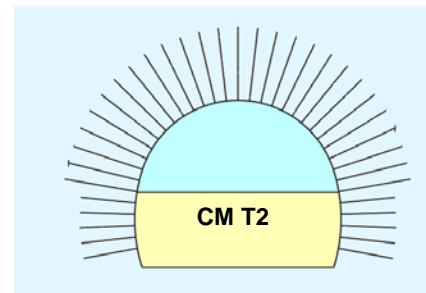


Figura 2: sezione di analisi CM T2

5.2.2 Bildendes Gebirgsmodell

Das Gebirge wurde als ein kontinuierlich elastisch-plastisches Medium modelliert mit Widerstandskriterium des Typs Hoek-Brown [25] und Restparameter, die gemäß der Cai et. [32] 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 Aushub betroffenen Felsen bestimmt.

Aufgrund der im Abs. 3.1 aufgezeigten Bemerkungen, werden die geomechanischen Parameter des Gebirges GA-BST-KS-8f aus dem Bericht 02_H61_OP_070_KST_D0700_22900 berücksichtigt. Auf der sicheren Seite liegend wurden dieselben Werte wie für die Querschnitte GL-T4 (Dokument 02_H61_OP_070_KST_D0700_22905) und FdE-GL-T4 sowie FdE-CcT-T4 (Dokument 02_H61_OP_060_KST_D0700_22910) in denen die Überdeckung noch grösser ist (1115 m) herangezogen.

5.2.2 Modello costitutivo dell'ammasso e stato tensionale iniziale

L'ammasso è stato modellato come un mezzo continuo elasto-plastico avente criterio di resistenza di tipo Hoek-Brown [25] con parametri residui valutati sulla base della teoria di Cai et. al [32] 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) e fisiche (densità e resistenza a compressione monoassiale) proprie delle rocce interessate dallo scavo.

Sulla base delle considerazioni riportate nel Par 3.1, sono stati considerati i parametri geomeccanici relativi all'ammasso GA-BST-KS-8f, considerando valori ottimistici all'interno dei campi di variabilità indicati nel Rapporto 02_H61_OP_070_KST_D0700_22900. In via cautelativa si sono considerati gli stessi valori impiegati per il dimensionamento dei profili GL-T4 (Documento 02_H61_OP_070_KST_D0700_22905) e dei profili FdE-GL-T4 e FdE-CcT-T4 (Documento 02_H61_OP_060_KST_D0700_22910) in cui la copertura considerata è maggiore (1115 m):

Zone max overburden [m]	GSI	GSI _{res}	γ [kN/m ³]	E_{rm} [MPa]	σ_{ci} [MPa]	σ_{cm} [MPa]	m_i [-]	$m_{b, peak}$ [-]	$m_{b, res}$ [-]	$s_{, peak}$ [-]	$s_{, res}$ [-]
1060	55	26.32	26.6	20414	50	11	13	2.606	0.936	0.0067	0.0003
<i>Mohr-Coulomb: $c_{peak} = 2.909$ MPa; $c_{res} = 1.790$ MPa; $\varphi_{peak} = 34.25^\circ$; $\varphi_{res} = 25.60^\circ$</i>											

Tabelle 8: Berücksichtigte geomechanische Parameter (CM T2)

Tabella 8: Parametri geomeccanici considerati (CM T2)

Die Spannungszustand wurde wie folgt ermittelt:

Lo stato di sforzo in sito è stato valutato secondo le seguenti relazioni:

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

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

Wobei:

Dove

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

- 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 CM-T2 auf:

CM T2	Anker Ancoraggi						Spritzbeton Betoncino proiettato			Bewehrungsmatten Rete elettrosaldata
	Position Posizione	Typ Tipo	N_y [kN]	L [m]	$i_{\text{l\"angs/long}}$ [m]	$i_{\text{quer/trasv}}$ [m]	Klasse Classe	s_{nom} [cm]	s_{min} [cm]	Typ Tipo
	Radial	Dywidag	760	6/8	1.5	2.5	C30/37	30	30	Ø6, 150mm x 150mm, B450C
Radiali	R51N	630	6/8	1.5	2.5					

Tabelle 9: Eigenschaften der Außenschale CM-T2

5.2.3 Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase

La seguente tabella riporta le caratteristiche dei provvedimenti di messa in sicurezza per il profilo CM T2:

Tabella 9: Caratteristiche rivestimenti di prima fase CM T2

Die Spritzbetonschale wurde mittels eindimensionaler finiter Balkenelemente (beam) mit elastischem Verhalten modelliert. Auf der sicheren Seite liegend wurden 2 Berechnungen durchgeführt: die erste mit $E = 5 \text{ GPa}$ um maximale Verformungen zu erhalten und die zweite mit $E = 15 \text{ GPa}$ um maximale Einwirkungen zu berücksichtigen. Der Wert $E = 15 \text{ GPa}$ entspricht ca. 50% der Steifigkeit eines ausgehärteten Betons mittlerer Klasse. Auf diese Art und Weise können die Verformungen durch Schwinden und Viskosität, berücksichtigt werden.

Die Anker werden, wie mit BBT SE vereinbart, mit einem Grenzwiderstand gleich der Fließgrenze multipliziert mit dem Widerstandsbeiwert ($\gamma_R = 1.15$) und dem Sicherheitsbeiwert für die Reibung ($\gamma_R = 1.3$) modelliert. Die Anker werden mit spezifischen eindimensionalen Elementen (Truss) nachgebildet, mit perfekt plastisch-elastischem Verhalten (Abbildung 4) und Von Mises Bruchkriterium ($N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 548 \text{ kN}$). Sie sind mit den Gitterknoten über eine Schnittstelle verbunden, wobei Vorsichtswerte des Querwiderstands (220 kN/m) und der tangentielle Steifigkeit (16 MN/m/m) [31] berücksichtigt werden.

Per la modellazione dello spritzbeton si sono assunti elementi monodimensionali beam con comportamento elastico. In via cautelativa si sono eseguite due analisi: una con $E = 5 \text{ GPa}$ per massimizzare le deformazioni e una con $E = 15 \text{ GPa}$ per massimizzare le sollecitazioni. Il valore di $E = 15 \text{ GPa}$, corrisponde a circa il 50% della rigidezza di un calcestruzzo indurito di classe media; in questo modo è possibile considerare il caratteristico comportamento di deformazione viscosa e il ritiro.

Gli ancoraggi 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 3) con criterio di rottura alla Von Mises ($N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 548 \text{ kN}$) collegati ai nodi della griglia mediante un'interfaccia considerando valori cautelativi di resistenza a taglio (220 kN/m) e rigidità tangenziale (16 MN/m/m) [31].

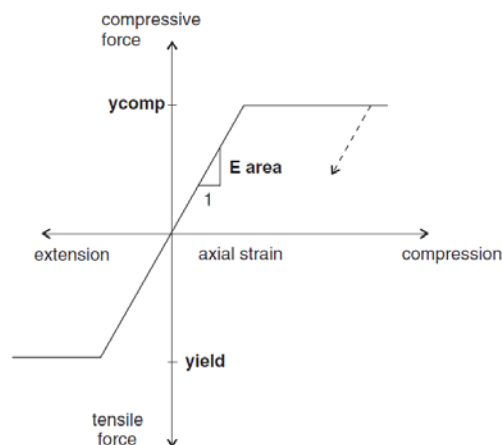


Abbildung 3: Kraft-Verformungsverhalten der Anker-Elemente

Figura 3: 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 Montagekaverne mittels fiktiver Ausbruch-Kräfte (nachfolgend FFS genannt) simuliert.

Dopo una prima fase di inizializzazione del modello, necessaria per calcolare l'equilibrio iniziale, lo scavo del CM suddiviso in calotta e strozzo, viene simulato mediante l'utilizzo delle Forze Fittizie di Scavo, di seguito denominate FFS.

Nachfolgend sind die Berechnungsstufen zusammengefasst:

Di seguito sono riassunti gli step di calcolo per il modello in deformazioni piane con le FFS tarate sulla base dell'interpolazione delle curve caratteristiche:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 0) Geostatische Ausgangslage mit Bestimmung der Geometrie, der Randbedingungen, der Schichtung und der geostatischen Ausgangsspannungen; 1) Annullierung der Zonen innerhalb des Ausbruchsquerschnitts und Reduktion der FFS bis zum Wert, den sie an der Ortsbrust einnehmen (FFS =14%); 2) Reduktion der FFS bis zum Wert, den sie beim Einbau der Außenschale einnehmen (3.0 m von der Ortsbrust) (FFS =5.5%); 3) Modellierung des ersten Rasters der radialen Anker und Reduktion der FFS=2% bis auf 9m ab Ortsbrust (3 Abschläge); 4) Einführung eines zweiten Anker-Rasters und der Spritzbetonschale sowie Annullierung der FFS=0%. | <ul style="list-style-type: none"> 0) Condizione geostatica iniziale con definizione della geometria, delle condizioni al contorno, della stratigrafia e delle tensioni geostatiche iniziali; 1) Riduzione delle FFS fino al valore che assumono al fronte (FFS=14%); 2) Riduzione delle FFS al momento di installazione della prima maglia di ancoraggi (3 m dal fronte) (FFS=5.5%); 3) Introduzione nel modello numerico della prima maglia di ancoraggi radiali e riduzione delle FFS=2% fino a 9 m dal fronte (3 avanzamenti); 4) Introduzione della seconda maglia di ancoraggi e del betoncino proiettato e annullamento delle FFS (FFS=0%). |
|--|---|

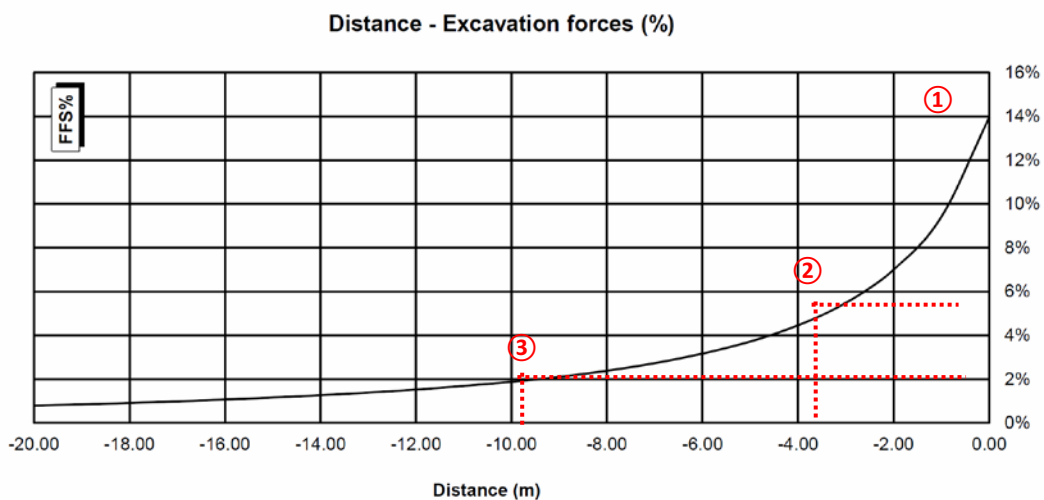


Abbildung 4: Berücksichtigte FFS für das Modell CM T2

Figura 4: FFS considerate per il modello CM T2

5.2.5 Nachweisverfahren

Gemäß den NTC 2008 werden die Einwirkungen auf die Außenschale, die dem FEM Modell entnommen sind, um $\gamma_G = 1,30$ erhöht und die Widerstände des strukturellen Abschnitts um $\gamma_c = 1,50$ reduziert, das heißt $\gamma_s = 1,15$.

Die Nachweise gelten erfüllt, wenn folgende Ungleichung verifiziert ist:

$$E_d \leq R_d$$

Hierbei ist:

- R_d = Bemessungswert Widerstand
- E_d = Bemessungswert Einwirkung

Die Anker, die ihre Streckgrenze erreichen ($N_{yd} = 660$ kN), überschreiten nicht die axiale Verformungsgrenze, die auf 5% gesetzt wurde.

5.2.6 Ergebnisse

Die im Anhang 4 aufgezeigten Analysen bestätigen, dass das Gebirgsverhalten durch reduzierte Konvergenzen (absolute Konvergenzen ca. 90 mm und relative Konvergenzen ohne Spritzbeton ca. 70 mm) und durch die Bildung eines plastischen Streifens mit maximaler Ausdehnung von ca. 5/6 m gekennzeichnet ist.

Die strukturellen Nachweise des provisorischen Ausbaus sind erfüllt. Die Anker erreichen die Ermüdungsgrenze ($N_{yd} = 548$ kN), aber nicht die Verformungsgrenze des Stahls ($\epsilon < 5\%$).

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 $Y_G = 1,30$ e le resistenze della sezione strutturale sono ridotte di $Y_c = 1,50$ ovvero $Y_s = 1,15$.

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

Inoltre si verifica che gli ancoraggi che raggiungono il limite di snervamento ($N_{yd} = 660$ kN) non superino il limite di deformazione assiale posto pari a 5%.

5.2.6 Risultati

Le analisi riportate nell'Appendice 4 confermano che il comportamento dell'ammasso è caratterizzato da un comportamento mediamente spingente. La convergenza totale in presenza e dei rivestimenti è di ca. 90 mm (convergenza relativa ca. 70 mm) con la formazione di una fascia plastica di estensione massima di ca. 5/6 m.

Le verifiche strutturali sul rivestimento provvisorio risultano soddisfatte e gli ancoraggi raggiungono il limite di snervamento ($N_{yd} = 548$ kN) ma non il limite di deformazione dell'acciaio ($\epsilon < 5\%$).

5.3 QUERSCHNITT CM-T3

Zur Bemessung des Regelquerschnitts CM T3 wurde der Querschnitt mit der größten Überdeckung im Bereich der Homogenzone 11 (H=1060 m) berücksichtigt. Außerdem wurde im numerischen Modell die möglichen Wechselwirkungen zwischen den angrenzenden Hohlräumen (Montagekaverne Ost und West) berücksichtigt. Die Abläufe im Vortrieb basieren auf den Angaben im Bauprogramm des Bauloses Muls 2-3.

5.3.1 Modellgeometrie

Aufgrund der Symmetrie der zu untersuchenden Problemstellung, erstreckt sich das Berechnungsmodell über eine Breite von 100 m ab den Grenzen der Hohlräume CM-Ost und West sowie 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. 200x200 cm diskretisiert. In der Nähe des Tunnels wird die Mesh verdichtet und die Elemente erreichen Abmessungen von 50x50 cm. Die gewählten Auflagebedingungen 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.

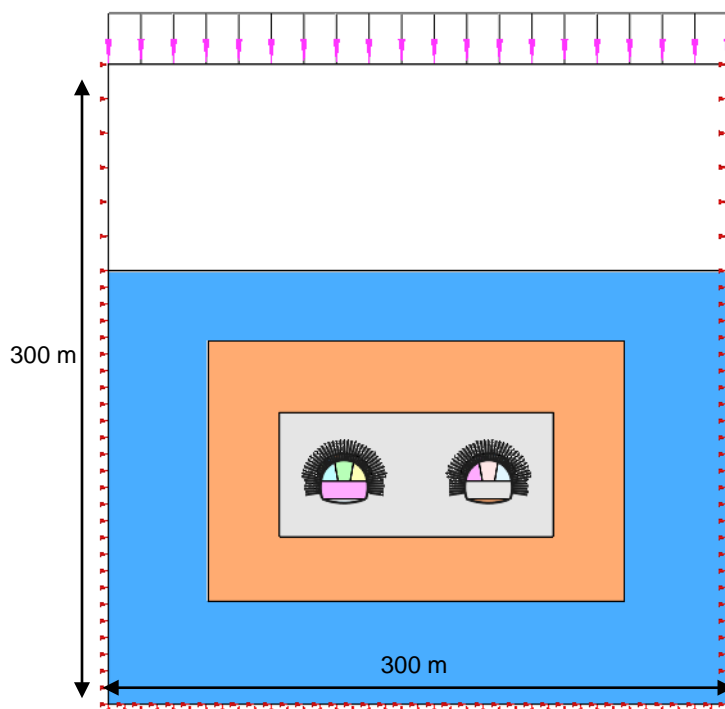


Abbildung 5: Berechnungsquerschnitt CM-T3

5.3 SEZIONE CM T3

Per il dimensionamento della sezione CM T3 si è considerata la sezione con la massima copertura all'interno della zona omogenea 11 (H=1060 m) e un modello numerico che tenesse in considerazione l'influsso tra gli scavi tra i due cameroni di montaggio (Est e Ovest) come indicato in Figura 3. La sequenza degli scavi si basa su quanto indicato nel Programma Lavori Lotto Muls 2-3.

5.3.1 Geometria del modello

Il modello di calcolo, in virtù della simmetria del problema, si estende per 100 m in larghezza agli estremi del CM Est ed Ovest, 300 m in altezza, di cui 100 m al di sotto del piano del ferro e 200 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 200x200 cm, infittiti in prossimità della galleria, dove assumono dimensioni pari a circa 50x50 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.

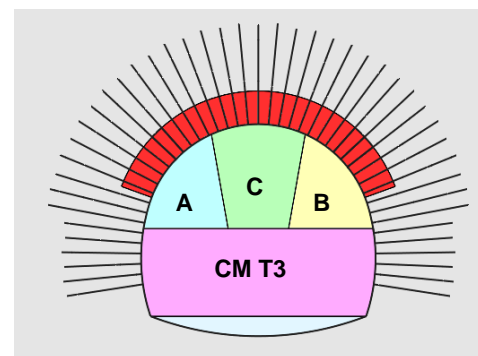


Figura 5: sezione di analisi CM T3

In Analogie zum Bericht [10], wurde die Baugrundvergütung durch eine Materialschicht mit geringfügig besseren Bodenparametern modelliert (siehe Anhang 5) modelliert.

5.3.2 Bildendes Gebirgsmodell

Das Gebirge wurde als ein kontinuierlich elastisch-plastisches Medium modelliert mit Widerstandskriterium des Typs Hoek-Brown [25] und Restparameter, die gemäß der Cai et. [32] 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 Aushub betroffenen Felsen bestimmt.

Für die Bemessung des Querschnitts CM T3 werden die geomechanischen Parameter des Gebirges GA-BST-KS-8f berücksichtigt.

Analogamente al rapporto [10], l'effetto del consolidamento del contorno del cavo è stato modellato tramite uno strato di materiale con parametri di resistenza lievemente superiori (vedasi Appendice 5).

5.3.2 Modello costitutivo dell'ammasso e stato tensionale iniziale

L'ammasso è stato modellato come un mezzo continuo elasto-plastico avente criterio di resistenza di tipo Hoek-Brown [25] con parametri residui valutati sulla base della teoria di Cai et. al [32] 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. Per il dimensionamento del profilo CM T3 si sono considerati i parametri geomeccanici relativi all'ammasso GA-BST-KS-8f secondo la tabella seguente:

Zone max overburden [m]	GSI	GSI _{res}	γ [kN/m ³]	E_{rm} [MPa]	σ_{ci} [MPa]	σ_{cm} [MPa]	m_i [-]	$m_{b, peak}$ [-]	$m_{b, res}$ [-]	$s_{, peak}$ [-]	$s_{, res}$ [-]
1060	50	25.59	26.6	11135	32	5.84	11	1.844	0.841	0.0039	0.0003

Tabelle 10: Berücksichtigte geomechanische Parameter (CM T3)

Tabella 10: Parametri geomeccanici considerati (CM T3)

Der Spannungszustand wurde wie folgt ermittelt:

Lo stato di sforzo in sito è stato valutato secondo le seguenti relazioni:

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

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

Wobei:

Dove

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

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

5.3.3 Eigenschaften der Außenschale

Folgende Tabelle zeigt die Eigenschaften der Ausbruchssicherung für das Profil CM-T3 auf:

CM T3	Anker Ancoraggi						Spritzbeton Betoncino proiettato			Stählbogen Centine
	Position Posizione	Typ Tipo	N_y [kN]	L [m]	$i_{\text{längs/}}/$ i_{long} [m]	$i_{\text{quer/}}/$ i_{trasv} [m]	Klasse Classe	S_{nom} [cm]	S_{min} [cm]	Typ Tipo
	Radial Radiali	Dywidag	660	8/10	1.5	1.5	C30/37	35	35	Gitterträger / reticolare 4Φ26
Umriss Contorno	R51N	630	12	3.0	0.75					

Tabelle 11: Eigenschaften der Außenschale CM T3

5.3.3 Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase

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

Tabella 11: Caratteristiche rivestimenti di prima fase CM T3

Die Spritzbetonschale wurde mittels eindimensionaler finiter Balkenelemente (beam) mit elastischem Verhalten modelliert. Auf der sicheren Seite liegend wurden 2 Analysen durchgeführt: die erste mit $E = 5$ GPa um maximale Verformungen zu erhalten und die zweite mit $E = 15$ GPa um maximale Einwirkungen zu berücksichtigen. Der Wert $E = 15$ GPa entspricht ca. 50% der Steifigkeit eines ausgehärteten Betons mittlerer Klasse. Auf diese Art und Weise können die Verformungen durch Schwinden und Viskosität berücksichtigt werden.

Auf der sicheren Seite liegend wurden die Stahlbögen im numerischen Modell nicht berücksichtigt. Diese werden nur in den Nachweisen im Anhang 4 berücksichtigt.

Die Anker werden, wie mit BBT SE vereinbart, mit einem Grenzwiderstand gleich der Fließgrenze multipliziert mit dem Widerstandsbeiwert ($\gamma_R = 1.15$) und dem Sicherheitsbeiwert für die Reibung ($\gamma_R = 1.3$) modelliert. Die Anker werden mit spezifischen eindimensionalen Elementen (Truss) nachgebildet, mit perfekt elasto-plastischem Verhalten (Abbildung 3) und Von Mises Bruchkriterium ($N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 548$ kN). Sie sind mit den Gitterknoten über eine Schnittstelle verbunden, wobei Vorsichtswerte des Querschnitts (190 kN/m) und der tangentielle Steifigkeit (15 MN/m/m) [31] berücksichtigt werden.

5.3.4 Laststufen

Nachfolgend sind die Berechnungsschritte für das Berechnungsmodell im ebenen Verformungszustand mit den FFS, welche anhand der axialsymmetrischen Berechnung (siehe Anhang 4) geeicht wurden, aufgelistet:

Nachfolgend sind die Berechnungsstufen zusammengefasst:

- 0) Geostatische Ausgangslage mit Bestimmung der Geometrie, der Randbedingungen, der Stratigraphie und der geostatischen Ausgangsspannungen;
- 1) Reduktion der FFS bis zum Wert, den sie an der Ortsbrust

Per la modellazione dello spritzbeton si sono assunti elementi monodimensionali beam con comportamento elastico. In via cautelativa si sono eseguite due analisi: una con $E = 5$ GPa per massimizzare le deformazioni e una con $E = 15$ GPa per massimizzare le sollecitazioni. Il valore di $E = 15$ GPa, corrisponde a circa il 50% della rigidità di un calcestruzzo indurito di classe media; in questo modo è possibile considerare il caratteristico comportamento di deformazione viscosa e il ritiro.

Nella modellazione numerica, secondo un approccio conservativo, le centine non sono state modellate ma vengono considerate nelle verifiche sezionali (Appendice 4).

Gli ancoraggi 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 3) con criterio di rottura alla Von Mises ($N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 548$ kN) collegati ai nodi della griglia mediante un'interfaccia considerando valori cautelativi di resistenza a taglio (190 kN/m) e rigidità tangenziale (15 MN/m/m) [31].

5.3.4 Step di carico

Di seguito sono riassunti gli step di calcolo per il modello in deformazioni piane con le FFS tarate sulla base dell'analisi assialsimmetrica (vedasi Appendice 4) e tenendo conto dei valori desunti dall'esperienza:

Di seguito sono riassunti gli step di calcolo:

- 0) Condizione geostatica iniziale con definizione della geometria, delle condizioni al contorno, della stratigrafia e delle tensioni geostatiche iniziali;
- 1) Riduzione delle FFS fino al valore che assumono al fronte

einnehmen (FFS =10%);

2) Reduktion der FFS bis zum Wert, den sie im Moment des Einbaus des ersten Ankerrasters annehmen (1m ab Ortsbrust) (FFS =7%);

3) Modellierung der radialen Anker und Reduktion der FFS bis auf ca. 5% (3 Meter – 3 Abschläge);

4) Einführung der Spritzbetonschale ($s_{tot} = 35 \text{ cm}$, $E = 15 \text{ GPa}$) und Annullierung der FFS (FFS =0%);

5) Um den Auflockerungsdruck, der eventuell auf den darunterliegenden künstlichen Tunnel wirken könnte, zu untersuchen wurde die Außenschale entfernt und eine fiktive Innenschale modelliert. Diese ist durch ein Interface-Element, dessen normale Steifigkeit gleich jener des Gebirges ist und dessen tangentielle Steifigkeit gleich null ist, mit dem Gebirge verbunden.

5.3.5 Nachweisverfahren

Gemäß den NTC 2008 werden die Einwirkungen auf die Außenschale, die dem FEM Modell entnommen sind, um $\gamma_G = 1,30$ erhöhet und die Widerstände des strukturellen Abschnitts um $\gamma_c = 1,50$ reduziert, das heißt $\gamma_s = 1,15$.

Die Nachweise gelten erfüllt, wenn folgende Ungleichung verifiziert ist:

$$E_d \leq R_d$$

Hierbei ist:

- R_d = Bemessungswert Widerstand
- E_d = Bemessungswert Einwirkung

Die Anker erreichen die Ermüdungsgrenze ($N_{yd} = 548 \text{ kN}$), aber nicht die Verformungsgrenze des Stahls ($\epsilon < 5\%$).

5.3.6 Ergebnisse

Die im Anhang 4 aufgezeigten Analysen bestätigen, dass das Gebirgsverhalten als mitteldruckhaft eingeschätzt werden kann.

Unter Berücksichtigung der Bodenvergutung und des Innenausbaus belaufen sich die absoluten Konvergenzen auf ca. 150 mm (relative Konvergenzen ca. 120 mm) wobei sich eine plastische Zone mit maximaler Ausdehnung von ca. 9/10 bildet.

Die Anker erreichen die Ermüdungsgrenze ($N_{yd} = 660 \text{ kN}$), aber nicht die Verformungsgrenze des Stahls ($\epsilon < 5\%$).

Der Gebirgsdruck auf die Inneschale, nach dem Ausfall der

(FFS=10%);

2) Riduzione delle FFS al momento di installazione della prima maglia di ancoraggi (1 m dal fronte) (FFS=7%);

3) Introduzione nel modello numerico degli ancoraggi radiali e riduzione delle FFS a ca. 5% (3 metri - 3 avanzamenti);

4) Introduzione del betoncino proiettato ($s_{tot} = 35 \text{ cm}$, $E = 15 \text{ GPa}$) e annullamento delle FFS (FFS=0%);

5) Per verificare il carico di allentamento che potr gravare sulla galleria artificiale sottostante viene rimosso del rivestimento di prima fase e installato un liner che simula fittiziamente il rivestimento definitivo. Quest'ultimo  collegato alla mesh mediante un elemento interfaccia avente rigidit normale pari a quella dell'ammasso e rigidit tangenziale nulla.

5.3.5 Procedura di verifica

In conformit alle NTC 2008 le azioni ricavate dal modello FEM sul rivestimento di prima fase sono aumentate di $\gamma_G = 1,30$ e le resistenze della sezione strutturale sono ridotte di $\gamma_c = 1,50$ ovvero $\gamma_s = 1,15$.

Le verifiche risultano soddisfatte se  verificata la seguente disuguaglianza:

Dove:

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

Inoltre si verifica che gli ancoraggi che raggiungono il limite di snervamento ($N_{yd} = 548 \text{ kN}$) non superino il limite di deformazione assiale posto pari a 5%.

5.3.6 Risultati

Le analisi riportate nell'Appendice 4 confermano che il comportamento dell'ammasso  caratterizzato da un comportamento mediamente spingente.

La convergenza totale in presenza dei consolidamenti e dei rivestimenti  di ca. 150 mm (convergenza relativa ca. 120 mm) con la formazione di una fascia plastica di estensione massima di ca. 9/10 m.

Le verifiche strutturali sul rivestimento provvisorio risultano soddisfatte e gli ancoraggi raggiungono il limite di snervamento ($N_{yd} = 660 \text{ kN}$) ma non il limite di deformazione dell'acciaio ($\epsilon < 5\%$).

La pressione esercitata dall'ammasso sul rivestimento

Außenschale liegt im Bereich der 350 kPa.

definitivo, al decadimento del rivestimento di prima fase, è dell'ordine dei 350 kPa.

5.4 ANALYSE DER STANDSICHERHEIT DER ORTBRUST

5.4.1 Nachweisverfahren

In erster Linie wurden die kritischen Zonen mittels Kennlinienverfahren ermittelt. In Bezug auf die Tabelle 5 und Tabelle 6 wird der Bereich des Gebirges GA-BST-KS-8f untersucht. Es ist mit einer kurzfristig stabilen Ortsbrust zu rechnen.

Im Anhang 3 werden die Nachweise an der Ortsbrust detailliert beschrieben.

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

Parameter / Parametri	Symbol / Simbolo	Faktor / Fattore
Effektiver Reibungswinkel / Angolo di attrito effettivo ^a	$\gamma_{\varphi'}$	1.25
effektive Kohäsion / Coesione effettiva	γ_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 $\tan \varphi'$ angewendet / valore applicato alla tangente dell'angolo		

Tabelle 12: Teilsicherheitsfaktoren Ortsbrustnachweis

5.4 ANALISI DELLA STABILITÀ DEL FRONTE

5.4.1 Procedura di verifica

In prima analisi sono state identificate le tratte critiche mediante le Linee Caratteristiche. Facendo riferimento alla Tabella 5 e Tabella 6, viene evidenziato che per l'ammasso GA-BST-KS-8f si prevede una stabilità del fronte a breve termine.

In Appendice 3 viene eseguita l'analisi del fronte mediante i cunei di scivolamento.

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

Tabella 12: Fattori parziali di sicurezza per la verifica di stabilità del fronte di scavo

5.4.2 Ergebnisse

5.4.2.1 Bruchkörperanalyse

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.

Im Falle eines lang andauernden Vortriebsstop wird vorgesehen eine 10cm dicke mit stahlfasern bewehrte Spritzbetonschicht an der Ortsbrust aufzutragen.

5.4.2.2 Axialsymmetrische Untersuchungen

In Bezug auf die Überlegungen im Bericht H61_QS_070_KST_D0700_22908 *Statische Bericht FdE-GL T4-T6*, wurde die axialsymmetrische Analyse ohne Ausbruchsicherung mit einer Abschlagslänge von 1.5m

5.4.2 Risultati

5.4.2.1 Analisi a blocchi

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 disaggiati 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.

5.4.2.2 Analisi assialsimmetriche

Riprendendo le considerazioni del Rapporto H61_QS_070_KST_D0700_22908 *Relazione di calcolo rivestimenti FdE-GL T4-T6*, l'analisi assialsimmetrica eseguita in assenza dei rivestimenti e secondo sfondi di 1.5m,

vorgenommen. Die Verformung an der Ortsbrust ist gleich 80mm, mit absoluter radialer Konvergenz von 160mm und einer plastischen Zone die sich ca. 6m vor der Ortsbrust und 7/8m seitlich ausbreitet. Durch die Sicherungsmaßnahmen an der Ortsbrust können deren Verformungen auf 50mm begrenzt werden und die plastische Zone wird auf 5m vor der Ortsbrust und 6/7m seitlich reduziert werden.

Durch die Beobachtungsmethode ist das effektive Verhalten des Gebirges während des Vortriebs zu beurteilen und dementsprechend eventuelle die Anzahl und Dichte der Anker zu reduzieren.

evidenzia che l'estrusione del fronte è pari a circa 80 mm, con convergenza radiale assoluta di 160 mm, mentre la zona plasticizzata si estende per circa 6 m davanti al fronte e di 7/8 m al contorno. Gli interventi al fronte consentono di limitare l'estrusione al fronte a circa 50 mm, l'estensione della zona plasticizzata davanti al fronte (5 m) e al contorno (6/7 m).

Nell'ottica di un approccio osservazionale, si dovrà valutare l'effettivo comportamento dell'ammasso e conseguentemente ridurre o aumentare l'intensità degli ancoraggi al fronte

6 INNENSCHALE

6.1 STABWERKSMODELLE

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

Für die Berechnung wird ein Abschnitt des Tunnels mit einheitlicher Tiefe (1 m) berücksichtigt und ein Strukturmodell festgelegt und zwar mittels ebenen Finite-Strabelemente (beam). Die Tunnelschale ist durch Elemente schematisiert, die kürzer als 0.5 m sind und die reelle Stärken des berücksichtigten strukturellen Elements 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, ausgelassen wird. Im Falle von ebener Verformung der Elastizitätsmodul E'_c wie folgt ermittelt:

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

mit:

- E_c = Modul der Betonelastizität;
- 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 überwunden wurde (Bildung von plastischen Scharnieren) verloren gegangen ist. Die Modellierung der plastischen Gelenke erfolgt durch den Einsatz von Torsionsfedern, dessen Steifigkeit iterativ mit der Pöttler-Methode [29][30] berechnet wird.

6.2 INTERAKTION TRAGWERK-BAUGRUND

Die Zusammenwirkung Boden-Struktur wird mit dem Einsatz von Point Support Elementen simuliert, die an die Modellknoten gesetzt werden. Nur bei Komprimierung 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

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 redistribuzione 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 [29][30].

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

Abdichtungsstreifens angenommen. Letztere zählt für Verschiebungen von weniger als 0.5 cm. Werden diese Verschiebungen überschritten, entspricht die Schnittstellensteifigkeit der des Gebirges.

Die tangenziale Steifigkeit wurde aufgrund des Vorhandenseins des Abdichtungsbahn an der Schnittstelle Boden-Struktur vernachlässigt.

spostamenti inferiori a 0.5 cm. Superati tali spostamenti, la 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.

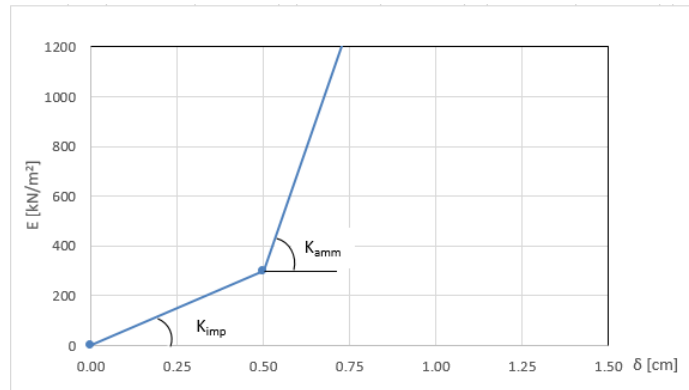


Abbildung 6: Schematisierung der Schnittstelle

Figura 6: Schematizzazione dell'interfaccia

6.2.1 Modellierung der Bettung

6.2.1 Rigidezza radiale

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:

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.

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

Hierbei ist:

Dove:

- 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

- 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

6.2.2 Costante della molla nelle zone di appoggio / fondo

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:

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:

Federkonstante c_v – vertikal

Costante della molla c_v – verticale

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

Federkonstante c_h – horizontal

- $c_h = 0,5 \cdot c_v$

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

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

Costante della molla c_h – orizzontale

- $c_h = 0,5 \cdot c_v$

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

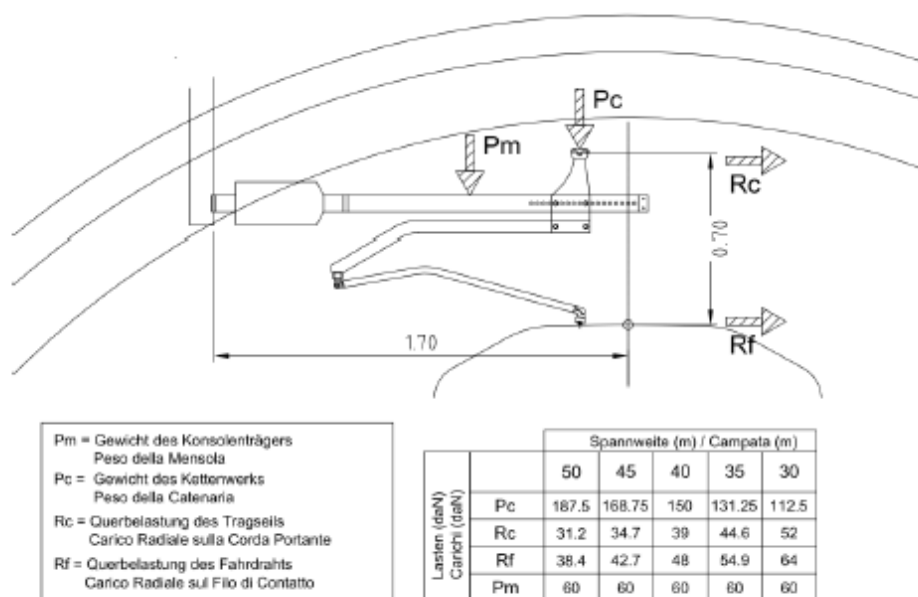


Abbildung 7: Lasten der Oberleitung

Figura 7: Carichi della catenaria

6.3.3 Auffüllung über dem Sohlgewölbe G3

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

Das für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Volumen basiert auf dem Planmaß der Konstruktion.

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

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

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

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

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

6.3.4 Wasserdruck G4

6.3.4 Pressione idraulica 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:

Per il caso di galleria drenata (senza pressione) nelle sezioni tipi 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:

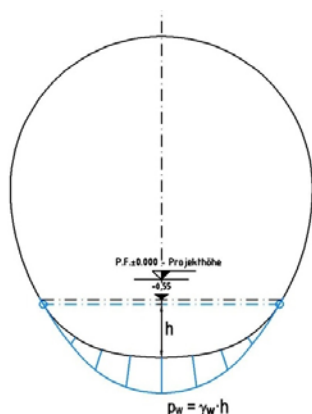


Abbildung 8: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt

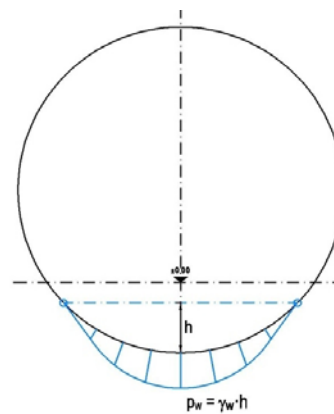


Figura 8: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata

6.3.5 Gebirgslast G5

Für den Nachweis des untersuchten Querschnitts wurde sowohl die Auflast des Auffüllmaterials als auch die effektive Gebirgslast berücksichtigt.

Die Auflast, welche aus dem Auffüllmaterial resultiert, wurde in eine vertikale und horizontale Komponente gegliedert, um die horizontale Komponente, und somit die günstige Stützwirkung, mit dem entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten abzumindern. Die vertikale Komponente wurde unter Berücksichtigung der höchsten Auffüllhöhe ermittelt. Die horizontale Komponente wurde unter der Annahme von K_0 gleich 0.5 ermittelt. Für diesen Lastfall wurde außerdem die Übergangssituation untersucht, in welcher die Auffüllung nur an den Seiten des Bauwerks vorhanden ist und somit die minimale Normalkraft in den Paramenten vorherrscht.

Die Gebirgslast wurde unter Annahme des kompletten Ausfalls der fiktiven Ausbruch-Kräfte ermittelt (letzter Berechnungsschritt FEM-Analyse). Die horizontale Komponente dieser Last wurde als konstant und gleich 0.5Pv angenommen.

6.3.6 Squeezing e swelling G7

Es wird auf das Dokument 02-H61-GD-040-KTB-D0700_22102 verwiesen.

6.3.7 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 gleichmäßigen 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.

6.3.5 Carico dell'ammasso G5

Per quanto riguarda i carichi agenti sulla sezione analizzata, si è distinto il carico del materiale di riempimento rispetto a quello del carico dell'ammasso.

Le pressioni indotte dal materiale di riempimento sono state suddivise in verticali ed orizzontali, in modo da ridurre, mediante i relativi coefficienti di sicurezza, gli effetti di confinamento prodotti dalla componente orizzontale del carico in questione. La pressione verticale è stata calcolata considerando l'altezza massima raggiunta dal riempimento, mentre quella orizzontale è stata determinata utilizzando un K_0 pari a 0.5. Per tale carico si è inoltre realizzata una fase transitoria in cui il riempimento è presente unicamente ai lati del manufatto, quindi in presenza della minima forza assiale lungo i paramenti.

Il carico dell'ammasso agente è stato calcolato a partire dal completo decadimento delle forze fittizie di scavo (ultimo step delle analisi FEM). La componente orizzontale di tale carico è stata mantenuta costante e pari a 0.5Pv.

6.3.6 Squeezing e swelling G7

Per i fenomeni di rigonfiamento si rimanda al documento 02-H61-GD-040-KTB-D0700_22102.

6.3.7 Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6

La 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.

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.

6.3.8 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 13: Temperatureinwirkung Innenschale

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

Temperaturbeanspruchungen während des Baus der Innenschale können vernachlässigt werden.

Die von der Temperatur ausgehenden Einwirkungen in Folge eines Brands sind Gegenstand des Absatzes 6.3.12.

6.3.9 Erdbebeneinwirkung E1

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

6.3.10 Druck / Sog infolge Zugfahrt A1

Die Be- und Entlastungsvorgänge, welche aus der Zugverkehr 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 $\Delta p_{Druck} = + 11$ kN/m² und $\Delta p_{Sog} = - 9$ kN/m² auf. Da diese Einwirkungen, auch 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.

6.3.11 Anpralllast A2

Die Einwirkung Anprall Schienenfahrzeuge ist nur in den Verzweigungsbauwerken und Portalen zu berücksichtigen. Aus diesem Grund wurde im betreffenden Abschnitt,

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 agli SLE.

6.3.8 Temperatura Q1

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

Tabella 13: 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 costruzione dell'anello vengono trascurate.

Le azioni derivanti dalle alte temperatura a seguito di incendio sono oggetto del paragrafo 6.3.12.

6.3.9 Azione sismica E1

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

6.3.10 Pressione aerodinamica A1

I processi di carico e scarico tensionale a seguito del passaggio dei treni sono definiti nel documento D0118-064 „Aerodynamica – clima – ventilazione“. Dal documento si deduce che in casi estremi (azioni eccezionali) si presentano in galleria azioni aerodinamiche di $\Delta p_{pressione} = + 11$ kN/m² e $\Delta p_{aspirazione} = - 9$ kN/m². 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.

6.3.11 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.

diesbezüglich keine Untersuchungen angestellt.

6.3.12 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.

6.4 EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN

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

Die für die Dimensionierung der Innenschale entsprechenden maßgebenden Einwirkungskombinationen sind in Tabelle 14 aufgeführt:

Lastfall / Caso di carico Einwirkung siko mbination (Combinazi oni)	ständig / permanenti							vorübergehend / variabili			außergewöhnlich / eccezionali		
	Eigengewicht Peso proprio	Oberleitung Catenaria	Gebirgslast ohne Auftrieb Carichi della roccia in condizioni asciutte	Horizontale Belastung des Auschüttungsmate rials - Arbeitsphase Carico orizzontale del materiale di riempimento - Fase di lavoro	Vertikale Belastung des Auschüttungsmate rials Carico verticale del materiale di riempimento	Horizontale Belastung des Auschüttungsmate rials Carico orizzontale del materiale di riempimento	Kriechen und Schwinden Ritiro e rilassamento	Temperatur (Sommer) Temperatura (Estate)	Temperatur (Winter) Temperatura (inverno)	Verkehrslast (Zugfahrt) Carico ferroviario	Brand Fuoco	Druck infolge Zugfahrt Carico aerodinamico (pressione)	Sog infolge Zugfahrt Carico aerodinamico (aspirazione)
	G1	G2	G5 A	G5 B	G5 C	G5 D	G6	Q1	Q1	Q2	A3	A1	A1
druckentlastet / sistema drenato	1	1.35						1.50					
		1.00						1.00					
	2	1.35					1.00		1.50				
		1.00					1.00		1.00				
	5A	1.35	1.35	1.35		1.35	1.00		1.50				
		1.00	1.00	1.00		1.00	1.00		1.00				
	5B	1.35	1.35	1.35		1.00	1.35		1.50				
		1.00	1.00	1.00		1.00	1.00		1.00				
	6A	1.35	1.35	1.35		1.35	1.00	1.00		1.50			
		1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00		1.00			
	6B	1.35	1.35	1.35		1.00	1.35	1.00		1.50			
		1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00		1.00			
	6C	1.35	1.35		1.35			1.00		1.50			
		1.00	1.00		1.00			1.00		1.00			
11	1.00	1.00						0.60			1.00		
12	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 14: Einwirkungskombinationen

6.3.12 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 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 14:

Tabella 14: Combinazioni di carico

6.5 NACHWEISVERFAHREN

Für den Nachweis des Grenzzustandes der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit der Innenschale wurden die Vorgaben aus NTC2008, Abs. 2.5.3 berücksichtigt.

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.

6.5.1.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

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

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

Tabelle 15: Kombinationsbeiwerte

6.5.1.3 Einwirkungskombinationen

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

Die für die Dimensionierung der Innenschale entsprechenden maßgebenden Einwirkungskombinationen sind in Abhängigkeit von den in-situ vorherrschenden Randbedingungen auszuwählen.

6.5.1.4 Teilsicherheitsfaktoren Widerstand

Die Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände bei einer ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation (BS1 und BS2) sind unter Berücksichtigung einer Lebensdauer des Bauwerkes von 200 Jahren gemäß wie folgt zu

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 Coefficienti di combinazione delle azioni

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

Tabella 15: 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:

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 Normalkraft

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

Der Nachweis des unbewehrten Betons erfolgt gemäß dem NTC2008, Kapitel 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:

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

6.5.1.6 Bemessung Querkraft

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

Der Nachweis bei der unbewehrten Innenschale erfolgt gemäß NTC2008 mit folgenden Ungleichungen:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = f_{cvd} \cdot \frac{b \cdot x}{1,5}$$

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

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. 4.1.11.1.

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:

6.5.1.6 Verifica a taglio

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

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

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

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

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

Bei den überwiegend komprimierten Abschnitten wird die Durchschnittsbelastung der Komprimierung σ_c als Durchschnitt der Komprimierungen im reagierenden Abschnittsteil '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, bei 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 Abschnitts, sowohl komprimiert als auch gespannt 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 Stati Limite Esercizio (SLE)

6.5.2.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

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

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 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

Die in den Einwirkungskombinationen zu berücksichtigenden Kombinationsbeiwerte sind der Tabelle 14 zu entnehmen. Die Kombinationsbeiwerte sind in der Tabelle 15 wiedergegeben.

6.5.2.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

In Tabella 14 si trovano i coefficienti da considerare nelle combinazioni delle azioni. I coefficienti di combinazione sono da considerare come in Tabella 15.

6.5.2.3 Einwirkungskombinationen

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

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 Teilsicherheitsfaktoren Widerstand

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

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 Ermittlung der Verformungen

Die Ermittlung der Systemverformung erfolgt im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) unter Berücksichtigung der Kombinationsregeln mit den charakteristischen Einwirkungen

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.

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 14 die maximale Rissweite w_{kai} gemäß NTC2008 nachzuweisen. Die zulässige Rissbreite für Normalbeton ohne besondere Anforderung der Dichtigkeit oder bei Existenz einer Abdichtung ist auf $w_{kai} \leq 0,3$ mm zu begrenzen.

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

6.5.2.6 Limitazione dello spessore delle fessure

In considerazione delle NTC2008, si controlla allo SLE lo spessore massimo delle fessure w_{kai} per le combinazioni di carico rilevanti, in considerazione dei fattori parziali di sicurezza e dei coefficienti di riduzione ψ secondo Tabella 14. La larghezza delle fessure ammessa per il cls normale senza particolari requisiti di spessore o in presenza di impermeabilizzazione è limitata a $w_{kai} \leq 0,3$ 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 $w_{kai} \leq 0,2$ mm.

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 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 16: 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.

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.

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 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 16: 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 6 aufgezeigten Berechnungen zeigen, dass eine Bewehrung $\Phi 16$ alle 150 im Bereich der Kalotte $\Phi 16/\Phi 18$ alle 150mm im Bereich der Widerlager und in der Sohle sowie $\Phi 20$ alle 150mm im Anschlussbereich zwischen Sohle und Widerlager erforderlich ist. Die Lastverteilungsbewehrung besteht aus $\Phi 10$ alle 150mm.

Es ist keine Schubbewehrung erforderlich.

Der mittlere Bewehrungsgrad liegt bei 65 kg/m^3 Beton.

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.

6.7 RISULTATI

Le analisi riportate in Appendice 6 mostrano che i modelli FEM necessitano l'impiego di armatura flessionale $\Phi 16$ passo 150 in calotta, $\Phi 16/\Phi 18$ passo 150 lungo i paramenti e in platea e $\Phi 20$ passo 150 nelle zone di connessione tra i paramenti e la platea. L'armatura di ripartizione è costituita da $\Phi 10$ passo 150mm.

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

L'incidenza d'armatura è di circa 65 kg/m^3 di calcestruzzo.

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: Geomechanische Homogenbereiche	11
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).	11
Tabelle 3: Typische Parameter der Gebirge in den unterschiedlichen Zonen und Klassen	12
Tabelle 4: Lage der Trennflächen im Bündnerschieferkomplex	13
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).	14
Tabelle 6: Vorgeschlagene Stabilitätskriterien in [23] [24]; c_f = Ortsbrustkonvergenz; F_{pf} = Ausdehnung des plastischen Streifens an der Ortsbrust; $R_{scavo} = r_{eq}$ = äquivalenter Ausbruchradius	15
Tabelle 7 Ergebnisse der empirischen Methoden	15
Tabelle 8: Berücksichtigte geomechanische Parameter (CM T2)	19
Tabelle 9: Eigenschaften der Außenschale CM-T2	20
Tabelle 10: Berücksichtigte geomechanische Parameter (CM T3)	24
Tabelle 11: Eigenschaften der Außenschale CM T3	25
Tabelle 12: Teilsicherheitsfaktoren Ortsbrustnachweis	27
Tabelle 13: Temperatureinwirkung Innenschale	34
Tabelle 14: Einwirkungskombinationen	35
Tabelle 15: Kombinationsbeiwerte	36
Tabelle 16: Mindestbetondeckung	40
Tabelle 17: Nachweisverfahren GZT Stützträger	177
Tabelle 18: Nachweise GZG Stützträger	178

7 ELENCHI

7.1 ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Zone geomeccaniche omogenee	11
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).	11
Tabella 3: Parametri caratteristici dell'ammasso nelle diverse zone e classi	12
Tabella 4: Giacitura delle discontinuità nel complesso dei calcescisti	13
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)	14
Tabella 6: Criteri di stabilità proposti in [23] [24]; c_f = convergenza al fronte; F_{pf} = estensione della fascia plastica al fronte; $R_{scavo} = r_{eq}$ = raggio equivalente di scavo.	15
Tabella 7: Risultati dei metodi empirici	15
Tabella 8: Parametri geomeccanici considerati (CM T2) ...	19
Tabella 9: Caratteristiche rivestimenti di prima fase CM T220	
Tabella 10: Parametri geomeccanici considerati (CM T3) .	24
Tabella 11: Caratteristiche rivestimenti di prima fase CM T325	
Tabella 12: Fattori parziali di sicurezza per la verifica di stabilità del fronte di scavo	27
Tabella 13: Variazione termica	34
Tabella 14: Combinazioni di carico	35
Tabella 15: Coefficienti di combinazione	36
Tabella 16: Copriferro minimo.	40
Tabella 17: Verifiche SLU architrave	177
Tabella 18: Verifiche SLE architrave	178

7.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Auszug aus dem geomechanischen Längsprofil und des geologischen Lageplans [3]-[4] mit Angabe des Untersuchungsgebietes.....	8
Abbildung 2: Berechnungsquerschnitt CM-T2.....	18
Abbildung 3: Kraft-Verformungsverhalten der Anker-Elemente 20	
Abbildung 4: Berücksichtigte FFS für das Modell CM T2 ...	21
Abbildung 5: Berechnungsquerschnitt CM-T3.....	23
Abbildung 6: Schematisierung der Schnittstelle	30
Abbildung 7: Lasten der Oberleitung	32
Abbildung 8: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt	32

7.3 ANLAGENVERZEICHNIS

- ANHANG 1 – GEOMECHANISCHE KARTEN
- ANHANG 2 - KENNLINIENVERFAHREN
- ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE
- ANHANG 4 – FEM ANALYSE DER AUßENSCHALE DES QUERSCHNITTS CM-T2
- ANHANG 5 – FEM ANALYSE DER AUßENSCHALE DES QUERSCHNITTS CM-T3
- ANHANG 6 – FEM ANALYSE DES KÜNSTLICHEN TUNNELS
- ANHANG 7 – FEM ANALYSE DES BAUWERKSABSCHNITT CT1-IN-GL-CM-T
- ANHANG 8 – FEM ANALYSE DES ANSCHLUSSBEREICHS CT1-IN-GL-CM-T

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

7.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Estratto del profilo geomeccanico longitudinale e della planimetria geologica [3]-[4] con indicazione dell'area di studio.	8
Figura 2: sezione di analisi CM T2.....	18
Figura 3: Comportamento sforzo-deformazione per gli ancoraggi	20
Figura 4: FFS considerate per il modello CM T2	21
Figura 5: sezione di analisi CM T3.....	23
Figura 6: Schematizzazione dell'interfaccia.....	30
Figura 7: Carichi della catenaria	32
Figura 8: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata	32

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 SEZIONE CM-T2
- APPENDICE 5 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE SEZIONE CM-T3
- APPENDICE 6 - ANALSI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO
- APPENDICE 7 – ANALISI FEM DELLA PARTE D'OPERA CT1-IN-GL-CM-T
- APPENDICE 8 - ANALISI FEM ZONA D'INNESTO CT1-IN-GL-CM-T

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 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 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 Muls 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_991_KBA_D0700_55001 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Bauprogramm
- [6] 02_H61_EG_995_KTB_D0700_15003 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Sicherheit bzgl. Feuerexposition
- [7] 02_H61_GD_992_GLS_D0700_13021 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Geomechanischer Längsschnitt - 3/4 - von km 43+850 bis km 49+000

7.4.1.2 Technische Projektaufbereitung

- [8] Geomechanischer Bericht Hauptröhren Muls PMF Trens
- [9] Geomechanischer Bericht Erkundungsstollen Muls-Brenner

7.4.1.3 Ausführungsprojekt Erweiterung Baulos Muls 1

- [10] D0755/02-V04-OP.EN 01.01 - Statischer Bericht - Haupttunnel km 46+800/47+800

7.4.2 Normen und Richtlinien

- [11] Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;
- [12] Leitfaden N.617, Vorgehensweise für technische Konstruktionsnormen, Ausgabe Januar 2008
- [13] DM 28/10/2005 Sicherheit für Bahntunnel
- [14] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Grundlage für Konstruktion und Dokumentation zur nationalen Umsetzung ;
- [15] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011

- [3] 02_H61_GD_040_GLS_D0700_22002 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 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 - D0700: Lotto Muls 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_991_KBA_D0700_55001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Programma Lavori Lotto Muls 2-3
- [6] 02_H61_EG_995_KTB_D0700_15003- Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Sicurezza nei riguardi di esposizione al fuoco
- [7] 02_H61_GD_992_GLS_D0700_13021 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 – Profilo geomeccanico - 3/4 - da km 43+850 a km 49+000

7.4.1.2 Elaborazione tecnica del progetto

- [8] Relazione geomeccanica Canne principali Muls PMF Trens
- [9] Relazione geomeccanica Cunicolo esplorativo Muls-Brennero

7.4.1.3 Progetto Esecutivo Estensione Lotto Muls 1

- [10] D0755/02-V04-OP.EN 01.01 - Relazione statica rivestimento di prima fase - Galleria di linea km 46+800/47+800

7.4.2 Normativa

- [11] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
- [12] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- [13] DM 28/10/2005 , Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.
- [14] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Basi per la progettazione strutturale e documento di applicazione nazionale3
- [15] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures

- [16] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Planung von für Stahlbetonbauwerke und Dokumente zur nationalen Umsetzung;
- [17] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Geotechnik und Dokumente zur nationalen Umsetzung
- [18] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [19] 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".
- [20] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"

– 2010/2011

- [16] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo e documento di applicazione nazionale
- [17] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica e documento di applicazione nazionale
- [18] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [19] 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".
- [20] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"

7.4.3 Literatur

- [21] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [22] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method", Eurock '96, pagg. 855-860.
- [23] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [24] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [25] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [26] UNWEDGE-rocscience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [27] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [28] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)
- [29] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [30] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [31] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split

7.4.3 Letteratura

- [21] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [22] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method", Eurock '96, pagg. 855-860.
- [23] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [24] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [25] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [26] UNWEDGE-rocscience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [27] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [28] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)
- [29] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [30] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [31] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split

Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)

- [32] Cai M., Kaiser P.K., Tasaka Y., Minami M. - Determination of residual strength parameters of jointed rock masses using the GSI system. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 44 pag. 247-256, 2007
- [33] MIDAS GTS Manual
- [34] Crowder J., Bawden W.F., Review of Post-Peak Parameters and Behaviour of Rock Masses: Current Trends and Research. Rocscience.
- [35] Hoek, E. (2007). *Practical Rock Engineering*. Toronto: Rocscience, e-book.

Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)

- [32] Cai M., Kaiser P.K., Tasaka Y., Minami M. - Determination of residual strength parameters of jointed rock masses using the GSI system. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 44 pag. 247-256, 2007
- [33] MIDAS GTS Manual
- [34] Crowder J., Bawden W.F., Review of Post-Peak Parameters and Behaviour of Rock Masses: Current Trends and Research. Rocscience.
- [35] Hoek, E. (2007). *Practical Rock Engineering*. Toronto: Rocscience, e-book.

ANHANG 1 - GEOMECHANISCHE KARTEN

Nachfolgend werden die geomechanischen Karten der Gebirge GA-BST-KS-8f laut den Dokumenten [8] angeführt.

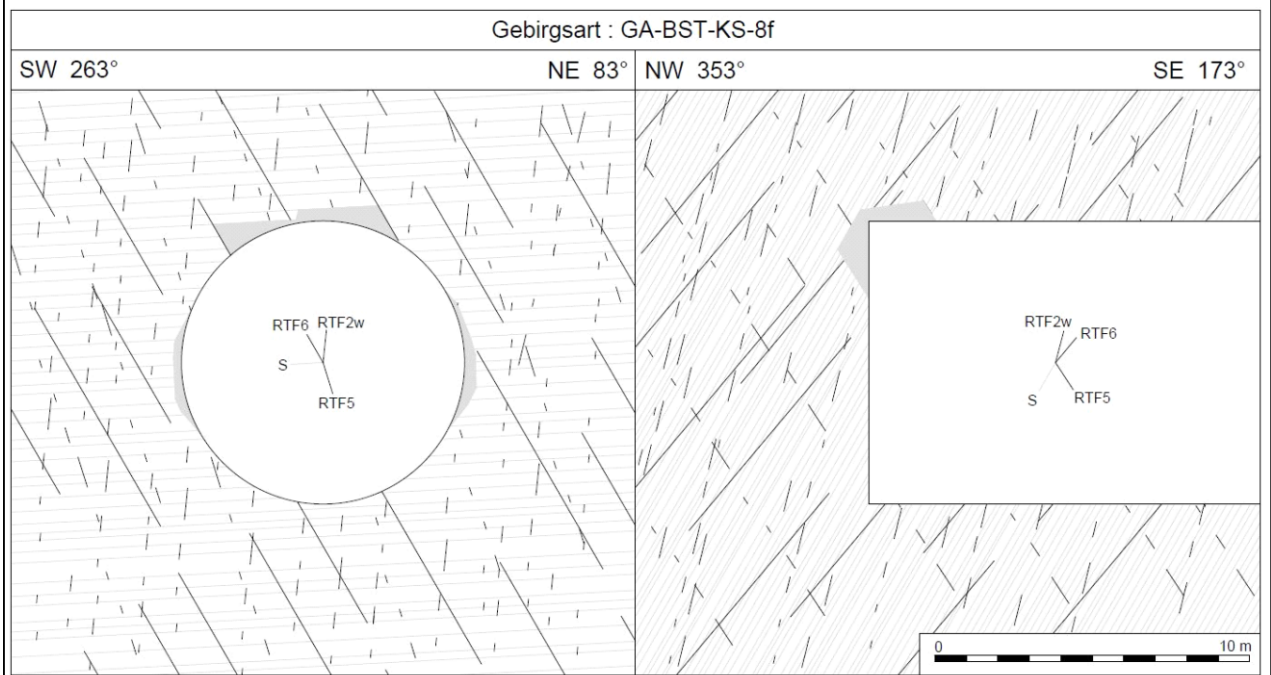
APPENDICE 1 - SCHEDE GEOMECCANICHE

Di seguito è riportata le schede geomeccaniche per l'ammasso roccioso GA-BST-KS-8f secondo il Documento [8].

Geotechnische Kennwerte	Gebirgsart GA-BST-KS-8f		
Parametri geotecnici	Tipo di ammasso roccioso GA-BST-KS-8f		
Lithologie	Bündnerschieferkomplex: Dünnschichtige Wechselfolge von Glimmermarmor, Kalz Quarzit und Phyllit, Bereiche mit höherem Phyllitanteil - 531		
Litologia	Complesso dei calcescisti: alternanze poco spesse di calcescisti, quarziti calcitici e filladi, a tratti con presenza elevata di fillade - 531		
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]	0,02656	\pm 0,00036	63
α_i [MPa] med (F II sf)	41	\pm 18	3
α_i [MPa] min (F 45° sf)	24	\pm 9	12
m_i [-] (Hoek&Brown) aus Triax.-Druckversuch / da prova triassiale	12	\pm 2	4
E [MPa] aus Einax.-Druckversuch / da prova uniaxiale	43000	\pm 11100	15
ν [-] aus Einax.-Druckversuch / da prova uniaxiale	0,21	\pm 0,05	8
CAI [-]	2,7	\pm 0,4	8
äquiv. Qz-Gehalt / Contenuto equ. di Qz [%]	42	\pm 9	8
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: 355/60		
Scistosità: Giacitura / Spaziatura			
Trennflächenorientierung [°] (Vertrauenskegel)	RTF2w: 285/85	RTF6: 050/65	
Giacitura delle discontinuità (Cono di confidenza)	RTF5: 110/75		
Trennflächenabstände [mm]	RTF2w: 200-600	RTF6: 200-600	
Spaziatura delle discontinuità	RTF5: 200-600	S: 60-200	
Trennflächendurchgängigkeit [m]	RTF2w: <1	RTF6: 3-10	
Persistenz der discontinuità	RTF5: <1	S: 3-10	
Trennflächenöffnung [mm]	RTF2w: 0	RTF6: 0	
Apertura della discontinuità	RTF5: 0	S: 0	
Trennflächenrauigkeit JRC₀ [-]	RTF2w: 4-8	RTF6: 10-12	
Rugosità delle discontinuità	RTF5: 4-8	S: 4-8	
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)
$\varphi_{peak/res}$ / φ_{base} [°] (unverwilt. TF / Disc. inalterate)	44 - 46 / 19 - 36 / 30 - 31		3 / 2 / 2
$c_{peak/res}$ [MPa] (unverwilt. TF / Disc. inalterate)	1,7 - 4,1 / 0,27 - 0,47		3 / 2
Gebirgskennwerte in-Situ	Bandbreite		Versuchszahl (n)
Parametri dell'ammasso roccioso in sito	Range		Numero di prove (n)
E [MPa] (BLA / Prova dilatometrica): Last/carico 87,8-10,6 MPa	32500-63600		2
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)	85	\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_c [MPa] (Hoek&Brown)	1,5	0,9	2,0
α_{cm} [MPa] (Hoek&Brown)	4,6	2,9	6,3
c [MPa] (Mohr-Coulomb): $H_{min}=960m / H_{max}=1110m$	1,9 / 2,0	1,6 / 1,7	2,1 / 2,3
φ [°] (Mohr-Coulomb): $H_{min}=960m / H_{max}=1110m$	27 / 26	24 / 23	30 / 28
E [MPa] (Boyd/Serafim 1983 / Hoek 2002 / Hoek&Diederichs 2006)	- / (4900) / 13200	- / (3900) / 9800	- / 5700 / 16600
Charakteristische Werte / Valori caratteristici		Inputparameter / Valori di input	
γ_k (Gebirge / ammasso) [kN/m ³]	27,0	GSI [-] - Hoek&Brown	50
$\alpha_{ci,k}$ (Gestein / roccia) [MPa]	33*	RMR [-] - Bieniawski	60
$\alpha_{cm,k}$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa]	6,3	α_v ($\gamma \cdot H_{min}/max$) [MPa]	25,9 / 30,0
c_k (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa] - H_{min}/max	2,1 / 2,3	ko [-]	0,8-1,0
φ_k (Gebirge / ammasso roccioso) [°] - H_{min}/max	30 / 28		
E_k (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa]	5500		
Bemerkungen	*Wert: M+s (F 45° sf)		
Note	*Valore: M+s (F 45° sf)		

GA-BST-KS-8f: Gebirgsverhaltenstyp GVT 3

GA-BST-KS-8f: Comportamento dell'ammasso roccioso TCR 3



Gebirgsarten	GA-BST-KS-8f: Dünnschichtige Wechselfolge von Glimmerarmor, Kalzitquarzit u. Phyllit
Tipo di ammasso roccioso	GA-BST-KS-8f: Alternanze poco spessi di calcescisti, quarziti calcifici e filladi (531)
Orientierung der Haupttrennflächen	Steil einfallende, schiefend bzw. quer zur Tunnelachse verlaufende Trennflächen; 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)	$> 0,21$: mittel druckhaft
Rapporto di sollecitazione $\sigma_{cm,k}/\sigma_{max}$	$\geq 0,21$: mediamente spingente
Einfluss des Bergwassers	vernachlässigbar
Influenza della falda	trascurabile
Quelldruck	keiner
Pressione di rigonfiamento	assente
Gebirgsverhalten	GVT 3: Spannungsbedingte Entfestigung in Hohlraumnähe durch Abscheren über Trennflächen Ortsbrust (kurzfristig stabil): lokale Ausbrüche
Comportamento dell'ammasso roccioso	TCR 3: Allentamenti in corrisp. della cavità attraverso rottura a taglio lungo discontinuità dovuto all'alto stato tensionale Fronte di scavo (stabile a breve termine): locali distacchi di blocchi
Radialdeformation	< 15 cm (Kennlinienverfahren)
Deformazione radiale	< 15 cm (Metodo delle curve caratteristiche)
Bemerkungen	Überlagerung: 960 - 1110 m
Note	Coperatura: 960 - 1110 m

ANHANG 2 - KENNLINIENVERFAHREN

Nachfolgend werden die Kennlinien für die Gebirgsarten wiedergegeben, durch die folgendes bestimmt werden kann:

- Radialer Druck - Konvergenz
- Konvergenz - Entfernung von Ortsbrust
- Radialer Druck - Ausdehnung des plastischen Streifens jenseits des Abbauprofils
- Entfernung von Ortsbrust - Ausdehnung des plastischen Streifens jenseits des Abbauprofils
- Entfernung von Ortsbrust - fiktive Aushubkräfte

Die Untersuchungen wurden für das Gebirge GA-BST-KS-8f unter der Annahme eines elasto-plastischen Materialgesetz und des Gebirgsmodells nach Mohr-Coulomb, in der Formulierung nach Ribacchi [21] unter der Annahme von 2 verschiedenen äquivalenten Radien 4.8 m e 11 m (äquivalenter Radius des Gesamtquerschnitts CM), durchgeführt.

Die Kurve "Konvergenz - Entfernung zur Ortsbrust" wurde durch ein vereinfachtes, analytisches Verfahren unter Anwendung der die Relationen von Nguyen, Minh et al [22] ermittelt.

APPENDICE 2 - CURVE CARATTERISTICHE

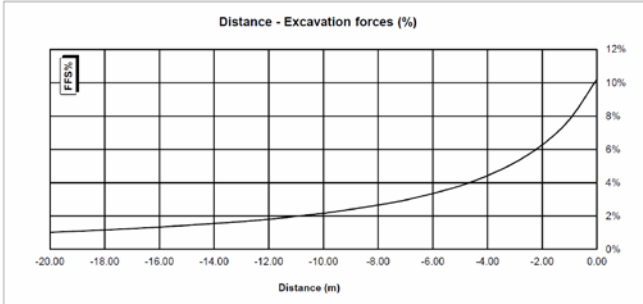
Di seguito sono riportate le curve caratteristiche, mediante le quali è stato possibile valutare:

- 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

L'analisi è stata eseguita per l'ammasso GA-BST-KS-8f assumendo un modello costitutivo elasto-plastico con softening e flusso non associato del materiale roccia secondo Mohr-Coulomb, nella formulazione proposta da Ribacchi [21] e considerando due differenti valori di raggio equivalente 4.8 m e 11 m (raggio equivalente sezione completa della CM).

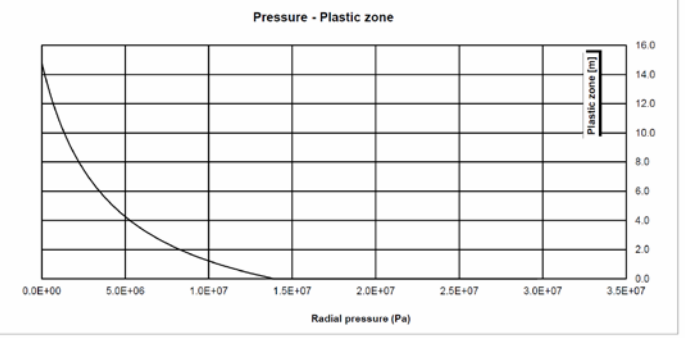
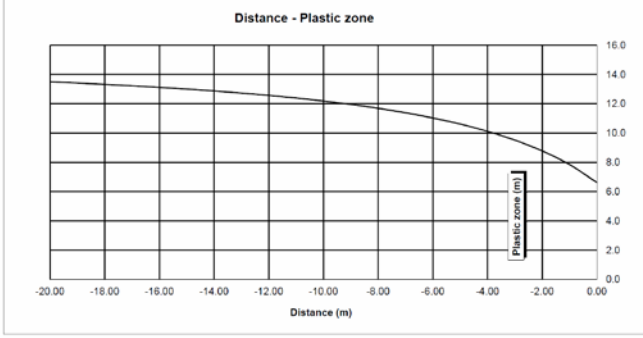
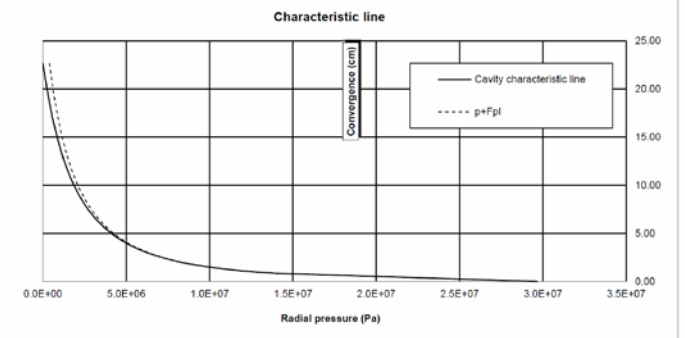
La curva "Convergenza – Distanza dal fronte" è stata ricavata attraverso un procedimento analitico semplificato che sfrutta le relazioni proposte da Nguyen, Minh et al. [22].

13_GA-BST-KS-8f

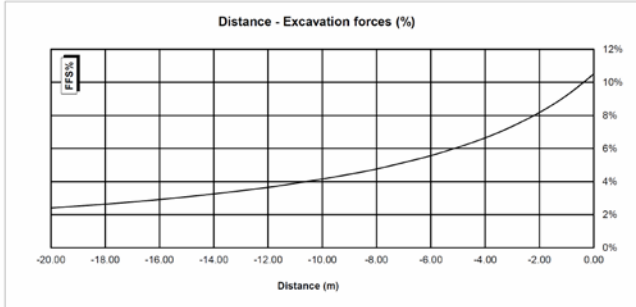


INPUT DATA		RESULTS	
Weight [N/mc]	26600	At final equilibrium	
Overburden [m]	1115	Total convergence [cm]	22.7
Excavation radius [m]	4.84	Convergence after excavation [cm]	15.9
		Plastic zone thickness [m]	14.8
Peak internal friction angle [°]	27.69	Equilibrium at excavation face	
Post peak internal friction angle [°]	21.15	Convergence [cm]	6.8
Peak cohesion [Pa]	2193000	1 - (deconfinement ratio) [%]	10.2%
Post peak cohesion [Pa]	1392000		
Deformation modulus [Pa]	1.15E+10		
Poisson's ratio [-]	0.3		
Dilation angle [°]	3.50		

c(face) / Radius	1.40 [%]
c(total) / Radius	4.68 [%]
c(after excav.) / Radius	3.28 [%]
Pl.thick. (face)/Radius	136.8 [%]
Pl.thick. (total)/Radius	306.6 [%]

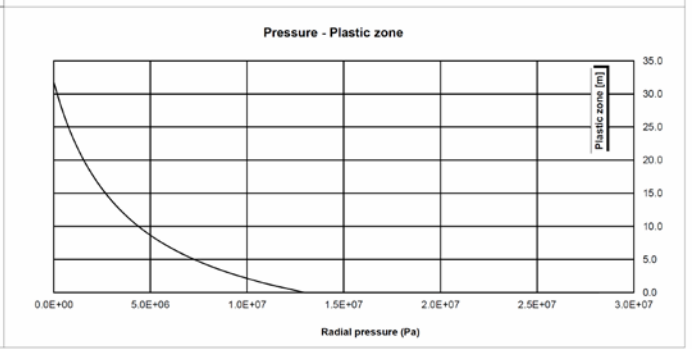
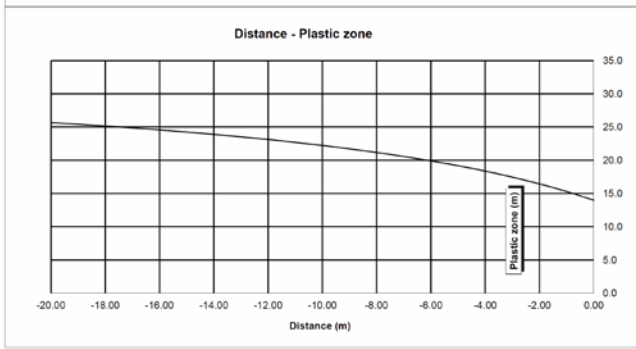
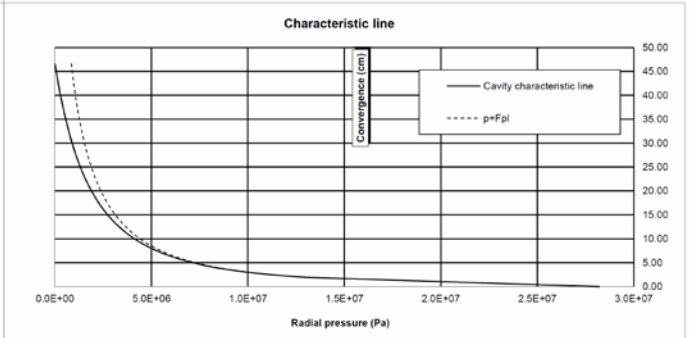
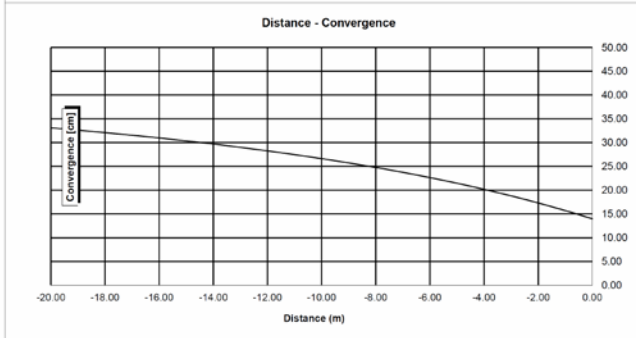


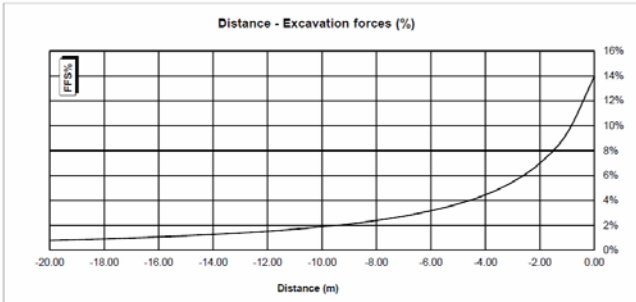
11_GA-BST-KS-8f



INPUT DATA		RESULTS	
Weight [N/mc]	26600	At final equilibrium	
Overburden [m]	1060	Total convergence [cm]	46.6
Excavation radius [m]	11.00	Convergence after excavation [cm]	32.6
		Plastic zone thickness [m]	31.8
Peak internal friction angle [°]	28.07	Equilibrium at excavation face	
Post peak internal friction angle [°]	21.47	Convergence [cm]	14.0
Peak cohesion [Pa]	2127000	1 - (deconfinement ratio) [%]	10.5%
Post peak cohesion [Pa]	1349000		
Deformation modulus [Pa]	1.11E+10		
Poisson's ratio [-]	0.3		
Dilation angle [°]	3.50		

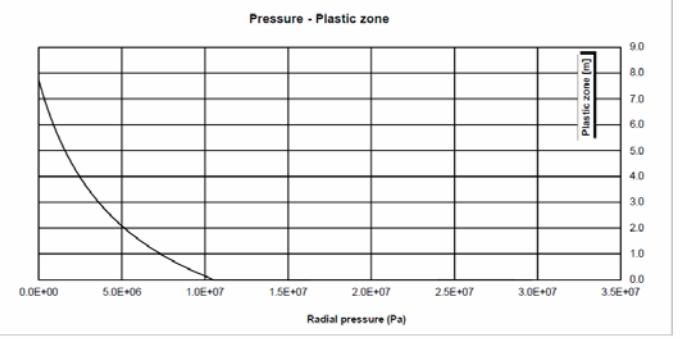
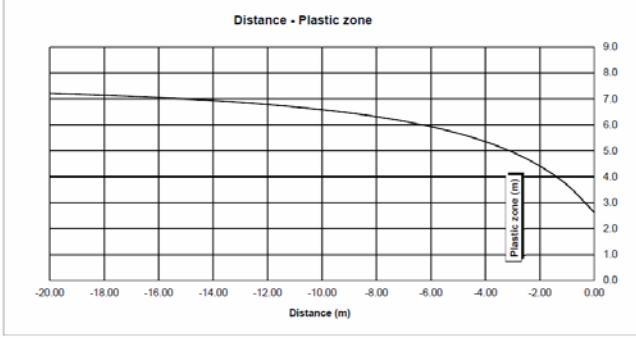
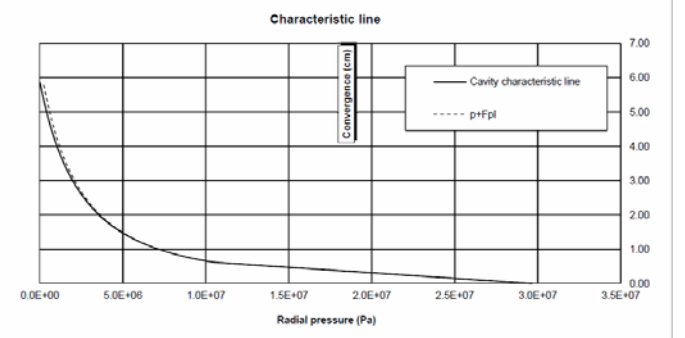
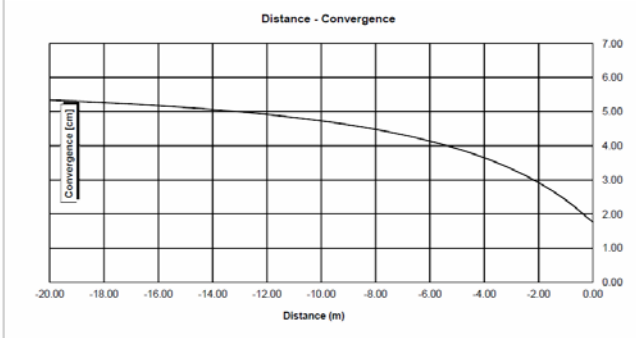
c(face) / Radius	1.27 [%]
c(total) / Radius	4.24 [%]
c(after excav.) / Radius	2.97 [%]
Pl.thick. (face)/Radius	127.2 [%]
Pl.thick. (total)/Radius	289.4 [%]





GA-BST-KS-8f (valori ottimistici)

INPUT DATA		RESULTS											
Weight [N/mc]	26600	At final equilibrium											
Overburden [m]	1115	Total convergence [cm]	5.9										
Excavation radius [m]	5.46	Convergence after excavation [cm]	4.1										
Peak internal friction angle [°]	34.25	Plastic zone thickness [m]	7.7										
Post peak internal friction angle [°]	25.80	Equilibrium at excavation face											
Peak cohesion [Pa]	2909000	Convergence [cm]	1.8										
Post peak cohesion [Pa]	1790000	1 - (deconfinement ratio) [%]	13.9%										
Deformation modulus [Pa]	2.04E+10	<table border="1"> <tr><td>c(face) / Radius</td><td>0.32 [%]</td></tr> <tr><td>c(total) / Radius</td><td>1.07 [%]</td></tr> <tr><td>c(after excav.) / Radius</td><td>0.75 [%]</td></tr> <tr><td>Pl.thick. (face) / Radius</td><td>48.1 [%]</td></tr> <tr><td>Pl.thick. (total) / Radius</td><td>141.6 [%]</td></tr> </table>		c(face) / Radius	0.32 [%]	c(total) / Radius	1.07 [%]	c(after excav.) / Radius	0.75 [%]	Pl.thick. (face) / Radius	48.1 [%]	Pl.thick. (total) / Radius	141.6 [%]
c(face) / Radius	0.32 [%]												
c(total) / Radius	1.07 [%]												
c(after excav.) / Radius	0.75 [%]												
Pl.thick. (face) / Radius	48.1 [%]												
Pl.thick. (total) / Radius	141.6 [%]												
Poisson's ratio [-]	0.21												
Dilation angle [°]	4.32												



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.

Rock mass

GA-BS-GM-8e; GA-T-A-8e; GA-BST-M-8e; GA-BST-KPH-8e; GA-BST-KS-8e

Area L1 - advance per round: 3.0 m (counted with 3.5 m)

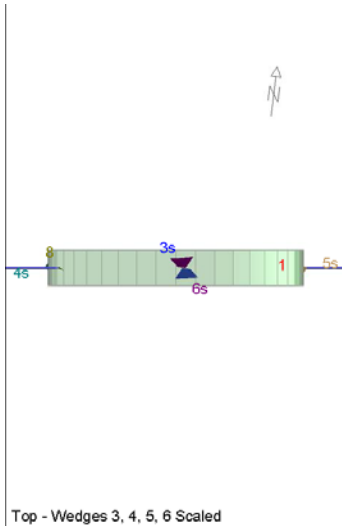
		Joint Orientattions		Joint Properties		
		Dip	Dip Direction	persistence	ϕ	c
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	SC	70	350	10	20	0
J2	RTF1	70	180	1	20	0
J3	RTF2e	80	85	3	20	0
J4	RTF3	80	320	3	20	0
J5	RTF6	80	220	3	20	0

Necessary anchorage pattern:

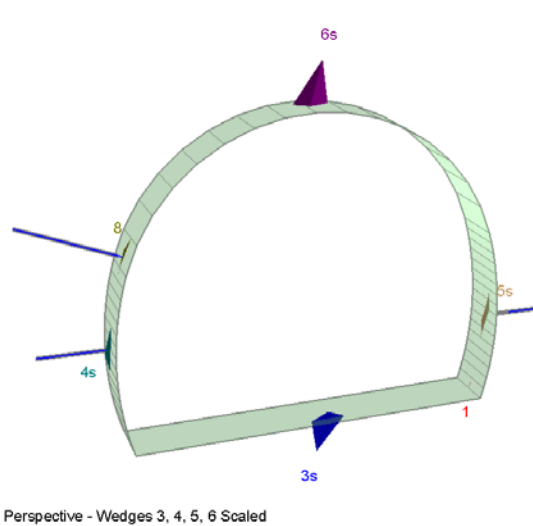
2.50	x	2.0	m
L	=	6.0	m
R38N	N_{yd}	630	kN

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

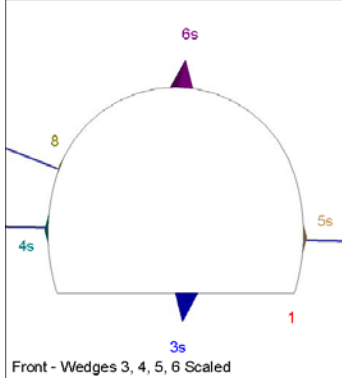
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m ³]	Comment
1	1	2	3	0	0.001	0.043	X1
2	1	2	5	0	0.002	0.058	X1
3	2	3	4	0	0.002	0.067	X1
4	1	3	4	0.064	0	0	N
5	1	3	5	0.064	0	0	N
6	1	4	5	0.064	0.018	0.681	X2
7	2	3	5	0.064	0	0	N
8	2	4	5	0.064	0.001	0.032	X1
9	3	4	5	0.064	0	0	N
10	1	2	4	0.484	0.002	0.076	X1



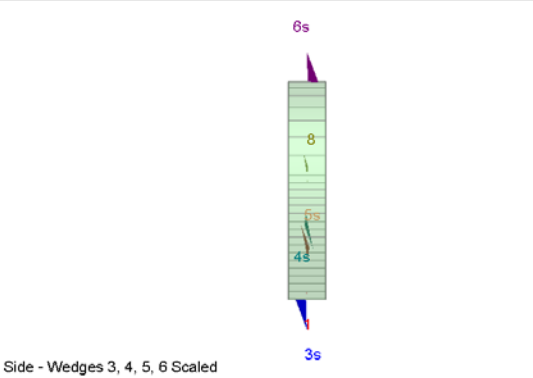
Top - Wedges 3, 4, 5, 6 Scaled



Perspective - Wedges 3, 4, 5, 6 Scaled



Front - Wedges 3, 4, 5, 6 Scaled



Side - Wedges 3, 4, 5, 6 Scaled

Wedge Information

Lower Right wedge [1]
 Factor of Safety: 0.481
 Wedge Volume: 0.000 m³
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Apex Height: 0.01 m

Floor wedge [3]
 Factor of Safety: stable
 Wedge Volume: 0.685 m³
 Wedge Weight: 0.018 MN
 Apex Height: 2.52 m

Lower Left wedge [4]
 Factor of Safety: 246.028
 Wedge Volume: 0.045 m³
 Wedge Weight: 0.001 MN
 Apex Height: 0.33 m

Lower Right wedge [5]
 Factor of Safety: 233.391
 Wedge Volume: 0.044 m³
 Wedge Weight: 0.001 MN
 Apex Height: 0.33 m

Roof wedge [6]
 Factor of Safety: 0.064
 Wedge Volume: 0.681 m³
 Wedge Weight: 0.018 MN
 Apex Height: 2.54 m

Upper Left wedge [8]
 Factor of Safety: 704.517
 Wedge Volume: 0.005 m³
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Apex Height: 0.11 m

Rock mass

GA-BS-GM-8e; GA-T-A-8e; GA-BST-M-8e; GA-BST-KPH-8e; GA-BST-KS-8e

Area L2

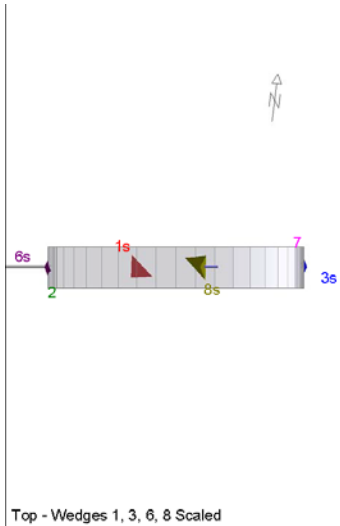
		Joint Orientattions		Joint Properties		
		Dip	Dip Direction	persistence	φ	c
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	SC	70	350	10	20	0
J2	RTF1	70	180	1	20	0
J3	RTF2e	80	85	3	20	0
J4	RTF3	80	320	3	20	0
J5	RTF6	80	220	3	20	0

Necessary anchorage pattern:

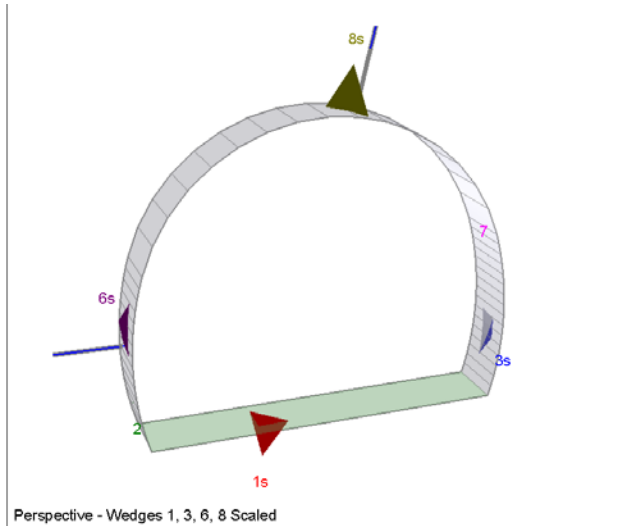
2.50	x	2.0	m
L	=	6.0	m
R38N	N _{yd}	630	kN
Shotcrete lining	20	cm	(Shear strength 0.91 MPa)

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

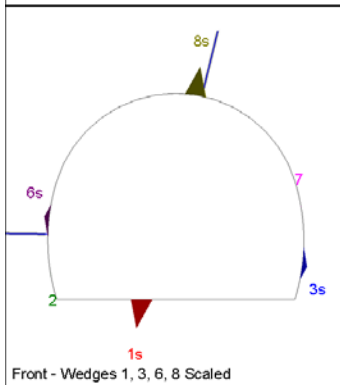
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m ³]	Comment	Apex Height [m]
1	1	3	5	33.729	0.047	1.743	S	2.55
2	1	4	5	38.368	0.018	0.681	S	2.54
3	3	4	5	43.01	0.032	1.184	S	2.74
4	1	2	3	131.687	0.001	0.043	S	0.48
5	2	3	4	139.655	0.002	0.067	S	0.84
6	1	2	4	168.045	0.004	0.145	S	0.87
7	1	2	5	202.564	0.002	0.058	S	0.37
8	2	4	5	216.916	0.001	0.032	S	0.88
9	1	3	4	305.439	0	0.01	S	2.62
10	2	3	5	2180.662	0	0	N	0.93



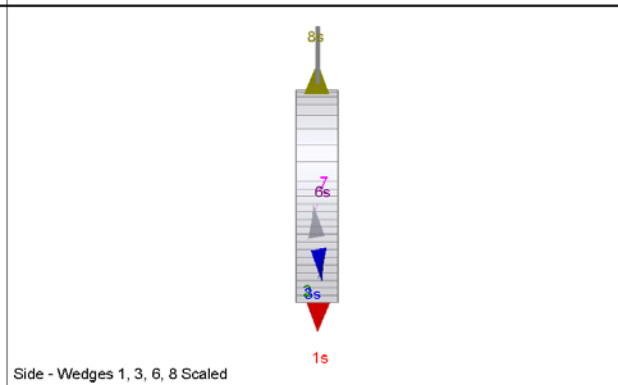
Top - Wedges 1, 3, 6, 8 Scaled



Perspective - Wedges 1, 3, 6, 8 Scaled



Front - Wedges 1, 3, 6, 8 Scaled



Side - Wedges 1, 3, 6, 8 Scaled

Wedge Information

Floor wedge [1]
 Factor of Safety: stable
 Wedge Volume: 1.592 m³
 Wedge Weight: 0.043 MN
 Apex Height: 2.52 m

Lower Left wedge [2]
 Factor of Safety: 523.477
 Wedge Volume: 0.000 m³
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Apex Height: 0.00 m

Lower Right wedge [3]
 Factor of Safety: 101.994
 Wedge Volume: 0.253 m³
 Wedge Weight: 0.007 MN
 Apex Height: 0.44 m

Lower Left wedge [6]
 Factor of Safety: 67.843
 Wedge Volume: 0.251 m³
 Wedge Weight: 0.007 MN
 Apex Height: 0.43 m

Upper Right wedge [7]
 Factor of Safety: 1400.701
 Wedge Volume: 0.000 m³
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Apex Height: 0.00 m

Roof wedge [8]
 Factor of Safety: 33.729
 Wedge Volume: 1.743 m³
 Wedge Weight: 0.047 MN
 Apex Height: 2.55 m

Rock mass

GA-BS-GM-8e; GA-T-A-8e; GA-BST-M-8e; GA-BST-KPH-8e; GA-BST-KS-8e

Area tunnel face

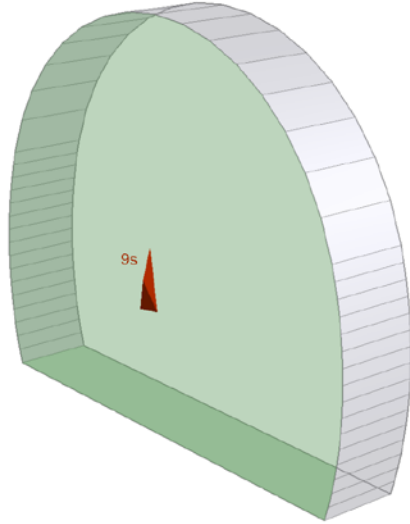
		Joint Orientattions		Joint Properties			
		Dip	Dip Direction	persistence	φ	c	φ_d
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[°]
J1	SC	70	350	10	20	0	16.23
J2	RTF1	70	180	1	20	0	16.23
J3	RTF2e	80	85	3	20	0	16.23
J4	RTF3	80	320	3	20	0	16.23
J5	RTF6	80	220	3	20	0	16.23

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

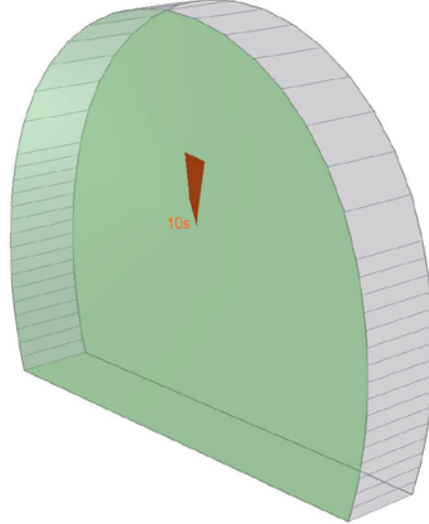
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m ³]	Comment
1	1	3	5	20.101	0.008	0.307	S
2	2	3	4	74.624	0.001	0.031	S
3	1	3	4	126.834	0.008	0	S
4	2	4	5	168.209	0	0.009	S
5	1	4	5	170.504	0	0.009	S
6	3	4	5	180.563	0	0.009	S
7	1	2	5	476.159	0	0.001	S
8	1	2	3	479.11	0	0.001	S
9	1	2	4	518.624	0	0.001	S
10	2	3	5	882.115	0	0	N

Near End wedge [9] Scaled
FS: 20.101



Volume: 0.307 m3, Weight: 0.008 MN, Apex Height: 0.55 m

Far End wedge [10] Scaled
FS: 33.599



Volume: 0.307 m3, Weight: 0.008 MN, Apex Height: 0.55 m

Wedge Information

Near End wedge [9]
Factor of Safety: 20.101
Wedge Volume: 0.307 m3
Wedge Weight: 0.008 MN
Apex Height: 0.55 m

Far End wedge [10]
Factor of Safety: 33.599
Wedge Volume: 0.307 m3
Wedge Weight: 0.008 MN
Apex Height: 0.55 m

Rock mass
GA-BST-KS-8f

Area L1 - advance per round: 3.0 m (counted with 3.5 m)

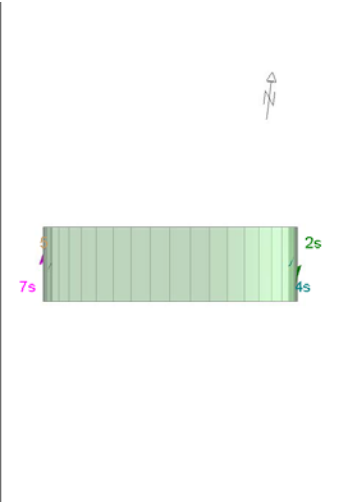
		Joint Orientattions		Joint Properties		
		Dip	Dip Direction	persistence	φ	c
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	SC	60	355	10	20	0
J2	RTF2w	85	285	1	20	0
J3	RTF5	75	110	1	20	0
J4	RTF6	65	50	10	20	0

Necessary anchorage pattern:

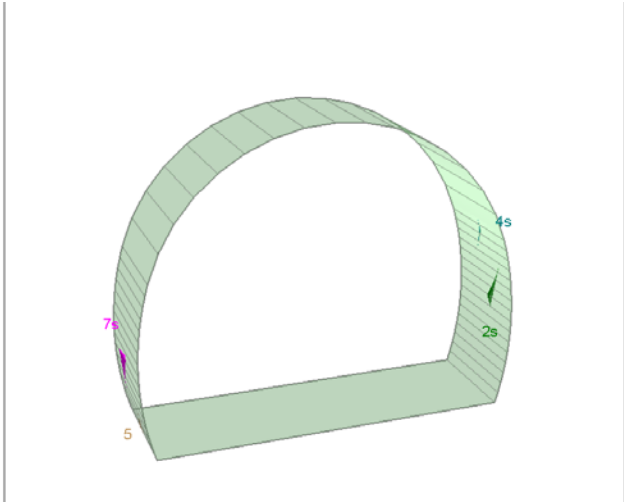
2.50	x	2.0	m
L	=	6.0	m
Dywidag	N_{yd}	630	kN

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

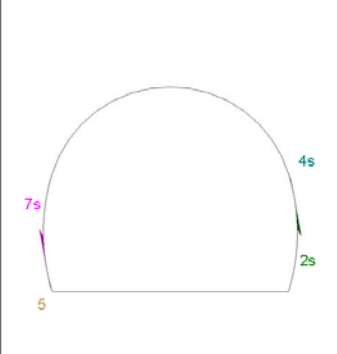
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m ³]	Comment
1	1	2	3	0	0	0.007	X1
2	1	2	4	0.17	0	0	N
3	1	3	4	0.17	0.001	0.032	X1
4	2	3	4	0.17	0	0.018	X1



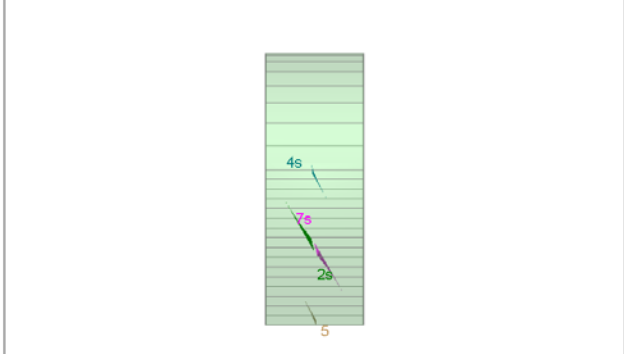
Top - Wedges 2, 4, 7 Scaled



Perspective - Wedges 2, 4, 7 Scaled



Front - Wedges 2, 4, 7 Scaled



Side - Wedges 2, 4, 7 Scaled

Wedge Information

Lower Right wedge [2]
 Factor of Safety: stable
 Wedge Volume: 0.032 m³
 Wedge Weight: 0.001 MN
 Apex Height: 0.37 m

Upper Right wedge [4]
 Factor of Safety: 0.210
 Wedge Volume: 0.002 m³
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Apex Height: 0.07 m

Lower Left wedge [5]
 Factor of Safety: 0.177
 Wedge Volume: 0.002 m³
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Apex Height: 0.06 m

Lower Left wedge [7]
 Factor of Safety: 0.170
 Wedge Volume: 0.032 m³
 Wedge Weight: 0.001 MN
 Apex Height: 0.37 m

Rock mass
GA-BST-KS-8f

Area L2

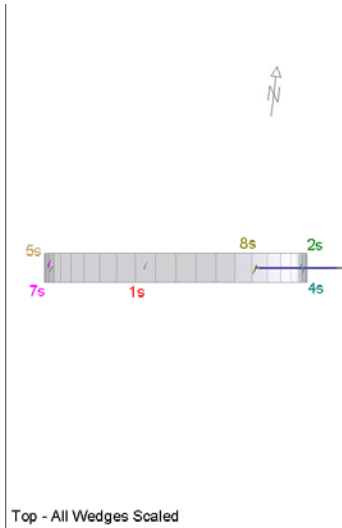
		Joint Orientattions		Joint Properties		
		Dip	Dip Direction	persistence	φ	c
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	SC	60	355	10	20	0
J2	RTF2w	85	285	1	20	0
J3	RTF5	75	110	1	20	0
J4	RTF6	65	50	10	20	0

Necessary anchorage pattern:

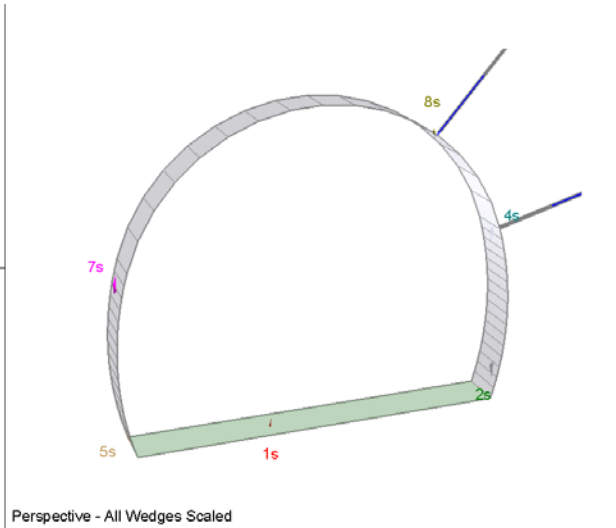
2.5	x	2.0	m
L	=	6.0	m
Dywidag	N _{yd}	630	kN
Shotcrete lining	20	cm	(Shear strength 0.91 MPa)

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

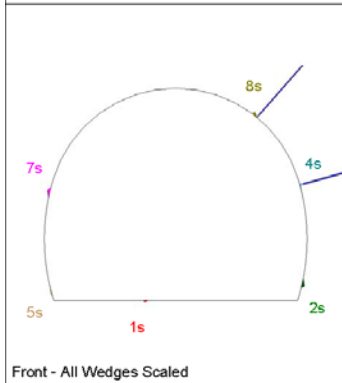
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m ³]	Comment	Apex Height [m]
1	2	3	4	249.536	0	0.018	S	0.27
2	1	2	3	307.161	0	0.014	S	0.26
3	1	3	4	325.248	0.001	0.032	S	0.37
4	1	2	4	1124.534	0	0	N	0.09



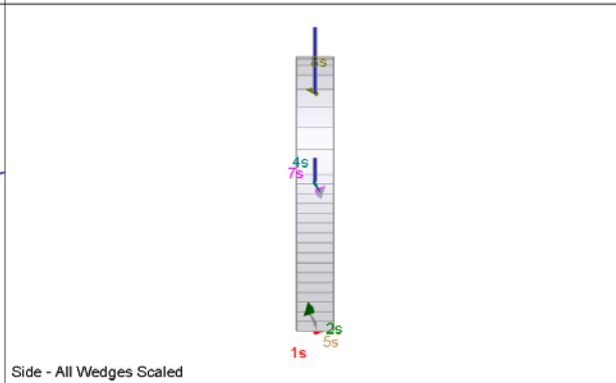
Top - All Wedges Scaled



Perspective - All Wedges Scaled



Front - All Wedges Scaled



Side - All Wedges Scaled

Wedge Information

Floor wedge [1]
 Factor of Safety: stable
 Wedge Volume: 0.003 m³
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Apex Height: 0.21 m

Lower Right wedge [2]
 Factor of Safety: 1321.934
 Wedge Volume: 0.018 m³
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Apex Height: 0.26 m

Upper Right wedge [4]
 Factor of Safety: 580.709
 Wedge Volume: 0.004 m³
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Apex Height: 0.07 m

Lower Left wedge [5]
 Factor of Safety: 339.496
 Wedge Volume: 0.004 m³
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Apex Height: 0.07 m

Upper Left wedge [7]
 Factor of Safety: 249.536
 Wedge Volume: 0.018 m³
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Apex Height: 0.27 m

Upper Right wedge [8]
 Factor of Safety: 725.321
 Wedge Volume: 0.013 m³
 Wedge Weight: 0.000 MN
 Apex Height: 0.29 m

Rock mass
GA-BST-KS-8f

Area tunnel face

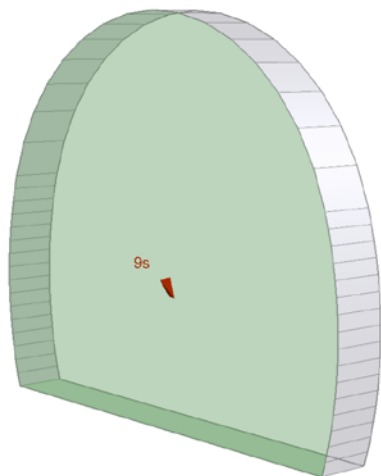
		Joint Orientattions		Joint Properties			
		Dip	Dip Direction	persistence	φ	c	φ_d
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[°]
J1	SC	60	355	10	20	0	16.23
J2	RTF2w	85	285	1	20	0	16.23
J3	RTF5	75	110	1	20	0	16.23
J4	RTF6	65	50	10	20	0	16.23

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

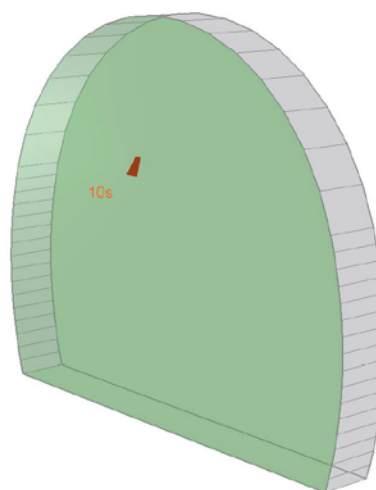
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m ³]	Comment
1	1	2	3	105.997	0.001	0.022	S
2	2	3	4	178.343	0	0.005	S
3	1	3	4	215.751	0	0.003	S
4	1	2	4	931.819	0	0	N

Near End wedge [9] Scaled
FS: 105.997



Volume: 0.022 m³, Weight: 0.001 MN, Apex Height: 0.43 m

Far End wedge [10] Scaled
FS: 624.526



Volume: 0.022 m³, Weight: 0.001 MN, Apex Height: 0.43 m

Wedge Information

Near End wedge [9]
Factor of Safety: 105.997
Wedge Volume: 0.022 m³
Wedge Weight: 0.001 MN
Apex Height: 0.43 m

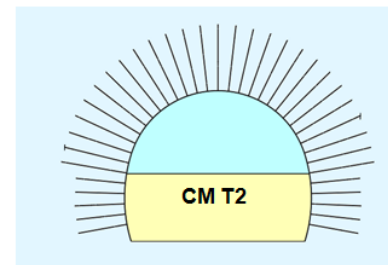
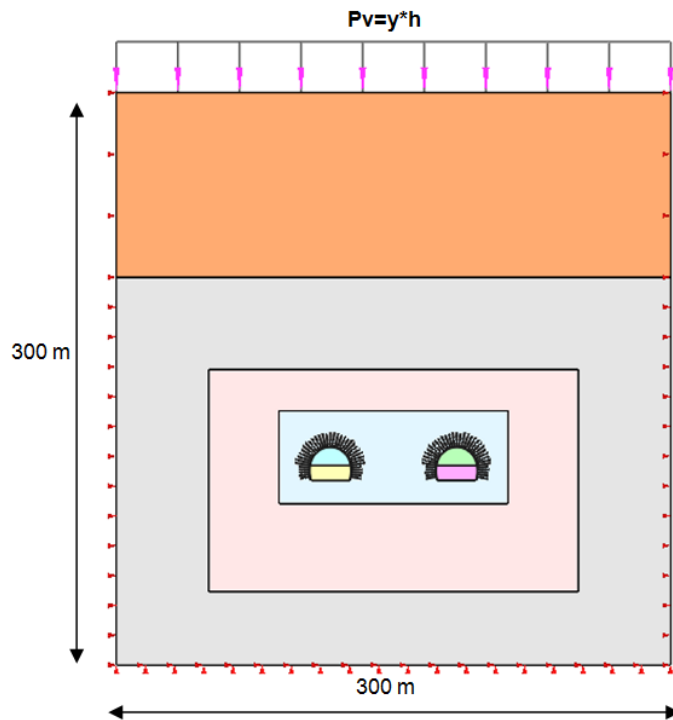
Far End wedge [10]
Factor of Safety: 624.526
Wedge Volume: 0.022 m³
Wedge Weight: 0.001 MN
Apex Height: 0.43 m

ANHANG 4 - FEM- ANALYSEN DER AUßENSCHALE DES QUERSCHNITTS CM-T2

Diese Anlage 4 zeigt die wichtigsten Outputs der FEM-Analysen des Schnitts CM T2, die mit dem Rechenprogramm MIDAS GTS durchgeführt wurden.

APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE SEZIONE CM-T2

Nella presente appendice sono riportati i principali output delle analisi agli elementi finiti della sezione CM-T2 effettuate con il programma di calcolo MIDAS GTS.



A4.1 OUTPUT FEM-MODELL

A4.1 OUTPUT MODELLO FEM

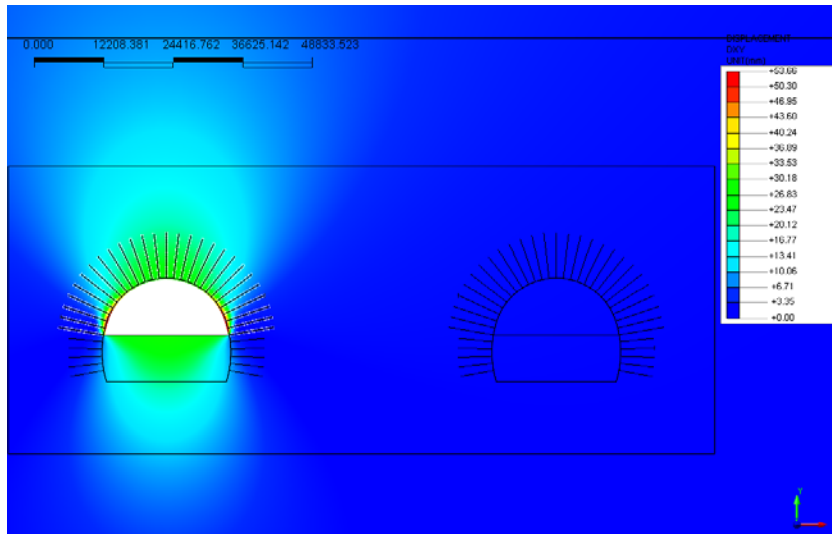


Abbildung 1: Verschiebungen xy [mm] – Ende Ausbruch Bereich 1

Illustrazione 1: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 1

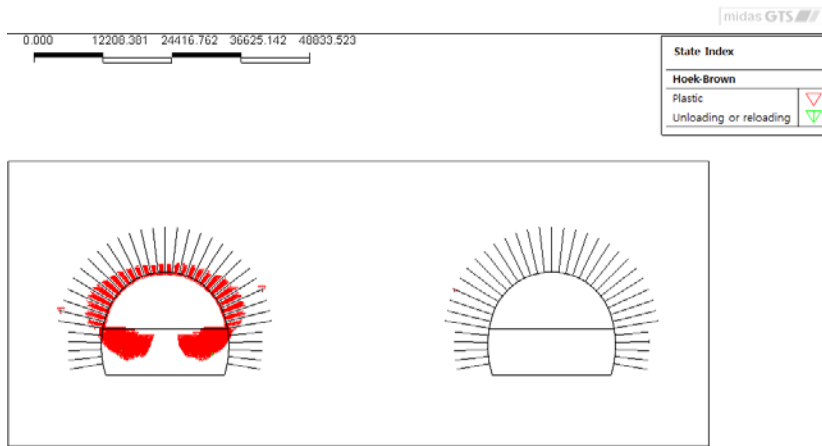


Abbildung 2: Plastifizierungen - Ende Ausbruch Bereich 1

Illustrazione 2: Plasticizzazioni - fine scavo settore 1

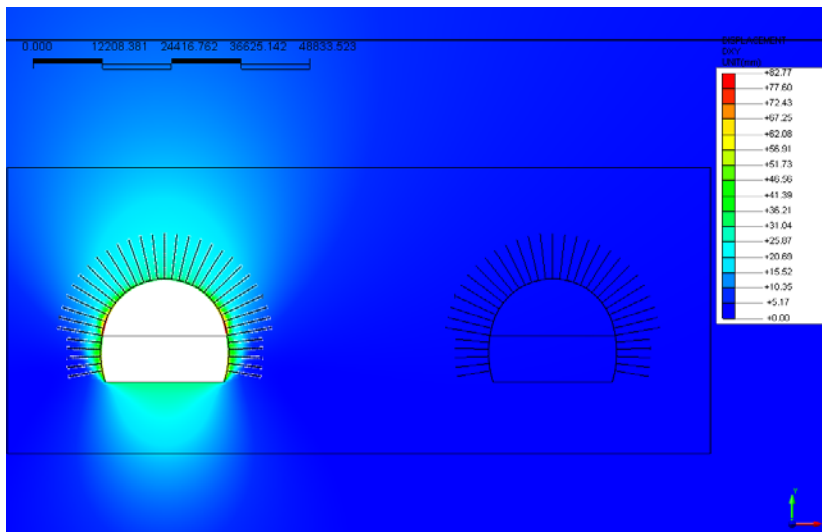


Abbildung 3: Verschiebungen xy [mm] - Ende Ausbruch Bereich 2

Illustrazione 3: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 2

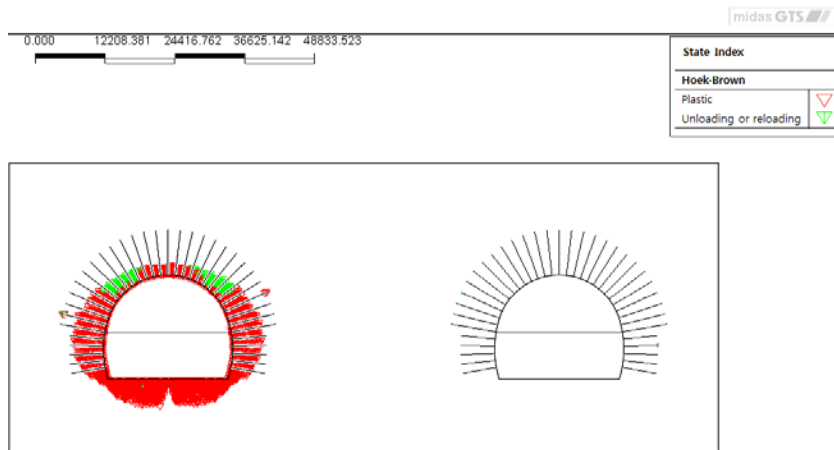


Abbildung 4: Plastifizierungen - Ende Ausbruch Bereich 2

Illustrazione 4: Plasticizzazioni - fine scavo settore 2

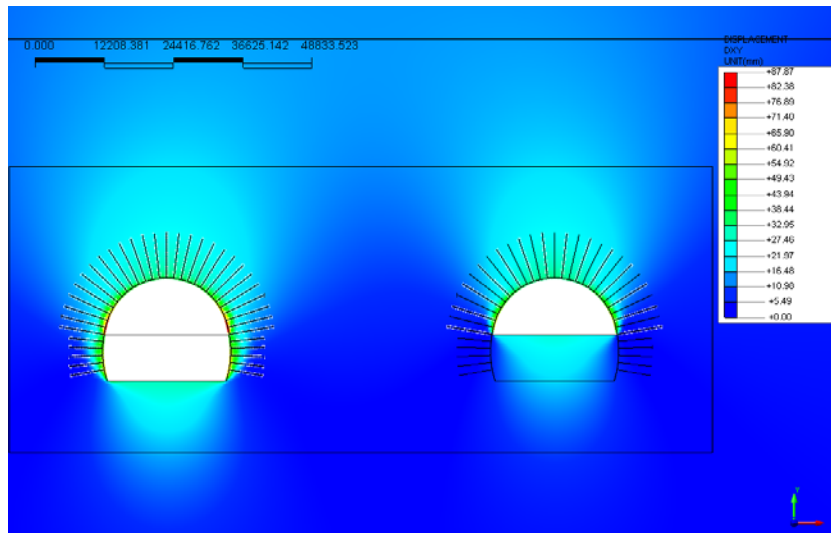


Abbildung 5: Verschiebungen xy [mm] - Ende Ausbruch Bereich 3

Illustrazione 5: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 3

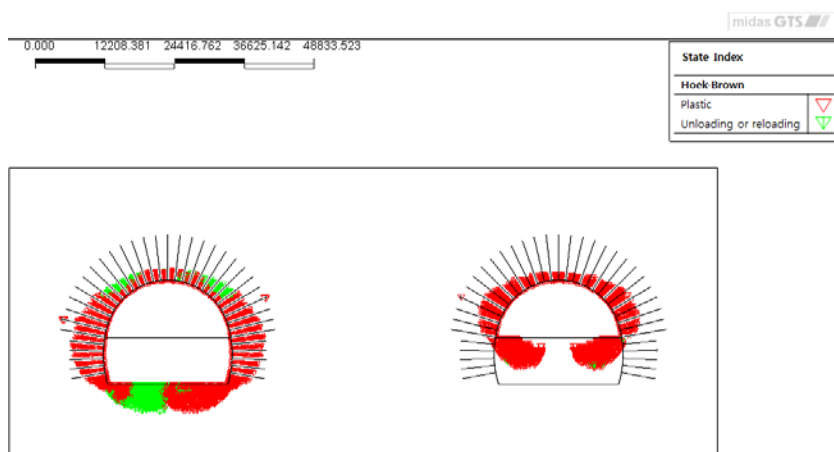


Abbildung 6: Plastifizierungen - Ende Ausbruch Bereich 3

Illustrazione 6: Plasticizzazioni - fine scavo settore 3

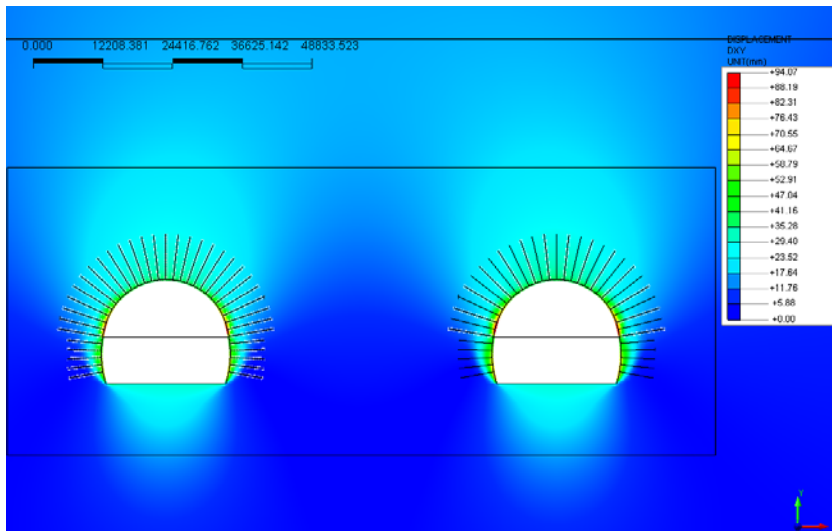


Abbildung 7: Verschiebungen xy [mm] - Ende Ausbruch Bereich 4

Illustrazione 7: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 4

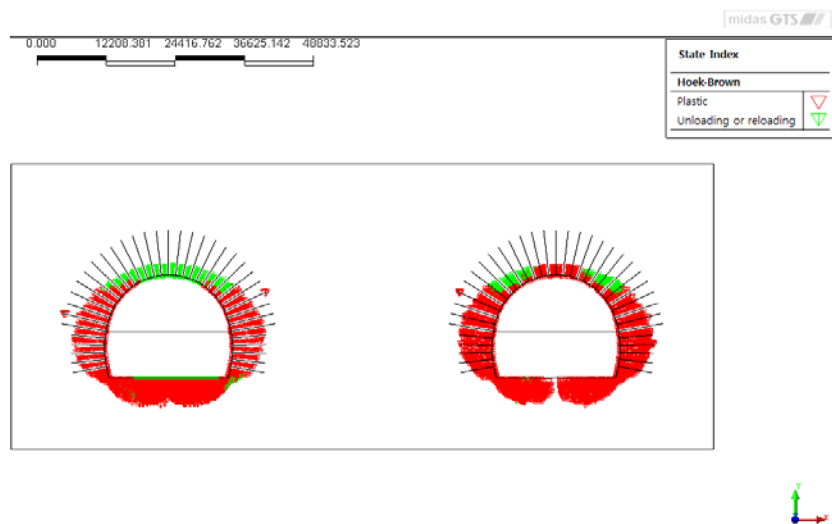


Abbildung 8: Plastifizierungen - Ende Ausbruch Bereich 4

Illustrazione 8: Plasticizzazioni - fine scavo settore 4

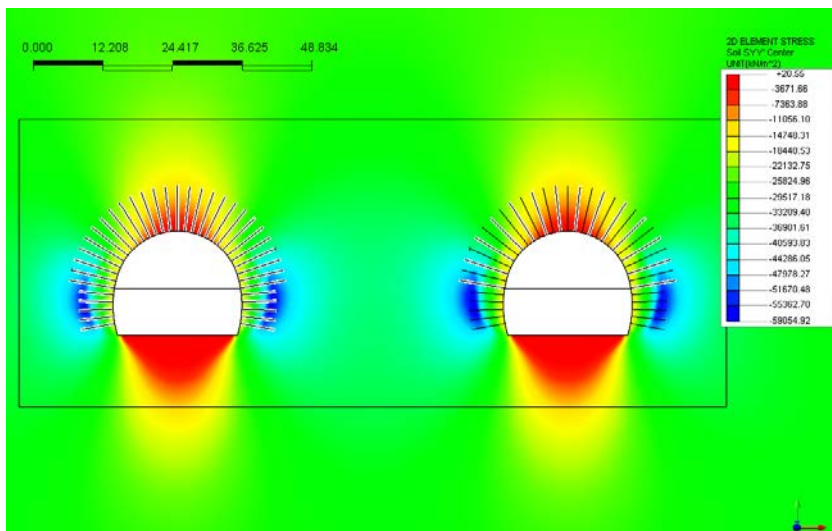


Abbildung 9: Vertikale Spannung σ_{yy} [kN/m²] - Ende Ausbruch Bereich 4

Illustrazione 9: Tensioni verticali σ_{yy} [kN/m²] - fine scavo settore 4

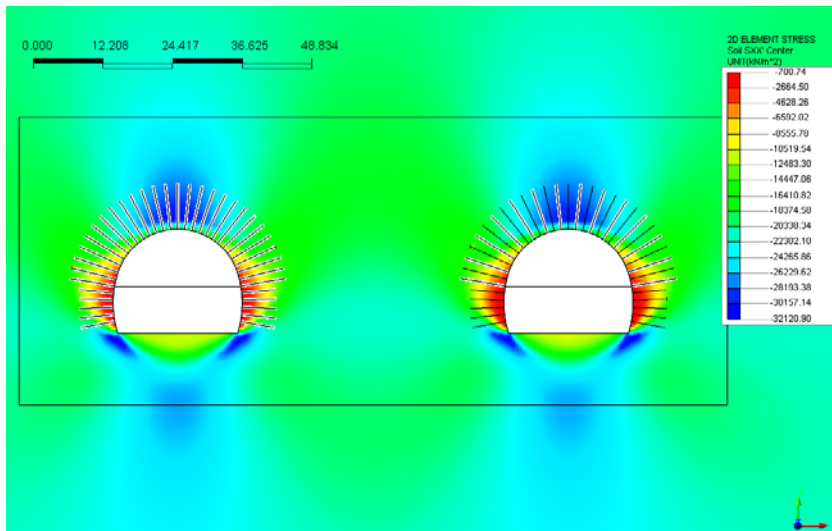


Abbildung 10: Horizontale Spannung σ_{xx} [kN/m²] - Ende Ausbruch Bereich 4

Illustrazione 10: Tensioni orizzontali σ_{xx} [kN/m²] - fine scavo settore 4

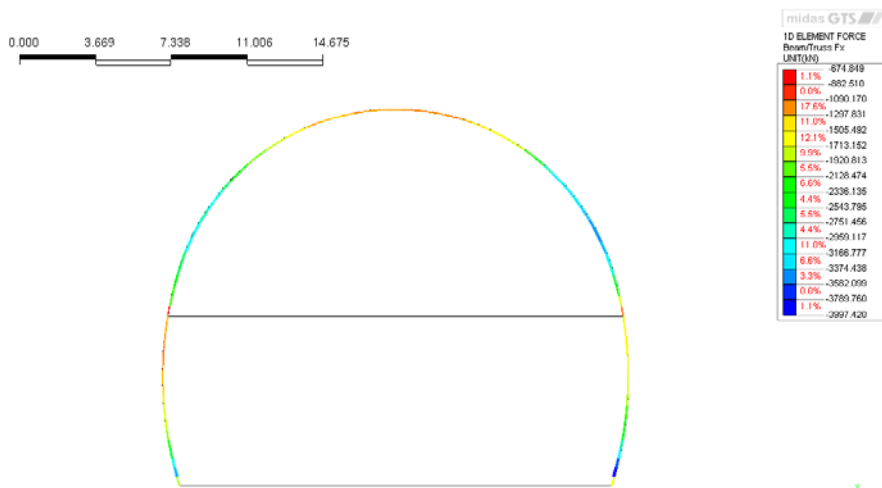


Abbildung 11: Normale Beanspruchungen auf Außenschale [kN] - Ende Ausbruch Bereich 4

Illustrazione 11: Sollecitazioni normali sul rivestimento di prima fase - fine scavo settore 4

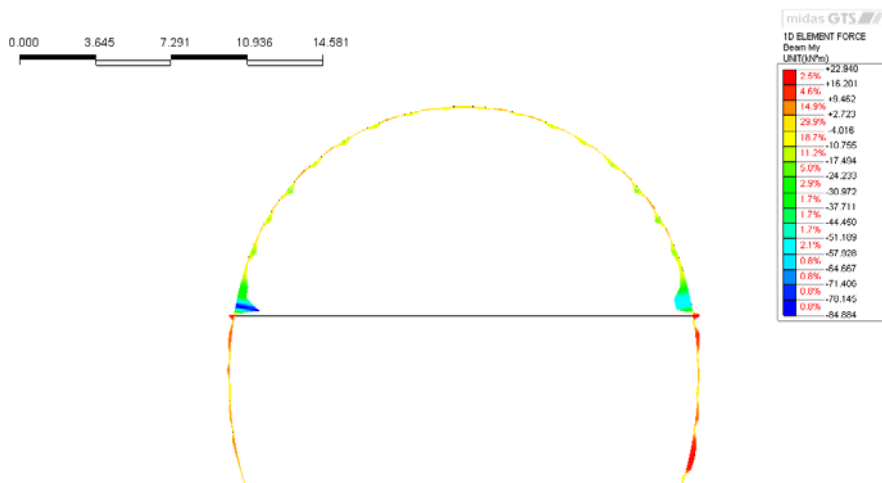


Abbildung 12: Momente auf Außenschale [kNm] - Ende Ausbruch Bereich 4

Illustrazione 12: Momenti sul rivestimento di prima fase [kNm] - fine scavo settore 4

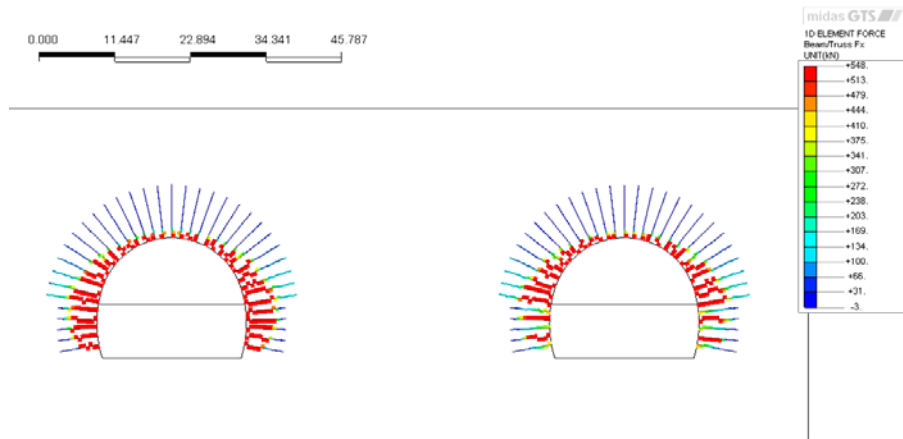


Abbildung 13: Normalkraft Anker [kN] - Ende Ausbruch Bereich 4

Illustrazione 13: Sollecitazione assiale nei chiodi [-] - fine scavo settore 4

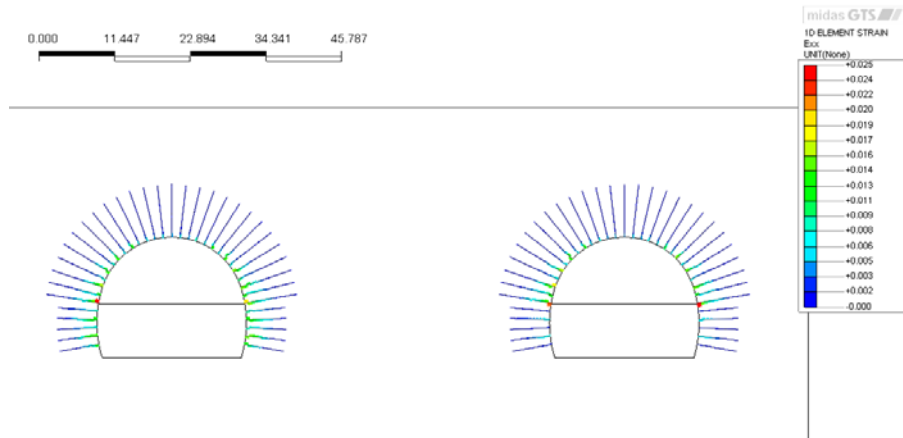


Abbildung 14: Axiale Verformung an Anker [-] - Ende Ausbruch Bereich 4

Illustrazione 14: Deformazione assiale nei chiodi [-] - fine scavo settore 4

[UNIT] MN , m
[DATA] CSNL1.CS , Fiber1-Exc , Stage #10-Step 001(1)

A4.2 NACHWEISE AUßENSCHALE

Nachfolgend der Nachweis des Querschnitts CM T2.

Nachweis mit M/N Interaktions-Diagramm

A4.2 VERIFICHE RIVESTIMENTO PRIMA FASE

Nel seguito viene verificata la sezione CM T2.

Verifiche diagramma di interazione M-N

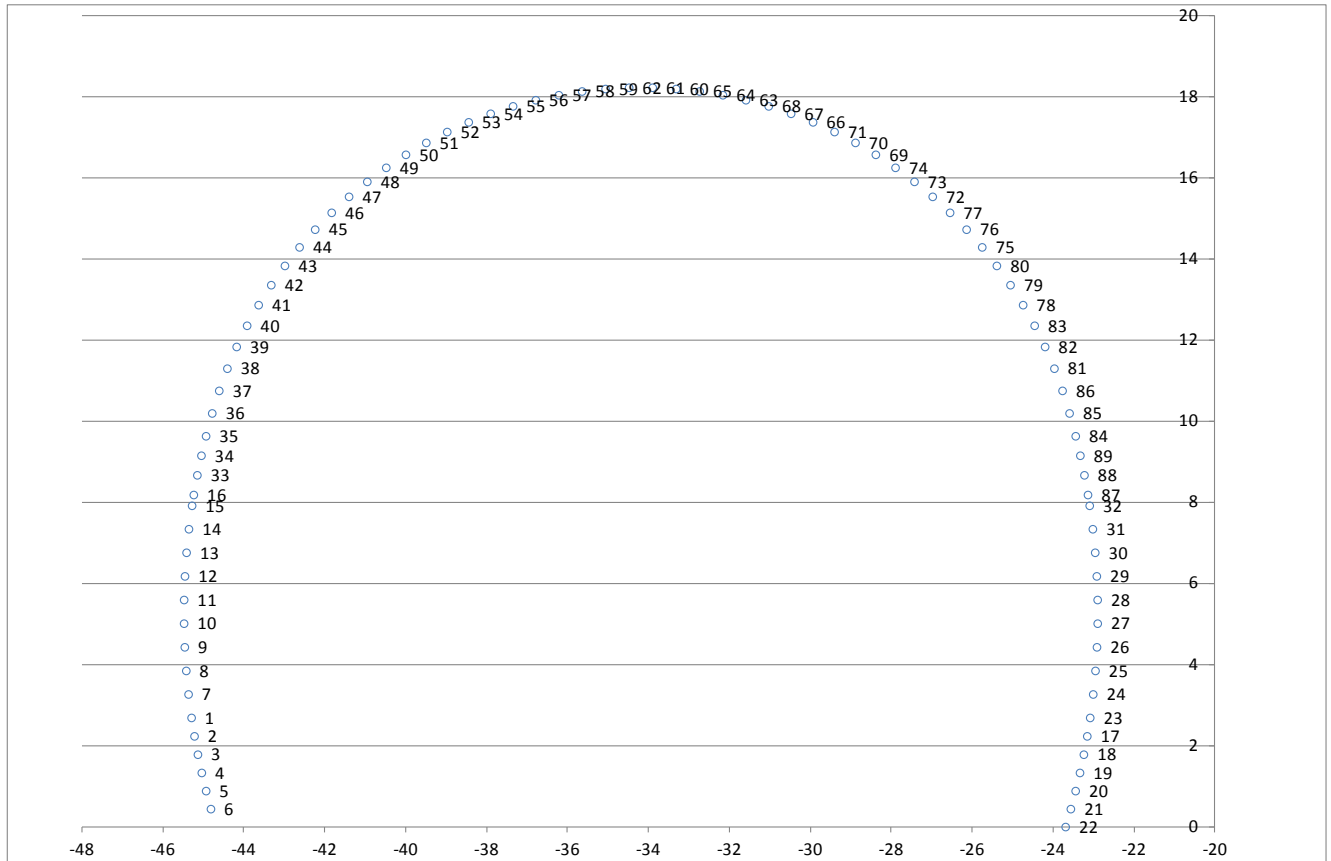
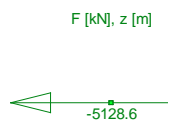
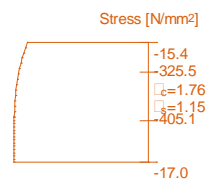
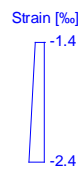
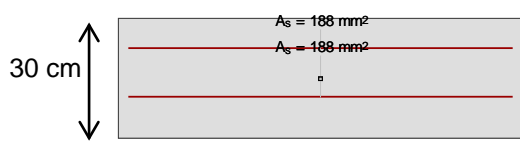
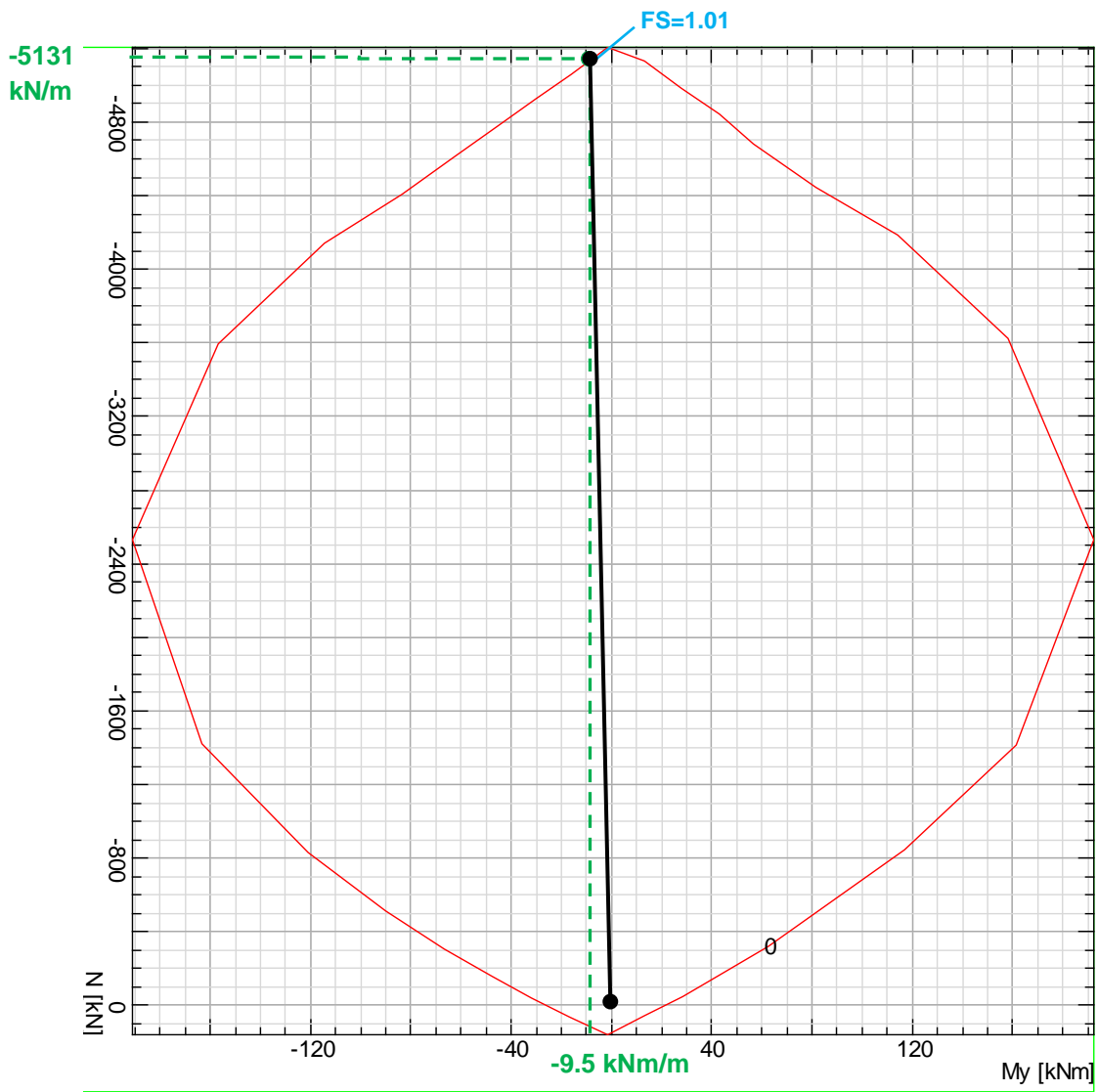


Abbildung 15: Knotennummerierung im Berechnungsmodell des Querschnitts CM T2

Illustrazione 15: Numerazione dei nodi del modello numerico CM T2

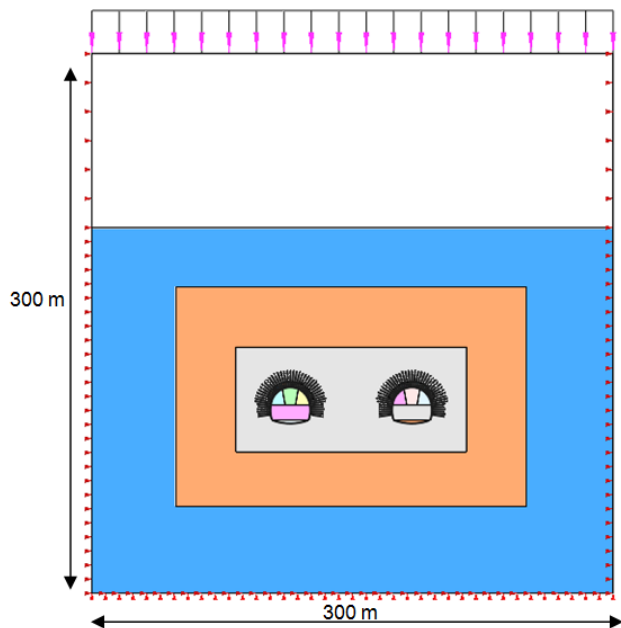
	X	Y	N _k	M _k	N _d	M _d	FS
	[m]	[m]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]
1	-45.30	2.69	-1901.00	-2.52	-2471.3	-3.28	2.09
2	-45.23	2.24	-2173.00	6.35	-2824.9	8.26	1.81
3	-45.14	1.78	-2563.00	4.71	-3331.9	6.13	1.55
4	-45.05	1.33	-2978.00	3.03	-3871.4	3.93	1.35
5	-44.94	0.89	-3369.00	1.39	-4379.7	1.81	1.2
6	-44.82	0.44	-1832.00	0.53	-2381.6	0.68	2.2
7	-45.37	3.27	-1756.00	4.68	-2282.8	6.08	2.25
8	-45.43	3.85	-1694.00	2.35	-2202.2	3.05	2.36
9	-45.47	4.43	-1463.00	-4.66	-1901.9	-6.06	2.66
10	-45.49	5.01	-1341.00	-2.49	-1743.3	-3.24	2.94
11	-45.48	5.60	-1319.00	6.57	-1714.7	8.54	2.92
12	-45.46	6.18	-1191.00	-2.87	-1548.3	-3.73	3.3
13	-45.42	6.76	-1158.00	6.88	-1505.4	8.95	3.3
14	-45.37	7.34	-1214.00	8.53	-1578.2	11.09	3.11
15	-45.29	7.92	-1243.00	1.20	-1615.9	1.56	3.23
16	-45.25	8.19	-1324.00	17.15	-1721.2	22.30	2.63
17	-23.17	2.24	-2471.00	11.54	-3212.3	15.00	1.57
18	-23.25	1.78	-2826.00	15.43	-3673.8	20.06	1.36
19	-23.35	1.33	-3123.00	17.71	-4059.9	23.02	1.23
20	-23.45	0.89	-3575.00	14.47	-4647.5	18.81	1.09
21	-23.57	0.44	-3947.00	-7.29	-5131.1	-9.48	1.01
22	-23.70	0.00	-1650.00	0.00	-2145	0.00	2.43
23	-23.09	2.69	-2230.00	-2.76	-2899	-3.59	1.78
24	-23.02	3.27	-2057.00	8.69	-2674.1	11.30	1.89
25	-22.96	3.85	-1851.00	4.82	-2406.3	6.26	2.13
26	-22.93	4.43	-1724.00	-5.29	-2241.2	-6.88	2.26
27	-22.908	5.0138	-1680.00	1.44	-2184	1.87	2.39
28	-22.9092	5.5969	-1558.00	2.54	-2025.4	3.31	2.56
29	-22.93	6.1797	-1515.00	-2.73	-1969.5	-3.55	2.61
30	-22.9694	6.7615	-1536.00	8.80	-1996.8	11.44	2.49
31	-23.0279	7.3417	-1545.00	12.77	-2008.5	16.60	2.37
32	-23.1057	7.9196	-1447.00	-5.62	-1881.1	-7.31	2.67
33	-45.1576	8.671	-674.80	-84.88	-877.24	-110.34	1.33
34	-45.0564	9.1539	-2054.00	-29.04	-2670.2	-37.75	1.72
35	-44.9419	9.6338	-2127.00	-27.07	-2765.1	-35.19	1.68
36	-44.7899	10.1964	-2378.00	-10.38	-3091.4	-13.49	1.62
37	-44.62	10.75	-2641.00	-1.41	-3433.3	-1.83	1.51
38	-44.42	11.30	-2672.00	-17.65	-3473.6	-22.95	1.41
39	-44.19	11.84	-3045.00	-3.17	-3958.5	-4.11	1.31
40	-43.93	12.36	-3101.00	2.22	-4031.3	2.89	1.3
41	-43.64	12.87	-2996.00	-14.78	-3894.8	-19.21	1.28
42	-43.33	13.36	-2804.00	2.62	-3645.2	3.40	1.43
43	-42.99	13.83	-3030.00	-1.36	-3939	-1.77	1.32
44	-42.63	14.29	-2965.00	-18.37	-3854.5	-23.88	1.28
45	-42.25	14.73	-2695.00	2.88	-3503.5	3.75	1.49
46	-41.84	15.14	-2398.00	5.30	-3117.4	6.89	1.65
47	-41.41	15.54	-2242.00	-13.67	-2914.6	-17.77	1.69
48	-40.96	15.91	-1965.00	0.92	-2554.5	1.19	2.05
49	-40.49	16.25	-1963.00	3.32	-2551.9	4.31	2.03
50	-40.00	16.57	-1788.00	-13.36	-2324.4	-17.37	2.09
51	-39.50	16.87	-1729.00	-0.18	-2247.7	-0.24	2.32
52	-38.98	17.13	-1629.00	1.06	-2117.7	1.38	2.47
53	-38.45	17.37	-1521.00	-11.12	-1977.3	-14.46	2.46
54	-37.91	17.58	-1245.00	3.55	-1618.5	4.61	3.16

	X	Y	N_k	M_k	N_d	M_d	FS
	[m]	[m]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]
55	-37.36	17.77	-1309.00	0.82	-1701.7	1.06	3.07
56	-36.79	17.92	-1360.00	-8.66	-1768	-11.26	2.78
57	-36.22	18.04	-1305.00	1.25	-1696.5	1.63	3.07
58	-35.65	18.13	-1205.00	0.41	-1566.5	0.54	3.34
59	-35.07	18.19	-1253.00	-7.77	-1628.9	-10.10	3.02
60	-33.32	18.19	-1199.00	-7.24	-1558.7	-9.41	3.16
61	-33.91	18.23	-1244.00	-0.81	-1617.2	-1.05	3.21
62	-34.49	18.23	-1261.00	-1.29	-1639.3	-1.68	3.15
63	-31.60	17.92	-1228.00	-6.75	-1596.4	-8.77	3.1
64	-32.17	18.04	-1181.00	2.67	-1535.3	3.47	3.35
65	-32.74	18.13	-1170.00	1.20	-1521	1.56	3.43
66	-29.94	17.37	-1414.00	-10.35	-1838.2	-13.46	2.65
67	-30.48	17.58	-1287.00	1.18	-1673.1	1.54	3.12
68	-31.04	17.77	-1143.00	2.21	-1485.9	2.87	3.47
69	-28.39	16.57	-1721.00	-11.71	-2237.3	-15.22	2.19
70	-28.89	16.87	-1566.00	-0.43	-2035.8	-0.56	2.56
71	-29.41	17.13	-1496.00	0.28	-1944.8	0.37	2.69
72	-26.99	15.54	-2479.00	-14.79	-3222.7	-19.23	1.53
73	-27.44	15.91	-2137.00	-1.09	-2778.1	-1.41	1.87
74	-27.90	16.25	-1735.00	1.72	-2255.5	2.23	2.31
75	-25.76	14.29	-3168.00	-18.23	-4118.4	-23.70	1.2
76	-26.15	14.73	-3189.00	2.76	-4145.7	3.59	1.26
77	-26.56	15.14	-2834.00	-0.95	-3684.2	-1.24	1.41
78	-24.75	12.87	-3343.00	-18.64	-4345.9	-24.23	1.14
79	-25.06	13.36	-3251.00	4.43	-4226.3	5.76	1.23
80	-25.40	13.83	-3162.00	2.72	-4110.6	3.54	1.27
81	-23.98	11.30	-3358.00	-16.59	-4365.4	-21.57	1.14
82	-24.21	11.84	-3459.00	-0.75	-4496.7	-0.98	1.16
83	-24.47	12.36	-3427.00	3.46	-4455.1	4.50	1.17
84	-23.45	9.63	-2558.00	-25.64	-3325.4	-33.33	1.43
85	-23.60	10.20	-2887.00	-11.26	-3753.1	-14.64	1.34
86	-23.78	10.75	-3111.00	-7.04	-4044.3	-9.16	1.26
87	-23.15	8.19	-1122.00	22.94	-1458.6	29.82	2.94
88	-23.24	8.67	-1710.00	-53.55	-2223	-69.62	1.81
89	-23.34	9.15	-2159.00	-55.91	-2806.7	-72.68	1.5



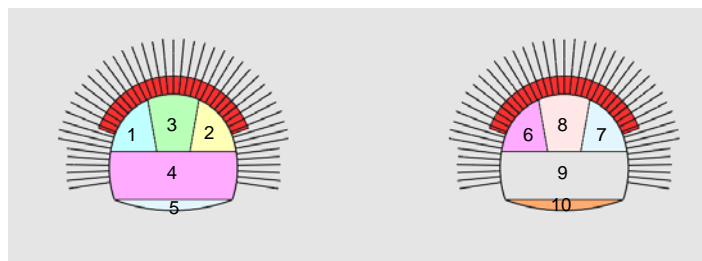
ANHANG 5 - FEM-ANALYSEN DER AUSSENSCHALE DES QUERSCHNITTS CM T3

In Anlage 5 sind die grafischen Darstellungen der wichtigsten In- und Outputs der FEM-Analysen mit dem Berechnungsprogramm MIDAS GTS der Außenschale des Querschnitts CM T3 zusammengefasst.



APPENDICE 5 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE SEZIONE CM T3

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



A4.1 OUTPUT FEM-MODELL

A4.1 OUTPUT MODELLO FEM

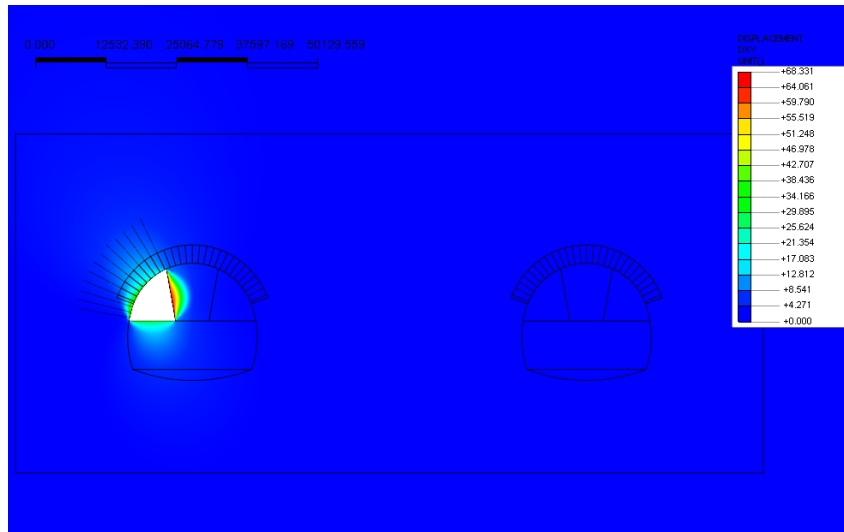


Abbildung 16: Verschiebungen xy [mm] – Ende Ausbruch Bereich 1

Illustrazione 16: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 1

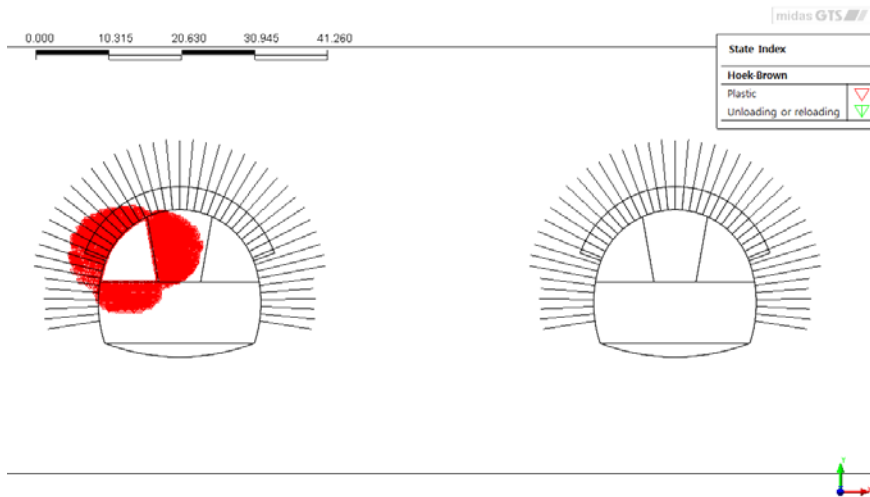


Abbildung 17: Plastifizierung - Ende Ausbruch Bereich 1

Illustrazione 17: Plasticizzazioni - fine scavo settore 1

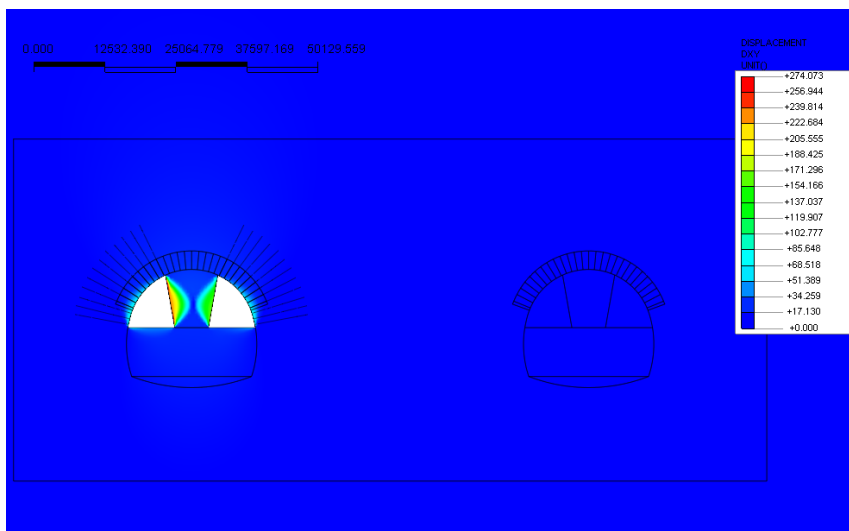


Abbildung 18: Verschiebungen xy [mm] - Ende Ausbruch Bereich 2

Illustrazione 18: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 2

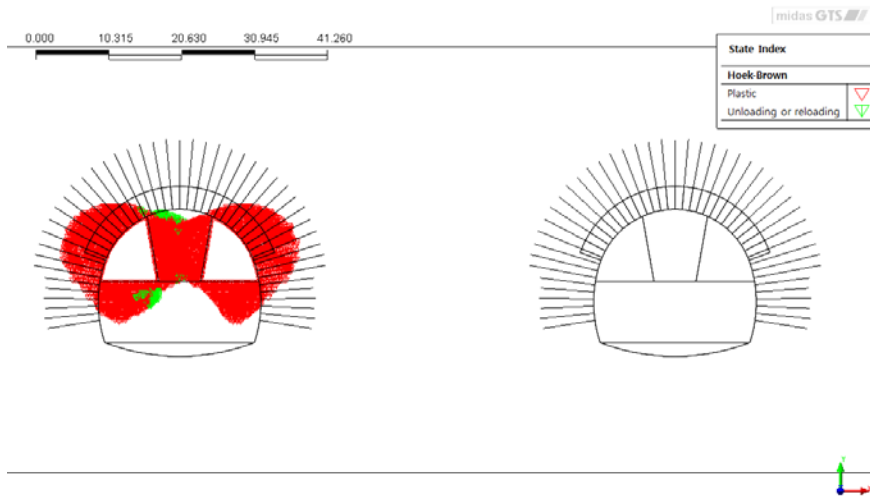


Abbildung 19: Plastifizierung - Ende Ausbruch Bereich 2

Illustrazione 19: Plasticizzazioni - fine scavo settore 2

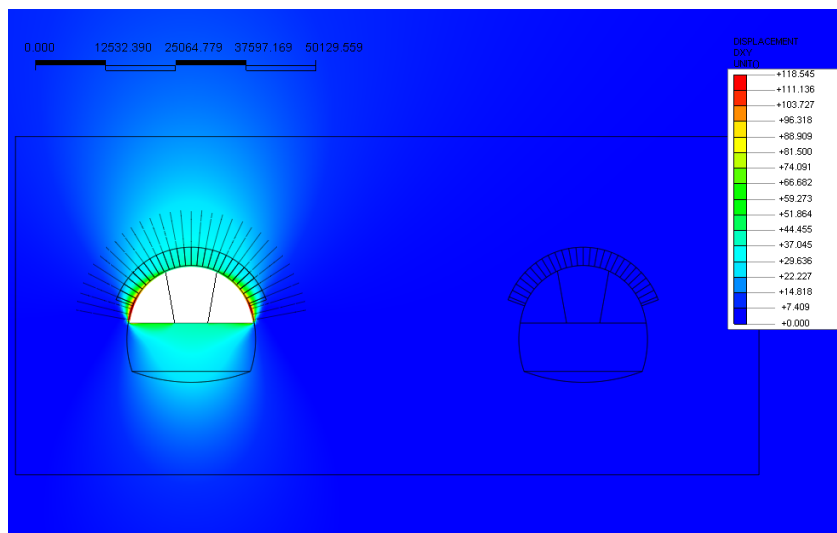


Abbildung 20: Verschiebungen xy [mm] - Ende Ausbruch Bereich 3

Illustrazione 20: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 3

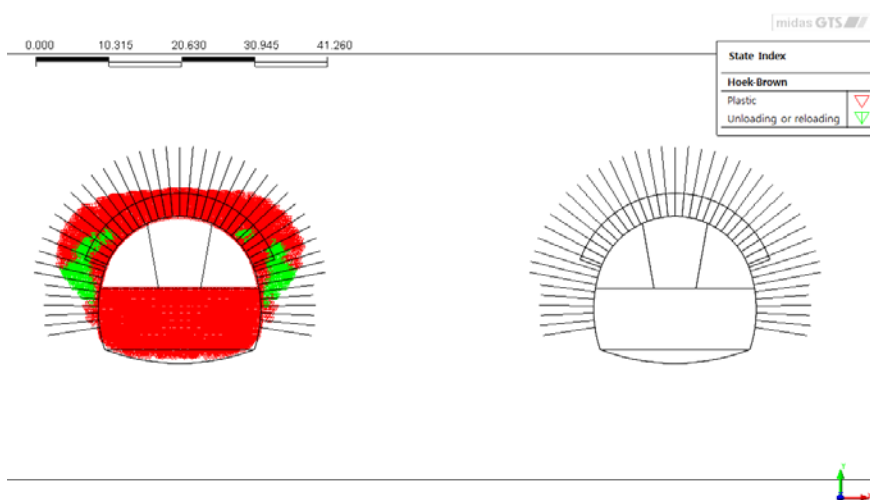


Abbildung 21: Plastifizierung - Ende Ausbruch Bereich 3

Illustrazione 21: Plasticizzazioni - fine scavo settore 3

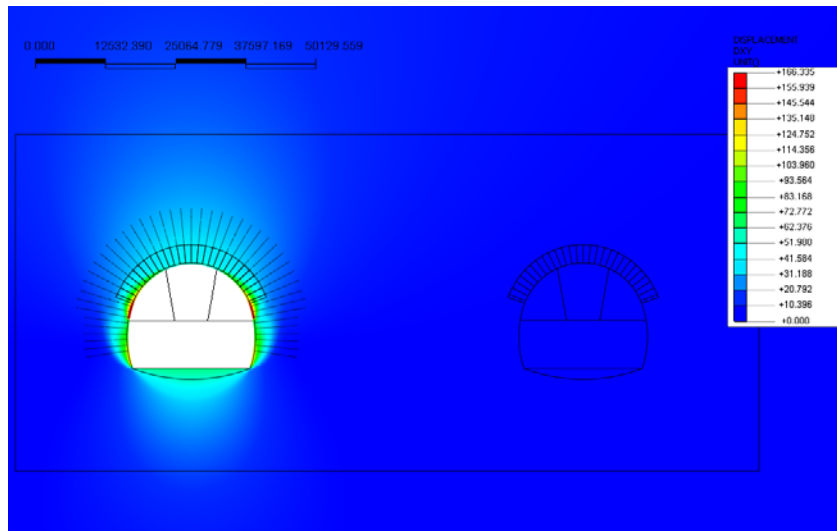


Abbildung 22: Verschiebungen xy [mm] - Ende Ausbruch Bereich 4

Illustrazione 22: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 4

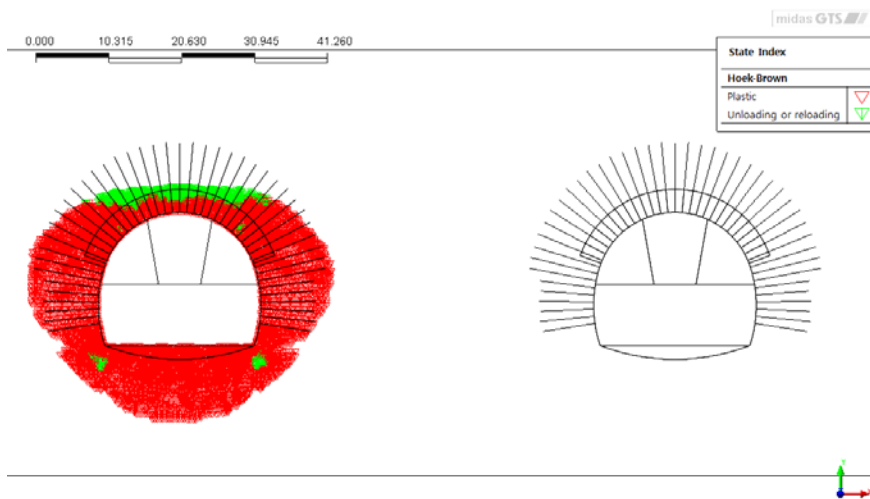


Abbildung 23: Plastifizierung - Ende Ausbruch Bereich 4

Illustrazione 23: Plasticizzazioni - fine scavo settore 4

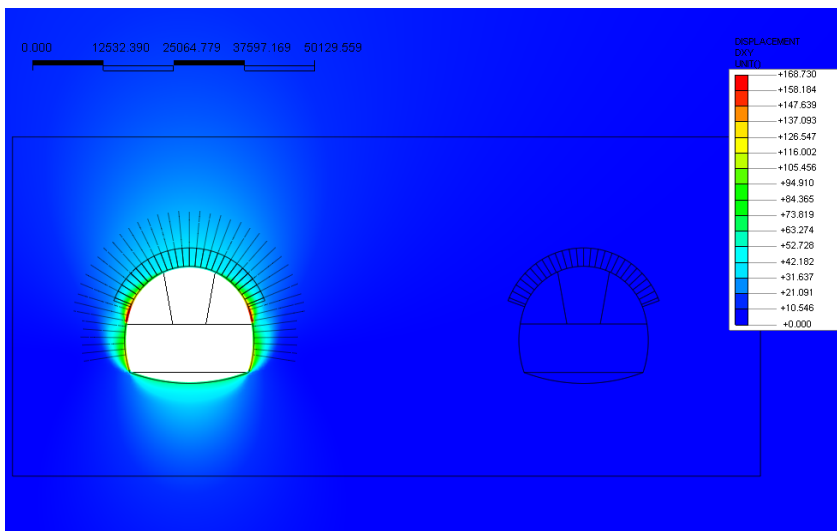


Abbildung 24: Verschiebungen xy [mm] - Ende Ausbruch Bereich 5

Illustrazione 24: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 5

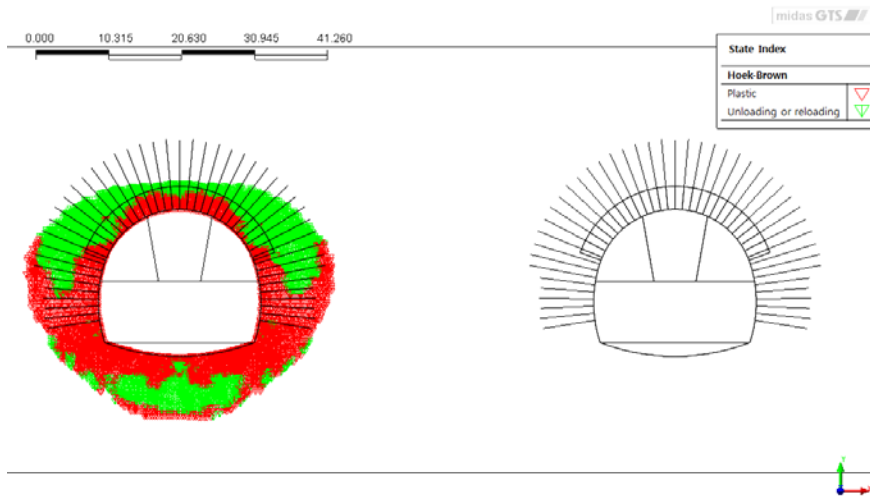


Abbildung 25: Plastifizierung - Ende Ausbruch Bereich 5

Illustrazione 25: Plasticizzazioni - fine scavo settore 5

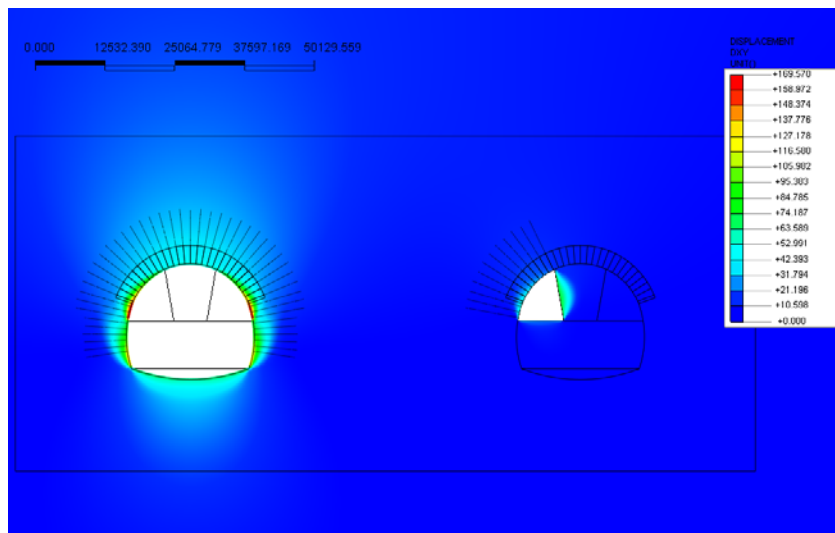


Abbildung 26: Verschiebungen xy [mm] - Ende Ausbruch Bereich 6

Illustrazione 26: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 6

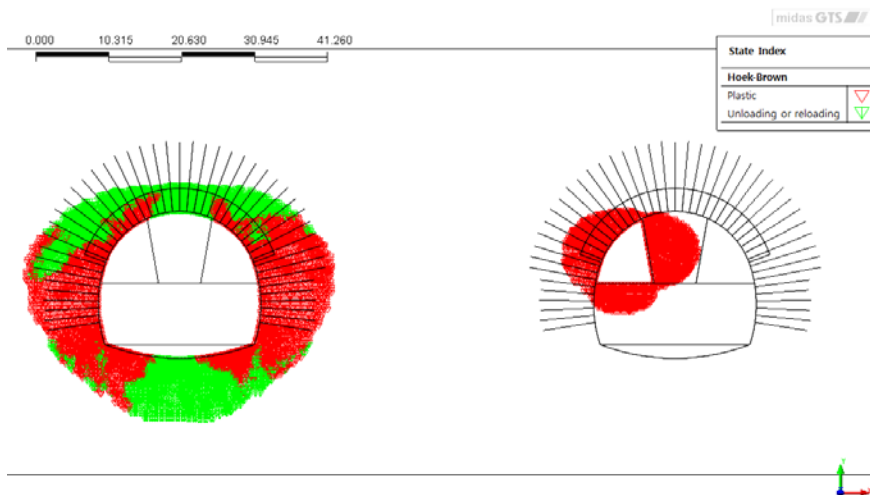


Abbildung 27: Plastifizierung - Ende Ausbruch Bereich 6

Illustrazione 27: Plasticizzazioni - fine scavo settore 6

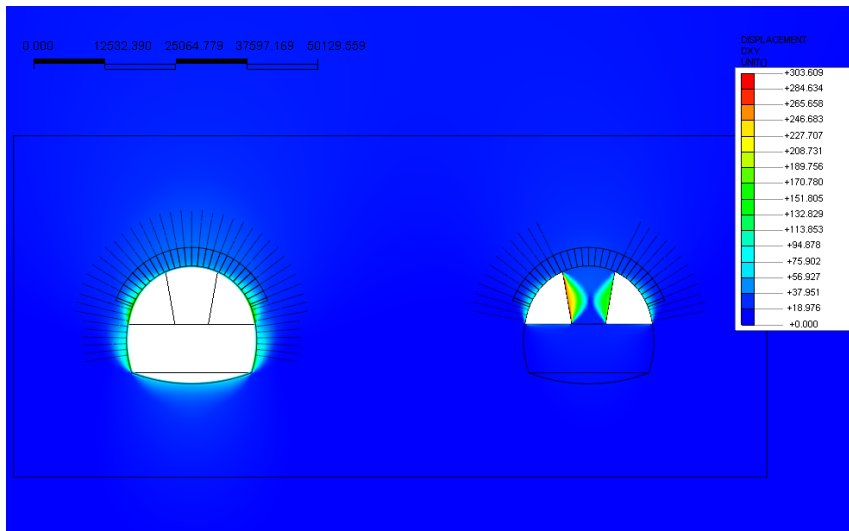


Abbildung 28: Verschiebungen xy [mm] - Ende Ausbruch Bereich 7

Illustrazione 28: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 7

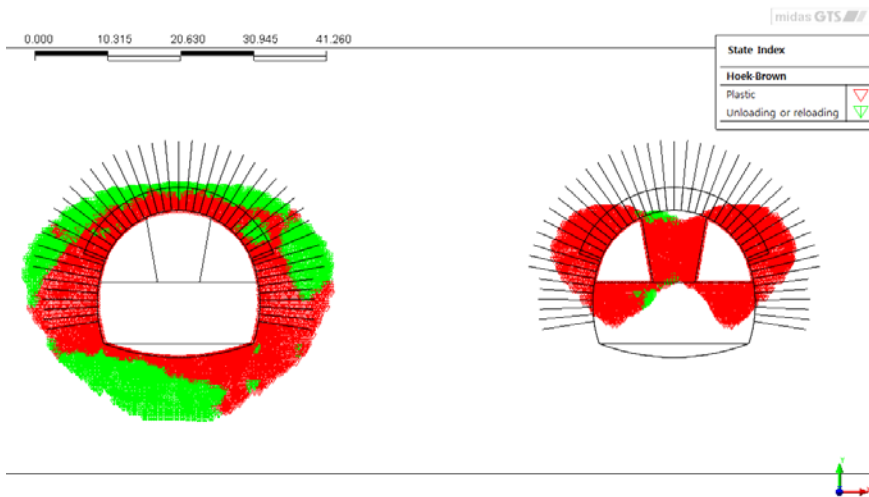


Abbildung 29: Plastifizierung - Ende Ausbruch Bereich 7

Illustrazione 29: Plasticizzazioni - fine scavo settore 7

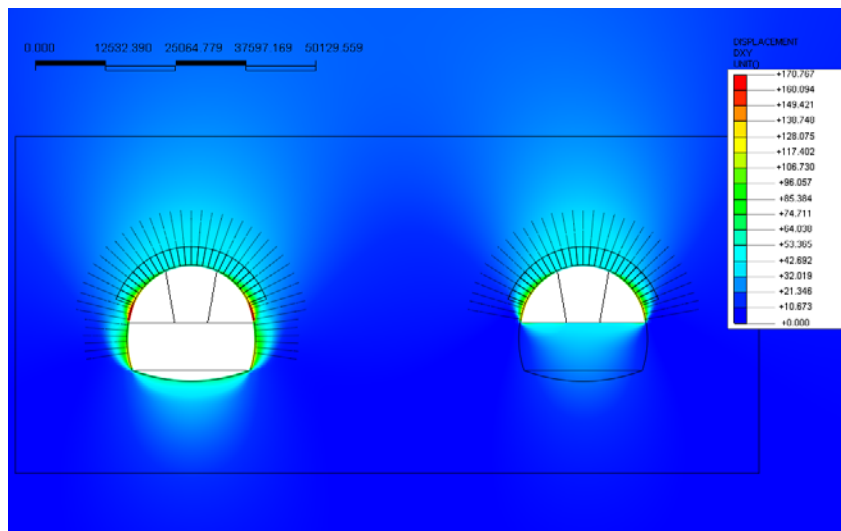


Abbildung 30: Verschiebungen xy [mm] - Ende Ausbruch Bereich 8

Illustrazione 30: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 8

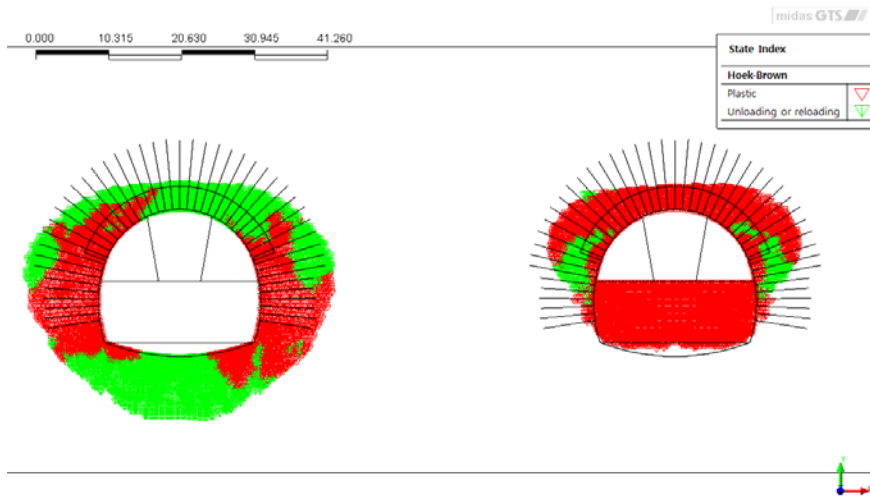


Abbildung 31: Plastifizierung - Ende Ausbruch Bereich 8

Illustrazione 31: Plasticizzazioni - fine scavo settore 8

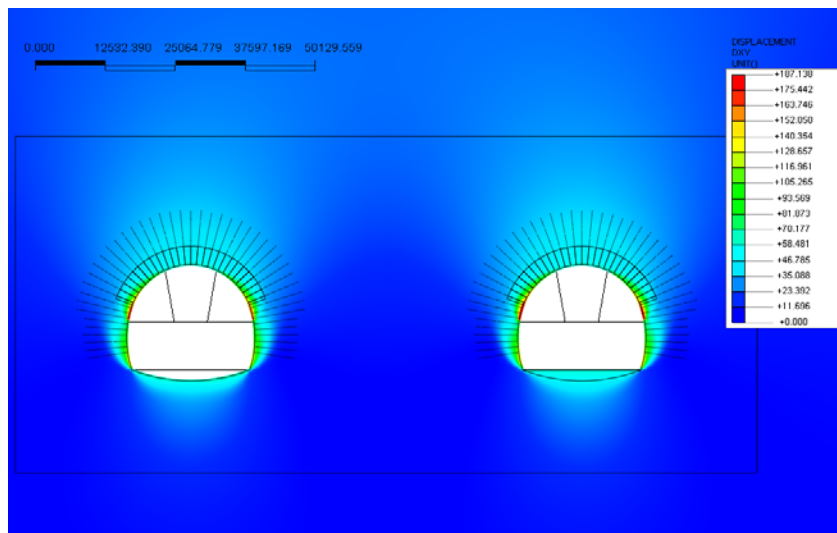


Abbildung 32: Verschiebungen xy [mm] - Ende Ausbruch Bereich 8

Illustrazione 32: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 9

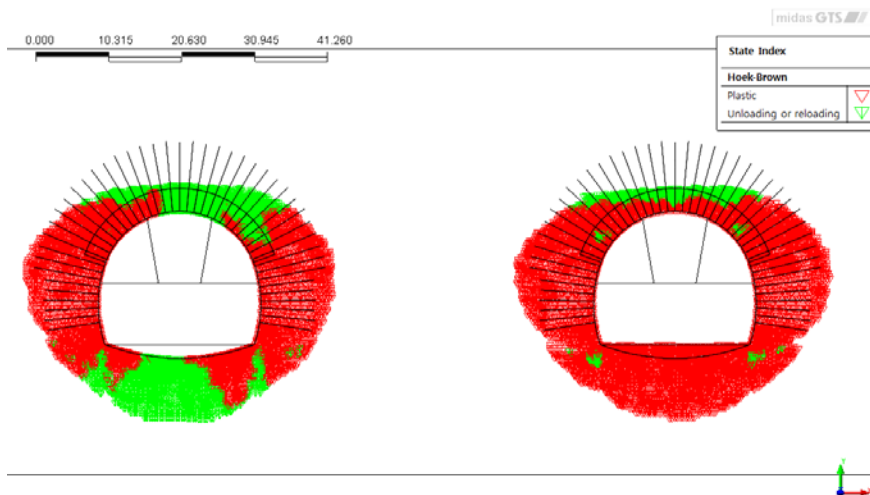


Abbildung 33: Plastifizierung - Ende Ausbruch Bereich 9

Illustrazione 33: Plasticizzazioni - fine scavo settore 9

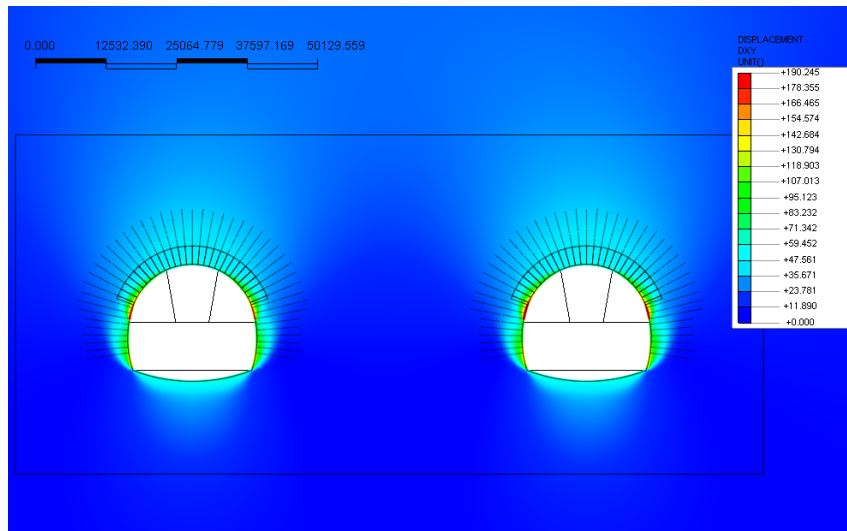


Abbildung 34: Verschiebungen xy [mm] - Ende Ausbruch Bereich 10

Illustrazione 34: Spostamenti xy [mm] - fine scavo settore 10

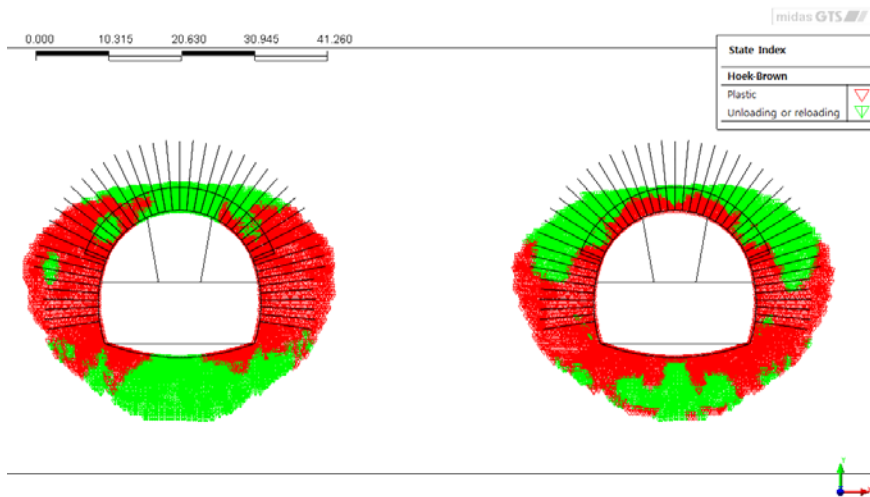


Abbildung 35: Plastifizierung - Ende Ausbruch Bereich 10

Illustrazione 35: Plasticizzazioni - fine scavo settore 10

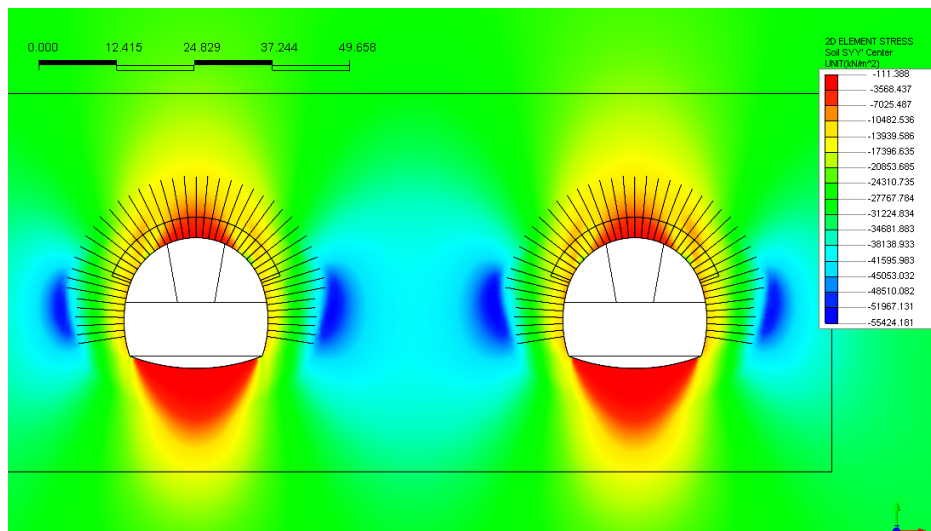


Abbildung 36: Vertikale Spannungen σ_{yy} [kN/m²] - Ende Ausbruch Bereich 10

Illustrazione 36: Tensioni verticali σ_{yy} [kN/m²] - fine scavo settore 10

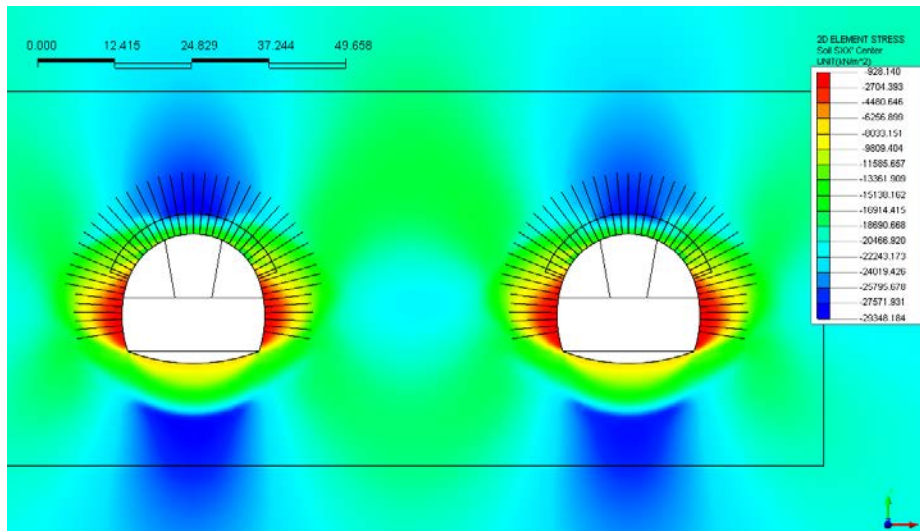


Abbildung 37: Horizontale Spannungen σ_{xx} [kN/m²] - Ende Ausbruch Bereich 10

Illustrazione 37: Tensioni orizzontali σ_{xx} [kN/m²] - fine scavo settore 10

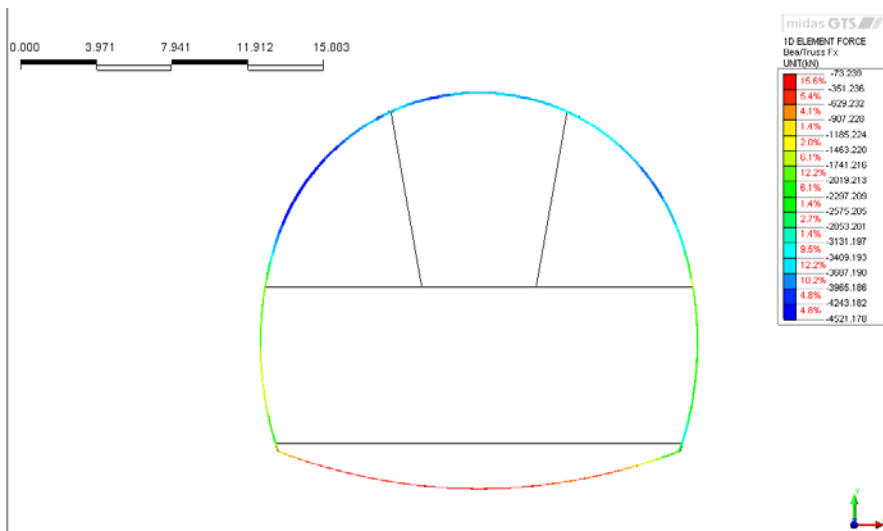


Abbildung 38: Normalkraft an der Außenschale [kN] - Ende Ausbruch Bereich 10

Illustrazione 38: Sollecitazioni normali sul rivestimento di prima fase - fine scavo settore 10

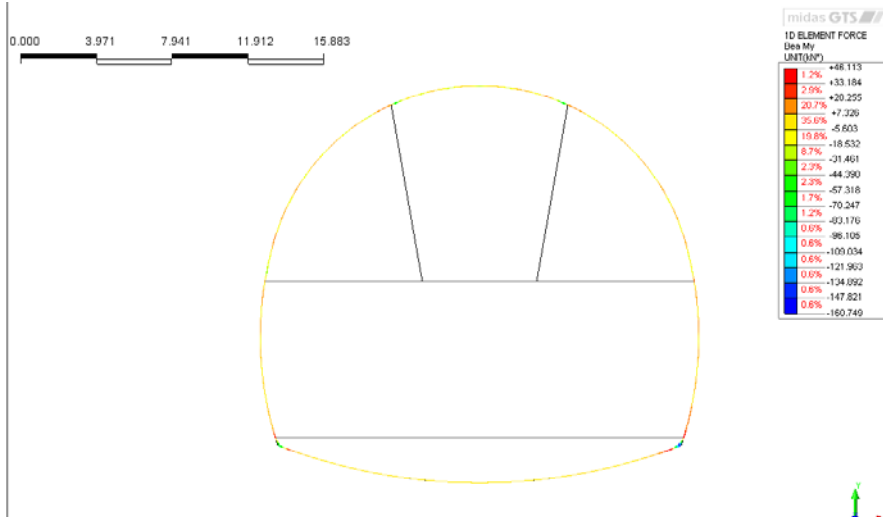


Abbildung 39: Momente an der Außenschale [kNm] - Ende Ausbruch Bereich 10

Illustrazione 39: Momenti sul rivestimento di prima fase [kNm] - fine scavo settore 10

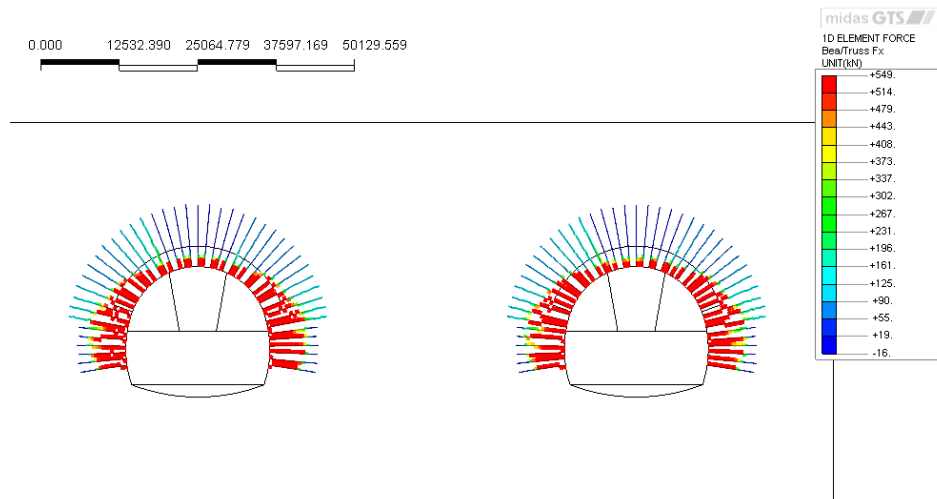


Abbildung 40: Axiale Einwirkungen an den Nägeln [kN] - Ende Ausbruch Bereich 10

Illustrazione 40: Sollecitazione assiale nei chiodi [kN] - fine scavo settore 10

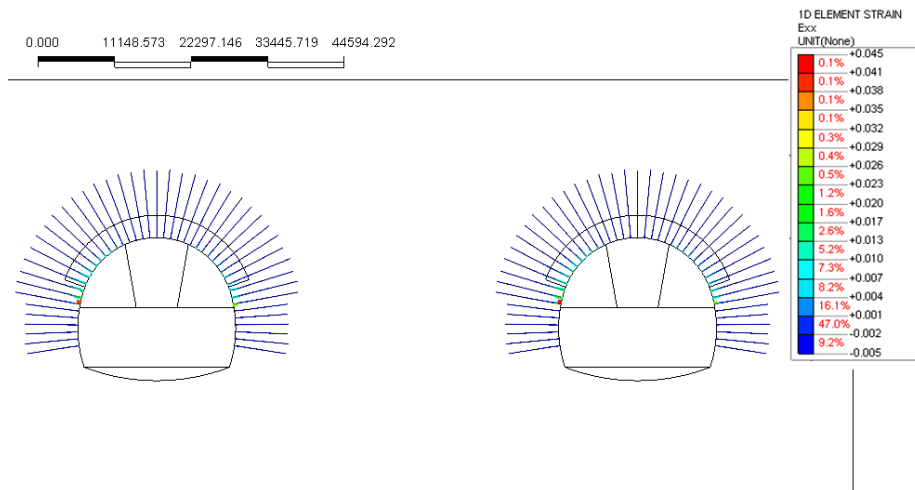


Abbildung 41: Axiale Verformungen der Nägel [-] - Ende Ausbruch Bereich 10

Illustrazione 41: Deformazione assiale nei chiodi [-] - fine scavo settore 10

A5.2 NACHWEISE AUßENSCHALE

Nachfolgend die Nachweisführung des Querschnitts CM T3.

A5.2 VERIFICHE RIVESTIMENTO PRIMA FASE

Nel seguito viene verificata la sezione CM T3.

Nachweis Diagramm Wechselwirkung M-N

Verifiche diagramma di interazione M-N

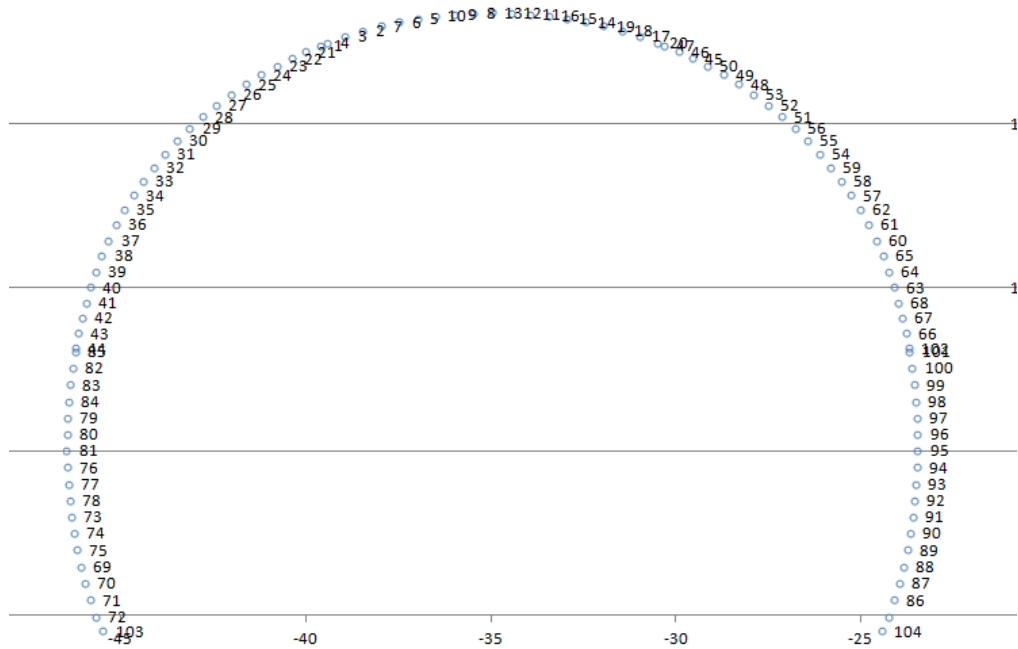
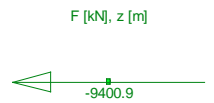
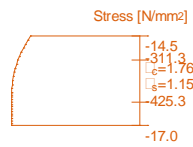
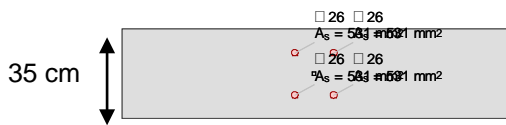
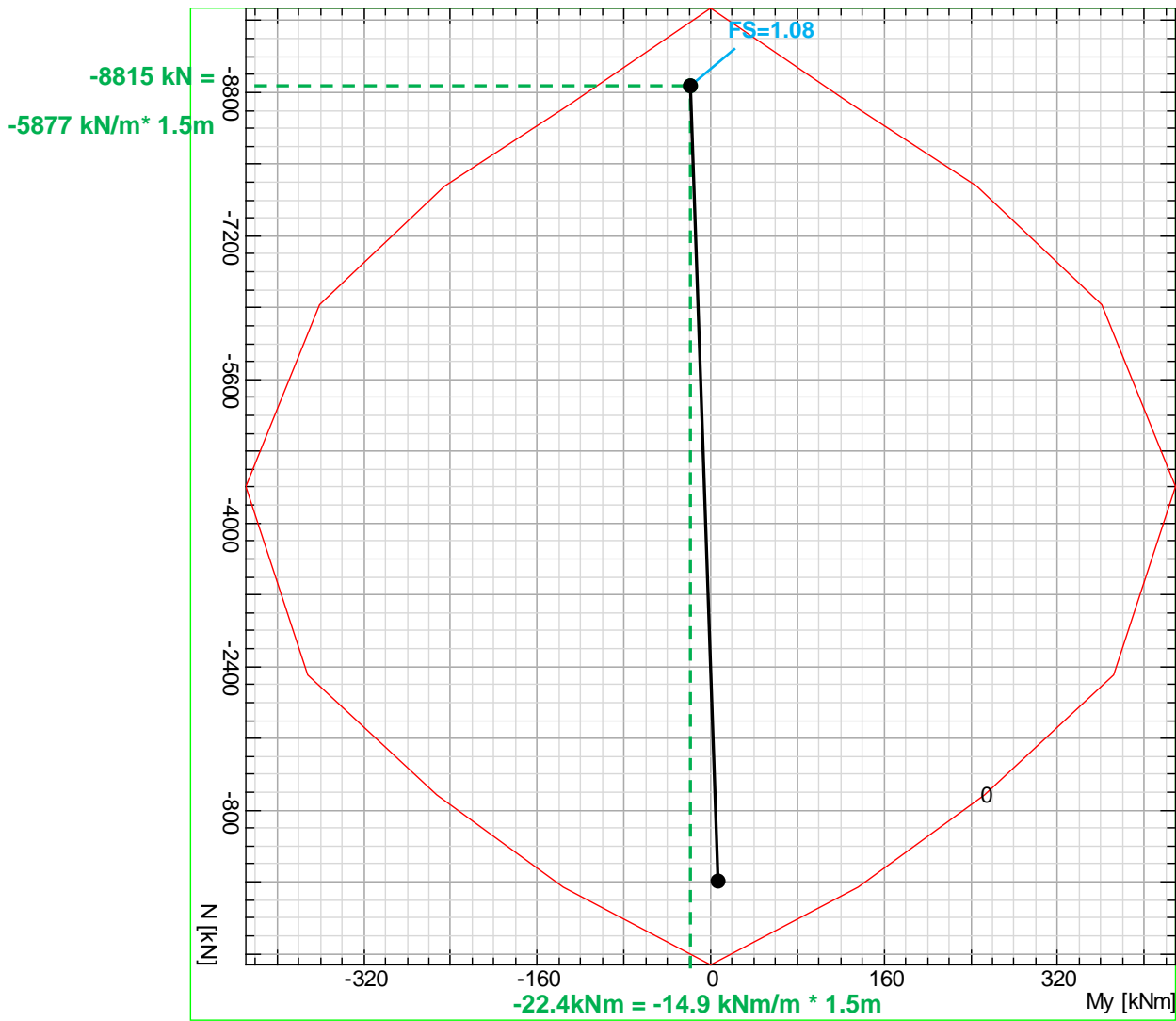


Abbildung 42: Nummerierung der Knoten im Berechnungsmodell

Illustrazione 42: Numerazione dei nodi del modello numerico

	X	Y	N _k	M _k	N _d	M _d	FS
	[m]	[m]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]
1	-39.63	17.43	-3765.00	9.58	-4894.50	12.46	1.30
2	-38.50	17.87	-3836.00	3.28	-4986.80	4.27	1.29
3	-38.98	17.70	-3706.00	-8.95	-4817.80	-11.64	1.32
4	-39.45	17.51	-3408.00	-52.51	-4430.40	-68.26	1.30
5	-37.02	18.25	-3904.00	-2.40	-5075.20	-3.13	1.27
6	-37.52	18.14	-4084.00	6.11	-5309.20	7.95	1.21
7	-38.01	18.02	-3983.00	-19.82	-5177.90	-25.77	1.21
8	-35.51	18.42	-3551.00	1.48	-4616.30	1.93	1.40
9	-36.02	18.38	-3679.00	2.33	-4782.70	3.03	1.35
10	-36.52	18.33	-3664.00	-26.04	-4763.20	-33.85	1.29
11	-33.98	18.38	-3569.00	3.13	-4639.70	4.07	1.39
12	-34.49	18.42	-3627.00	0.86	-4715.10	1.12	1.37
13	-35.00	18.43	-3532.00	-26.00	-4591.60	-33.80	1.34
14	-32.48	18.14	-3695.00	6.97	-4803.50	9.06	1.33
15	-32.98	18.25	-3734.00	7.75	-4854.20	10.08	1.32
16	-33.48	18.33	-3621.00	-23.51	-4707.30	-30.56	1.31
17	-31.02	17.70	-3374.00	-8.82	-4386.20	-11.47	1.45
18	-31.50	17.87	-3603.00	16.67	-4683.90	21.67	1.34
19	-31.99	18.02	-3615.00	-13.53	-4699.50	-17.59	1.34
20	-30.55	17.51	-3297.00	-65.61	-4286.10	-85.29	1.30
21	-40.03	17.24	-3617.00	16.39	-4702.10	21.31	1.33
22	-40.42	17.03	-3899.00	9.53	-5068.70	12.39	1.26
23	-40.80	16.81	-3602.00	-25.16	-4682.60	-32.71	1.31
24	-41.23	16.54	-3706.00	2.36	-4817.80	3.07	1.34
25	-41.65	16.24	-3818.00	11.00	-4963.40	14.30	1.28
26	-42.05	15.93	-3792.00	-22.29	-4929.60	-28.98	1.26
27	-42.44	15.60	-3974.00	6.99	-5166.20	9.08	1.24
28	-42.81	15.26	-4117.00	11.25	-5352.10	14.63	1.19
29	-43.17	14.89	-4151.00	-20.00	-5396.30	-26.00	1.16
30	-43.51	14.52	-4255.00	9.66	-5531.50	12.56	1.15
31	-43.83	14.12	-4491.00	6.42	-5838.30	8.34	1.10
32	-44.13	13.71	-4479.00	-20.19	-5822.70	-26.25	1.08
33	-44.42	13.29	-4476.00	8.65	-5818.80	11.24	1.10
34	-44.68	12.86	-4521.00	11.46	-5877.30	14.90	1.08
35	-44.93	12.41	-4320.00	-16.47	-5616.00	-21.41	1.12
36	-45.15	11.96	-4218.00	10.02	-5483.40	13.03	1.16
37	-45.36	11.49	-4250.00	10.34	-5525.00	13.44	1.15
38	-45.54	11.01	-3970.00	-14.32	-5161.00	-18.62	1.22
39	-45.70	10.53	-3806.00	16.97	-4947.80	22.06	1.27
40	-45.84	10.05	-3637.00	11.53	-4728.10	14.99	1.34
41	-45.97	9.56	-3165.00	-14.08	-4114.50	-18.30	1.52
42	-46.08	9.10	-2743.00	-14.40	-3565.90	-18.72	1.75
43	-46.16	8.65	-2525.00	-31.30	-3282.50	-40.69	1.80
44	-46.25	8.19	-1830.00	12.40	-2379.00	16.12	2.59
45	-29.58	17.03	-3230.00	9.32	-4199.00	12.12	1.51
46	-29.97	17.24	-3352.00	12.89	-4357.60	16.76	1.45
47	-30.37	17.43	-3173.00	12.08	-4124.90	15.70	1.53
48	-28.35	16.24	-3323.00	1.03	-4319.90	1.34	1.50
49	-28.77	16.54	-3371.00	5.61	-4382.30	7.29	1.46
50	-29.20	16.81	-3255.00	-20.99	-4231.50	-27.29	1.46
51	-27.19	15.26	-3609.00	7.14	-4691.70	9.28	1.36
52	-27.56	15.60	-3623.00	5.11	-4709.90	6.64	1.36
53	-27.95	15.93	-3404.00	-16.41	-4425.20	-21.33	1.41
54	-26.17	14.12	-3839.00	7.49	-4990.70	9.74	1.28
55	-26.49	14.52	-3900.00	10.99	-5070.00	14.29	1.25

	X	Y	N _k	M _k	N _d	M _d	FS
	[m]	[m]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]
56	-26.83	14.89	-3668.00	-17.59	-4768.40	-22.87	1.31
57	-25.32	12.86	-3658.00	11.82	-4755.40	15.37	1.33
58	-25.58	13.29	-3923.00	7.07	-5099.90	9.19	1.26
59	-25.87	13.71	-3924.00	-20.22	-5101.20	-26.29	1.22
60	-24.64	11.49	-3336.00	8.19	-4336.80	10.65	1.47
61	-24.85	11.96	-3646.00	8.38	-4739.80	10.89	1.35
62	-25.07	12.41	-3612.00	-17.49	-4695.60	-22.74	1.33
63	-24.16	10.05	-2671.00	9.11	-3472.30	11.84	1.82
64	-24.30	10.53	-3070.00	10.54	-3991.00	13.70	1.58
65	-24.46	11.01	-3199.00	-17.85	-4158.70	-23.21	1.49
66	-23.84	8.65	-1457.00	-15.13	-1894.10	-19.67	3.16
67	-23.92	9.10	-2004.00	-8.68	-2605.20	-11.28	2.41
68	-24.03	9.56	-2129.00	-17.29	-2767.70	-22.48	2.20
69	-46.10	1.52	-1654.00	6.92	-2150.20	9.00	2.92
70	-45.98	1.01	-1945.00	5.54	-2528.50	7.20	2.51
71	-45.85	0.50	-1966.00	6.21	-2555.80	8.07	2.48
72	-45.70	0.00	-2137.00	30.76	-2778.10	39.99	2.09
73	-46.35	3.04	-1437.00	4.20	-1868.10	5.46	3.40
74	-46.28	2.54	-1528.00	2.96	-1986.40	3.85	3.22
75	-46.20	2.04	-1498.00	-7.98	-1947.40	-10.37	3.20
76	-46.48	4.55	-1650.00	6.79	-2145.00	8.82	2.93
77	-46.45	4.04	-1632.00	4.55	-2121.60	5.92	2.99
78	-46.41	3.54	-1493.00	-8.70	-1940.90	-11.31	3.20
79	-46.47	6.07	-1792.00	10.91	-2329.60	14.18	2.66
80	-46.49	5.56	-1954.00	9.47	-2540.20	12.30	2.46
81	-46.49	5.06	-1900.00	-11.16	-2470.00	-14.51	2.51
82	-46.34	7.57	-1797.00	12.59	-2336.10	16.37	2.63
83	-46.40	7.07	-1984.00	12.05	-2579.20	15.67	2.40
84	-46.44	6.57	-1882.00	-13.55	-2446.60	-17.62	2.51
85	-46.27	8.07	-1702.00	-5.13	-2212.60	-6.67	2.87
86	-24.15	0.50	-3167.00	14.67	-4117.10	19.07	1.52
87	-24.02	1.01	-3036.00	16.99	-3946.80	22.09	1.57
88	-23.90	1.52	-2741.00	14.84	-3563.30	19.29	1.75
89	-23.80	2.04	-2383.00	-10.50	-3097.90	-13.65	2.02
90	-23.72	2.54	-2210.00	8.40	-2873.00	10.92	2.19
91	-23.65	3.04	-2198.00	7.71	-2857.40	10.03	2.21
92	-23.59	3.54	-2116.00	-14.20	-2750.80	-18.46	2.24
93	-23.55	4.04	-2051.00	7.03	-2666.30	9.14	2.37
94	-23.52	4.55	-2126.00	9.16	-2763.80	11.91	2.27
95	-23.51	5.06	-2001.00	-12.06	-2601.30	-15.68	2.38
96	-23.51	5.56	-2073.00	10.50	-2694.90	13.65	2.32
97	-23.53	6.07	-2148.00	13.49	-2792.40	17.54	2.21
98	-23.56	6.57	-1994.00	-9.28	-2592.20	-12.06	2.42
99	-23.60	7.07	-1936.00	10.71	-2516.80	13.92	2.47
100	-23.66	7.57	-1960.00	9.95	-2548.00	12.93	2.45
101	-23.73	8.07	-1865.00	-3.11	-2424.50	-4.05	2.64
102	-23.75	8.19	-1745.00	22.17	-2268.50	28.82	2.59
103	-45.52	-0.44	-1573.00	-80.10	-2044.90	-104.13	2.19
104	-24.49	-0.44	-1976.00	-160.70	-2568.80	-208.91	1.34



A5.3 AUSBRUCHSSICHERUNG

Was hingegen die Befestigung des Umrisses des Hohlraums betrifft, so wird der Ansatz nach Hoek und Ribacchi, analog zum Dokument [10], angewandt. Man nimmt eine befestigte Zone von 1 m Quergröße an und führt mit Bezug auf die Widerstandsfläche der einzelnen Komponenten (Gebirge und Zementinjektion) eine Abfolge von gewichteten Durchschnitten durch und berechnet die äquivalenten Werte des Elastizitäts- und des Kohäsionsmodul:

$$\sigma_{cm,eq} = \frac{\sigma_{cm} \cdot A_{rock} + R_c \cdot A_c}{A_{TOT}}$$

$$c_{eq} = \sigma_{cm,eq} \cdot \frac{1 - \sin \varphi}{2 \cos \varphi}$$

$$E_{eq} = \frac{E_{rock} \cdot A_{rock} + E_c \cdot A_c}{A_{TOT}}$$

Dove:

- σ_{cm} Druckfestigkeit des urspr. Gebirges, die der einaxialen Druckfestigkeit entspricht;
- A_{rock} Oberfläche des nicht befestigten Gebirges;
- R_c Widerstand der injizierten Mischung;
- A_c von der Injektion betroffene Fläche.

A5.3 CONSOLIDAMENTO AL CONTORNO

Per quanto riguarda il consolidamento del contorno del cavo viene adottato l'approccio di Hoek e Ribacchi analogamente al Doc. [10]. Si considera una porzione di zona consolidata avente dimensione trasversale di 1m e si esegue un processo di medie pesate con riferimento all'area ed alla resistenza di ogni singolo componente (ammasso e iniezione cementizia), calcolando valori equivalenti di modulo elastico e coesione:

Dove:

- σ_{cm} è la resistenza dell'ammasso originario pari alla resistenza a compressione monoassiale;
- A_{rock} è la superficie dell'ammasso non consolidato;
- R_c è la resistenza della miscela iniettata;
- A_c è l'area interessata dall'iniezione

Parametri geotecnici ammasso	Angolo d'attrito di picco	Φ'_p	27.7	°
	Angolo d'attrito residuo	Φ'_r	21.2	°
	Angolo di dilatanza	ψ	3.5	°
	Coesione di picco	c'_p	2.193	MPa
	Coesione residua	c'_r	1.392	MPa
	Resistenza a compressione uniassiale di picco	$\sigma_{cm,p}$	7.255	MPa
	Resistenza a compressione uniassiale residua	$\sigma_{cm,r}$	4.062	MPa
	Pendenza curva $\sigma/3$	k	2.736	-
	Modulo elastico	Em	11504	MPa
	Coefficiente di Poisson	v	0.21	-

Parametri tunnel	Raggio tunnel	r_0	11	m
	Copertura	h	1060	m
	Peso specifico roccia	γ_r	26.6	kN/m ³
	Pressione idrostatica	p_0	28.20	MPa

Consolidamento al contorno	Passo longitudinale	il	3.0	m
	Passo trasversale	it	1.00	m
	Numero barre / m ²	n	0.333	-
	area barra	Ab	0.015	m ²
	Diametro corona	dc	0.1	m
	Coefficiente sbulbatura	α	1.3	-
	Area di iniezione	Ac	0.013	m ²
	Resistenza iniezione	Rc	25	MPa
	Modulo elastico iniezione	Ec	25000	MPa
	Resistenza equivalente picco	$R_{p,eq}$	7.363	MPa
	Resistenza equivalente residua	$R_{r,eq}$	4.170	MPa
	Coesione di picco equivalente	$c_{p,eq}$	2.226	MPa
	Coesione residua equivalente	$c_{r,eq}$	1.429	MPa
Modulo elastico equivalente	Eeq	11612	MPa	

ANHANG 6 - FEM-ANALYSEN DES KÜNSTLICHEN TUNNELS

Die Anlage 6 enthält die grafischen Darstellungen der wichtigsten In- und Outputs der FEM-Analysen für den Innenausbau, die mit dem Rechenprogramm MIDAS Gen. durchgeführt wurden, sowie die Nachweisverfahren im GZT und GZG.

APPENDICE 6 - ANALISI FEM DELLA GALLERIA ARTIFICIALE

L'appendice 6 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.6.1. General parameters of structure

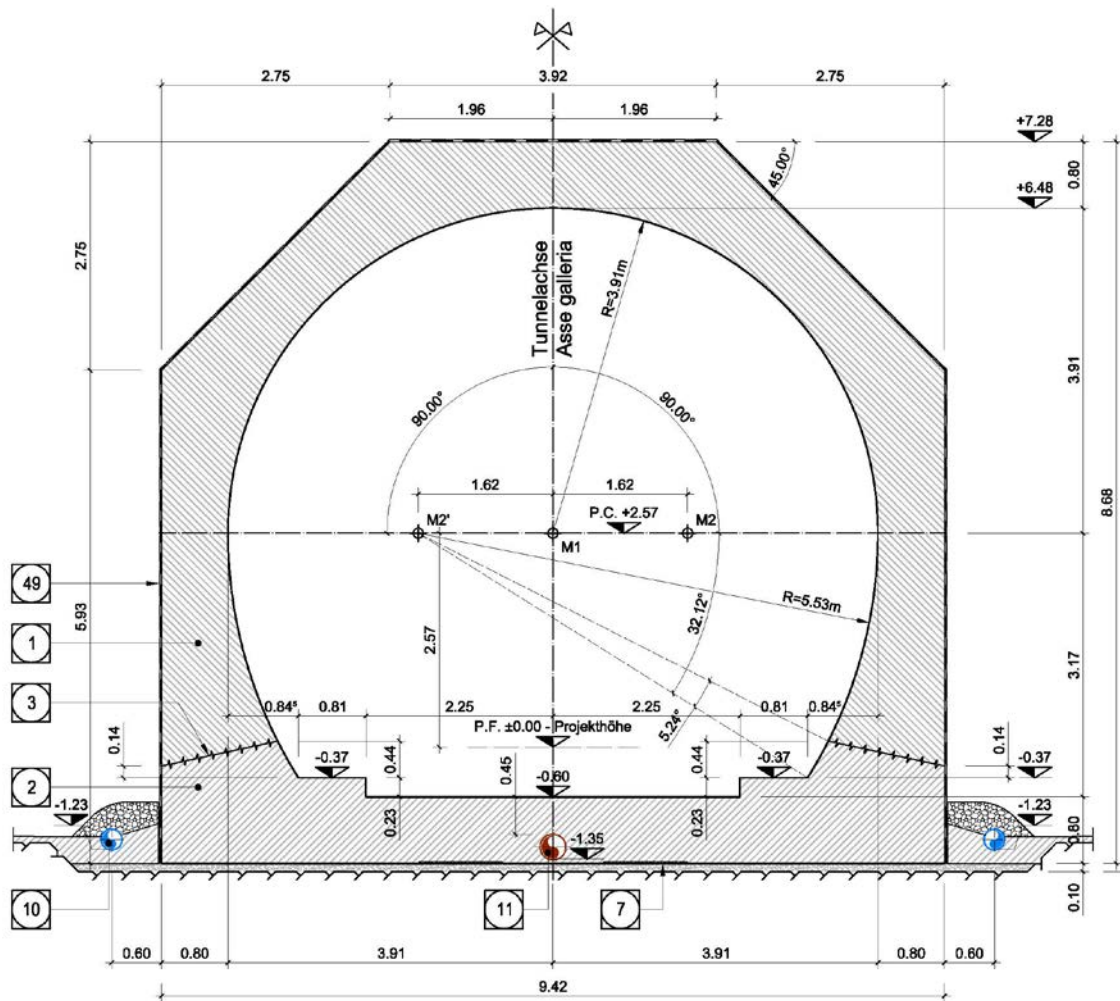


Figure 1GL-CM-T cross section

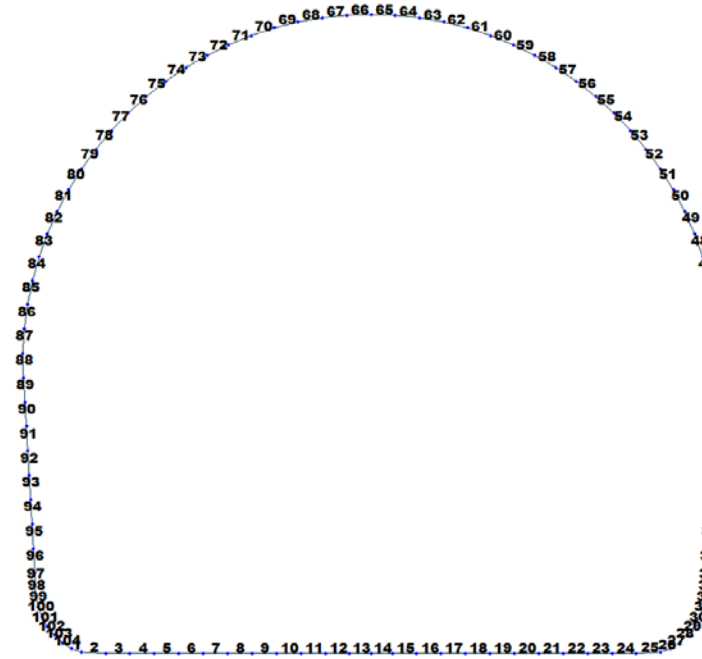


Figure 2 Elements numbering

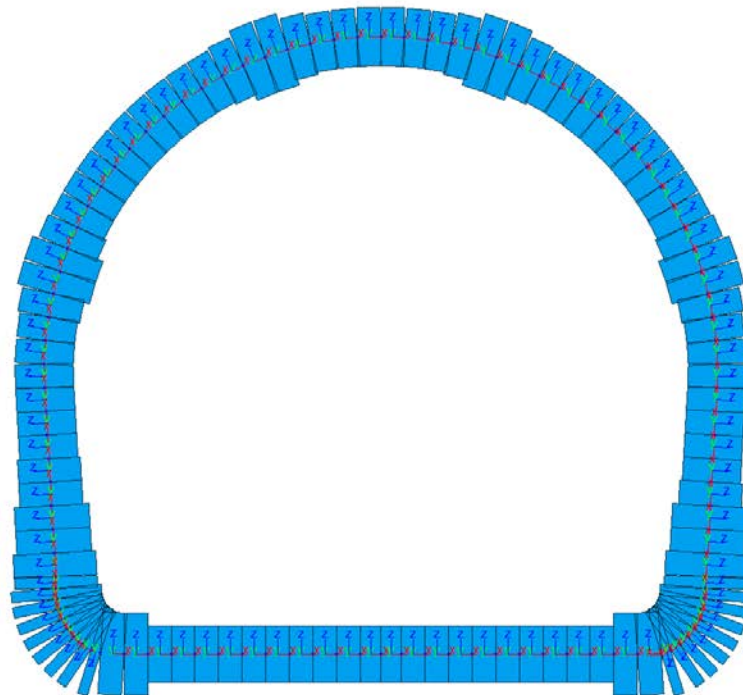


Figure 3 Element local axis

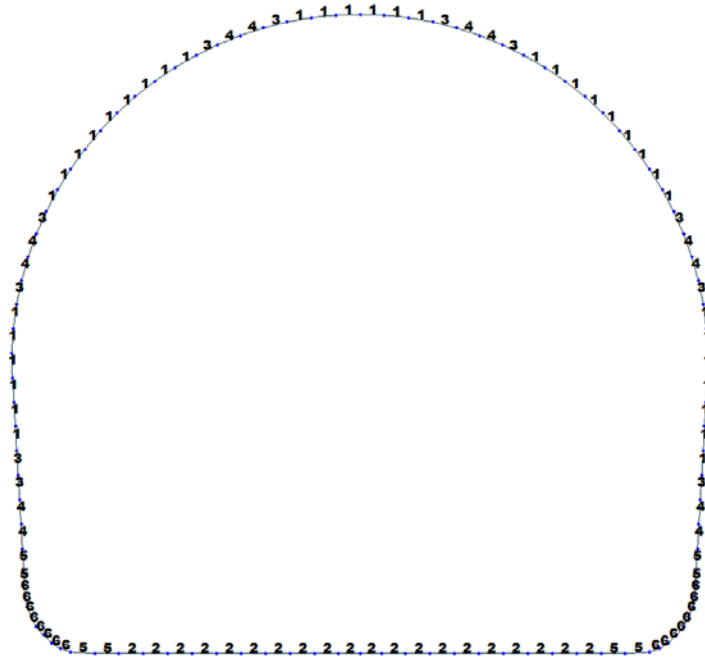


Figure 4 Element section property

Table 1 Section characteristic

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 74	0.7400	0.6167	0.6167	0.0737	0.0338	0.0617	0.5000	0.5000	0.3700	0.3700
2	100 x 72	0.7200	0.6000	0.6000	0.0692	0.0311	0.0600	0.5000	0.5000	0.3600	0.3600
3	100 x 80	0.8000	0.6667	0.6667	0.0876	0.0427	0.0667	0.5000	0.5000	0.4000	0.4000
4	100 x 95	0.9500	0.7917	0.7917	0.1264	0.0714	0.0792	0.5000	0.5000	0.4750	0.4750
5	100 x 105	1.0500	0.8750	0.8750	0.1544	0.0965	0.0875	0.5000	0.5000	0.5250	0.5250
6	100 x 115	1.1500	0.9583	0.9583	0.1833	0.1267	0.0958	0.5000	0.5000	0.5750	0.5750

Table 2 Material parameters

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

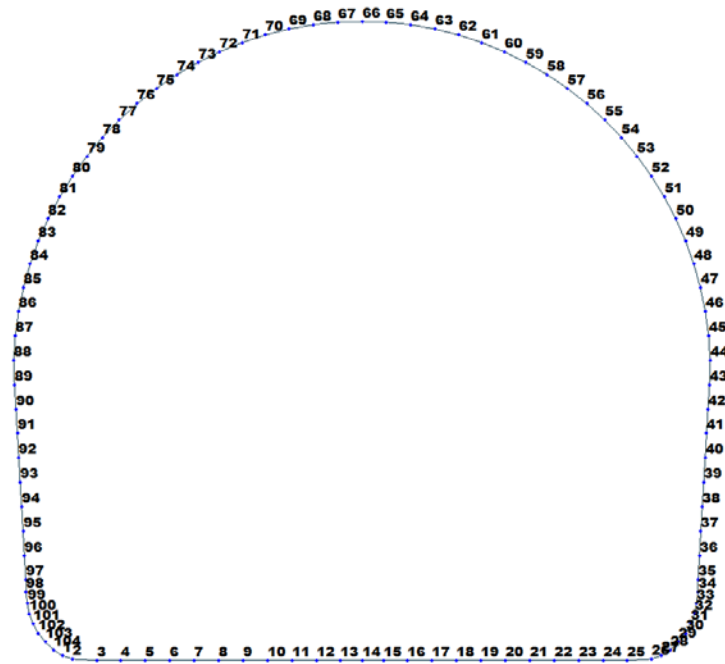


Figure 5 Node numbering

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	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Linear	1500000.0	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	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Linear	1500000.0	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	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Linear	1500000.0	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	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Linear	1500000.0	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	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Linear	1500000.0	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	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Linear	1500000.0	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	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	Linear	1500000.0	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	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Linear	1500000.0	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	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	Linear	1500000.0	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	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	Linear	1500000.0	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	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

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)
15	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	Linear	1500000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
32	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
33	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
99	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
101	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
102	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
103	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
104	Comp.-only	0.0	0.0	3000000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

A.6.2. Load for GL-CM-T cross section

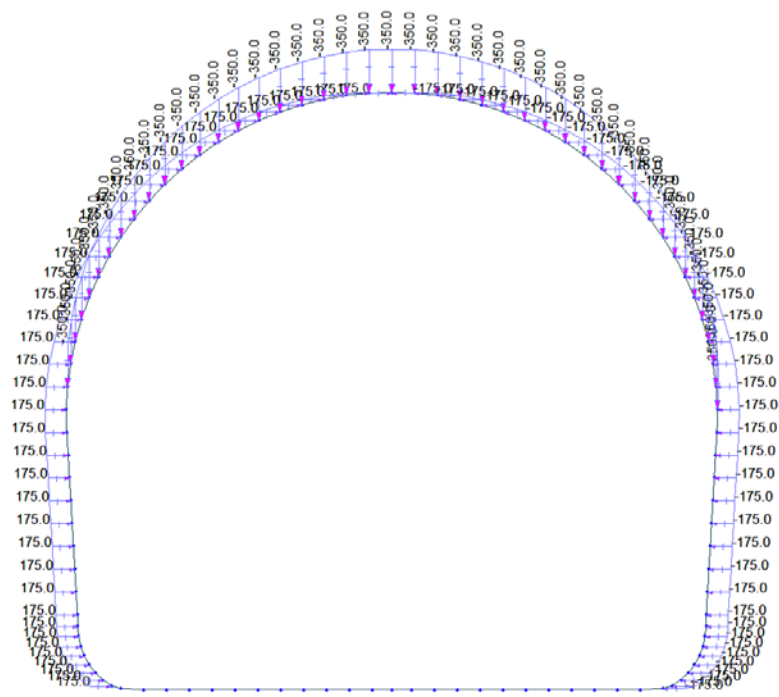


Figure 6 Load G5 A

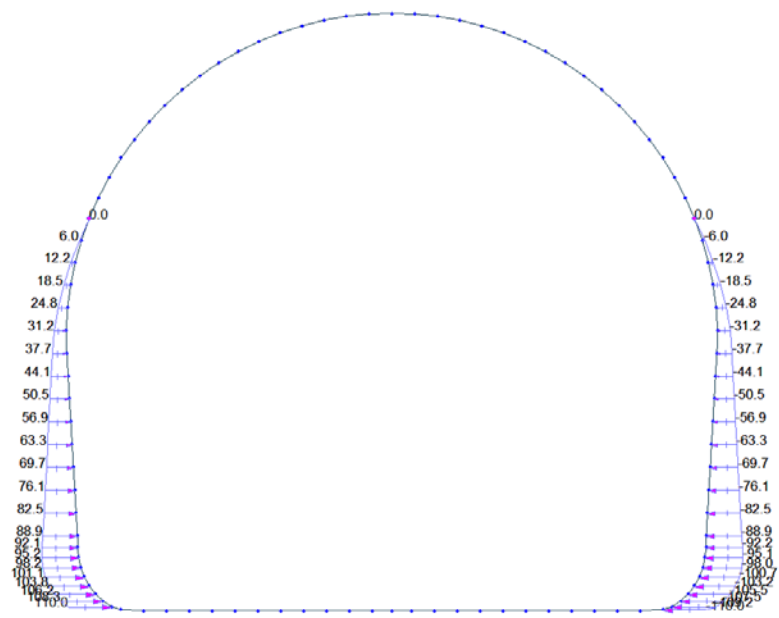


Figure 7 Load G5 B

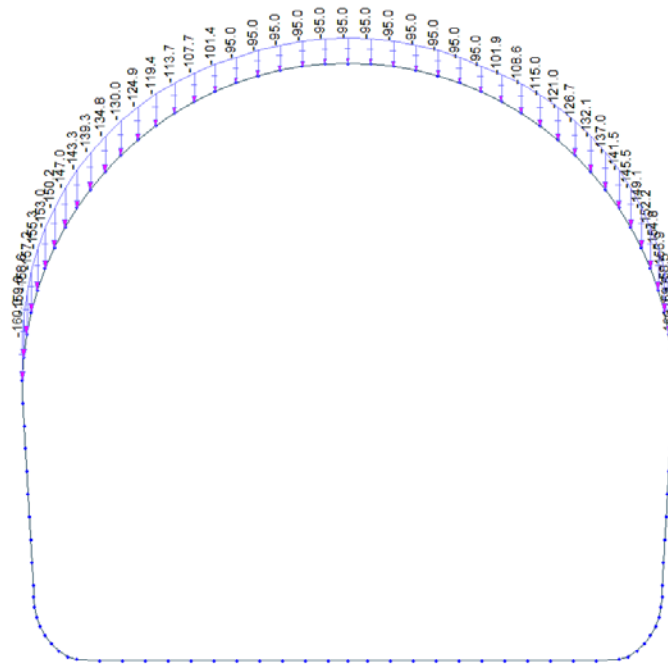


Figure 8 Load G5 C (Verticale)

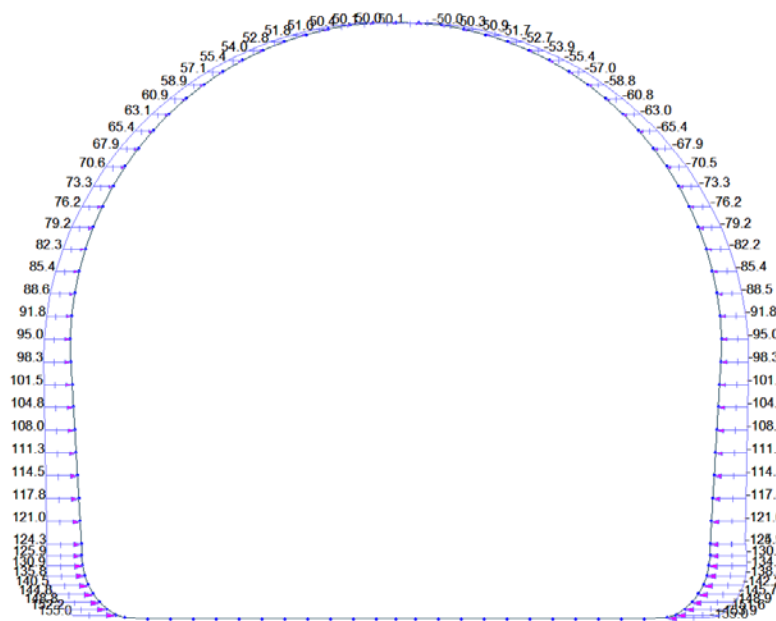


Figure 9 Load G5 C (Orizzontale)

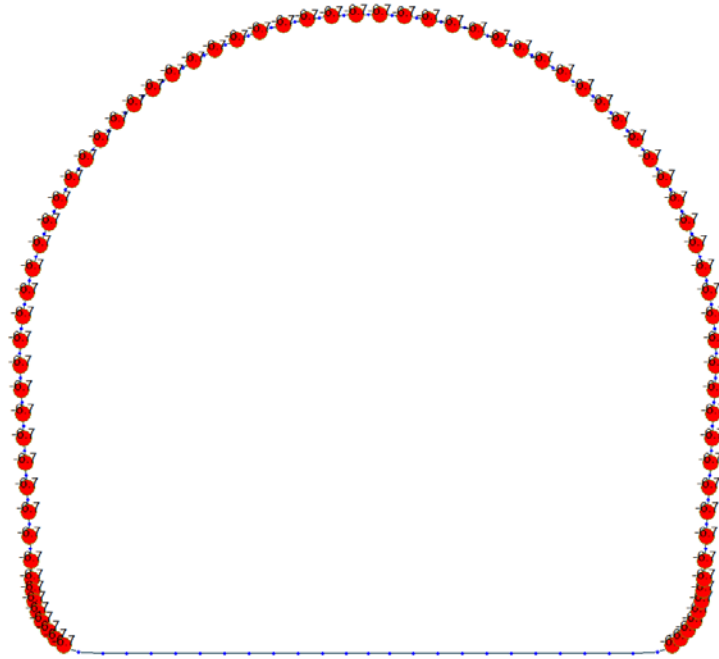


Figure 10 Load G6 SLU

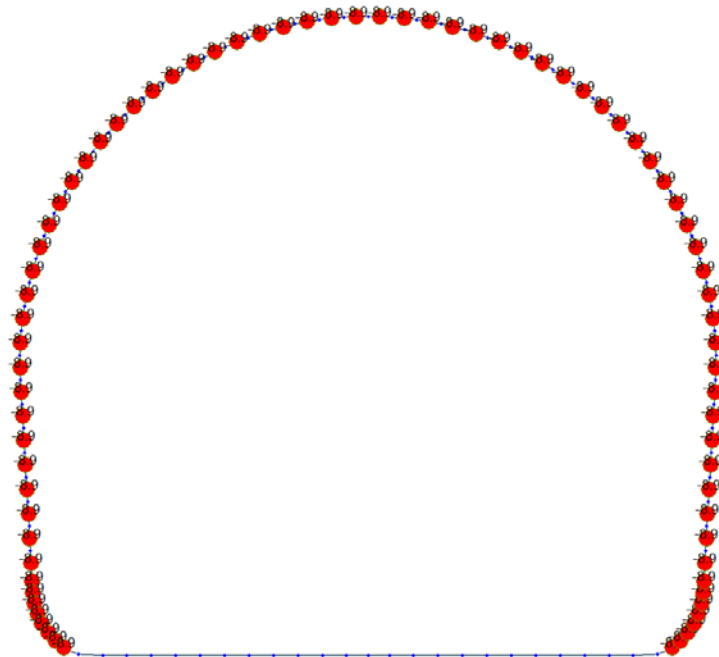


Figure 11 Load G6 SLE

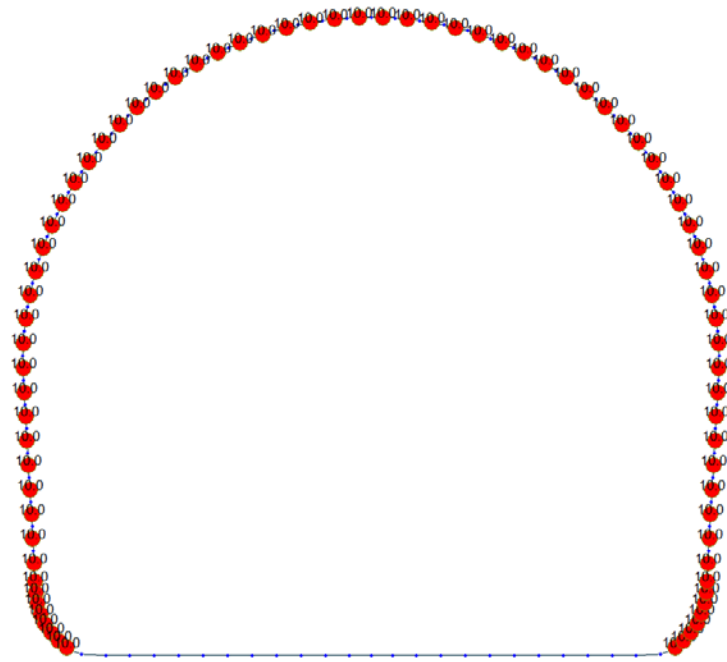


Figure 12 Q1 E (Constant temperature)

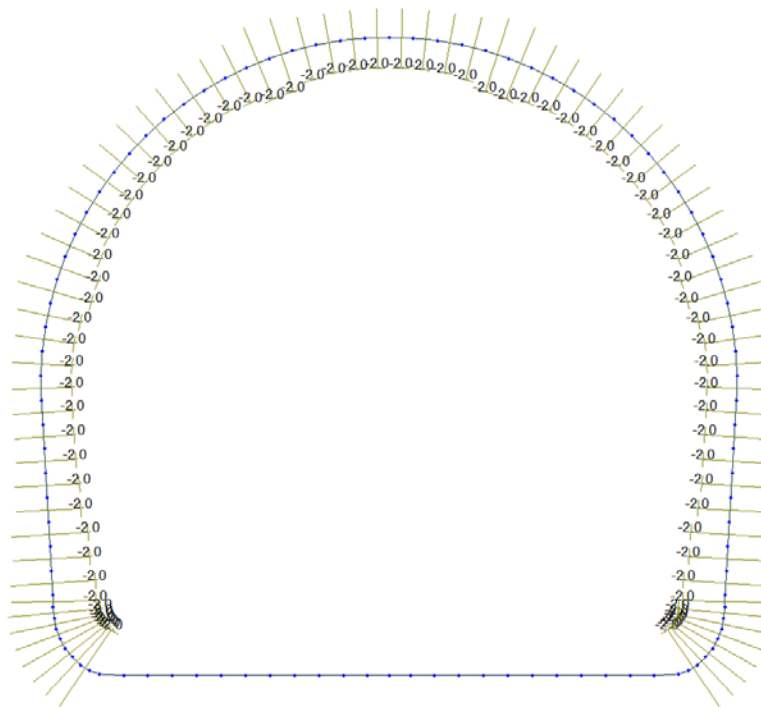


Figure 13 Load Q1 E (Temperature gradient)

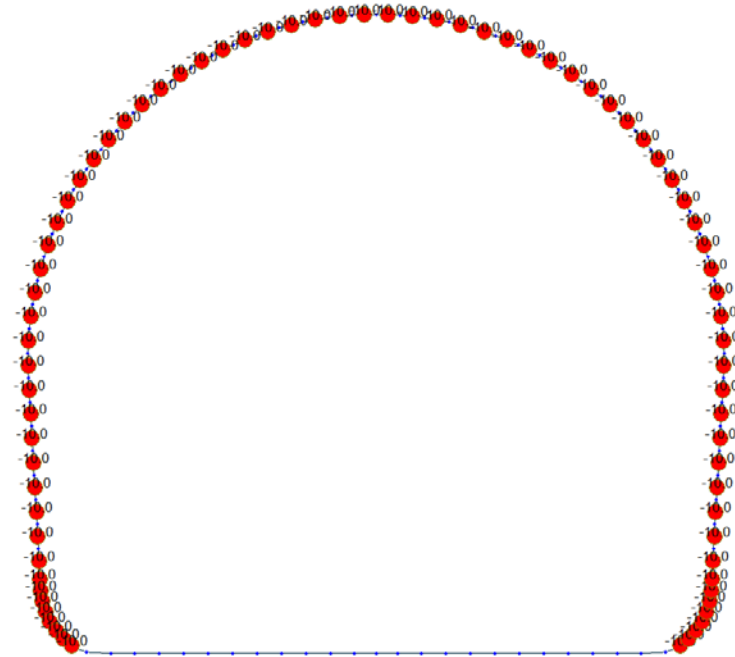


Figure 14 Load Q1 I (Constant temperature)

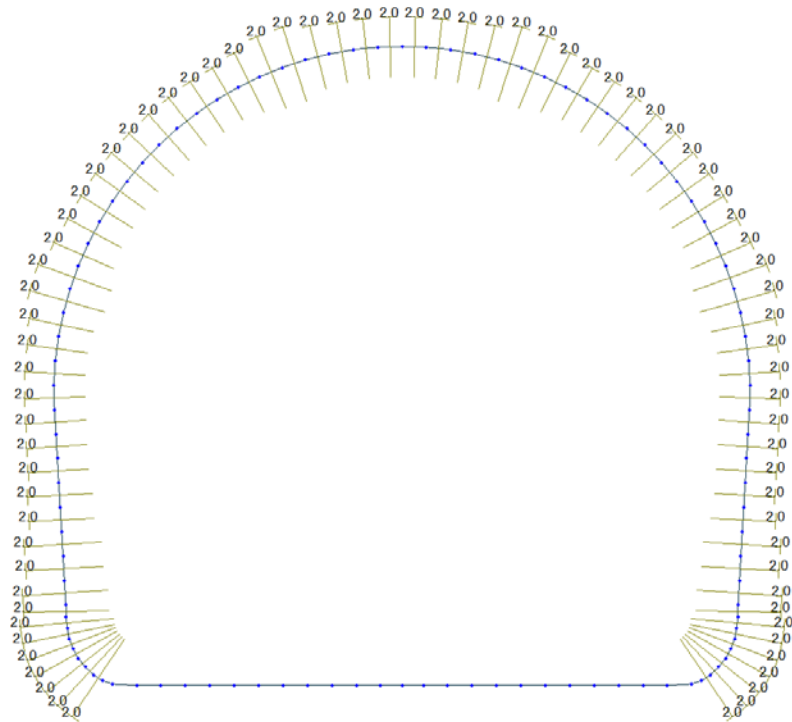


Figure 15 Load Q1 I (Temperature gradient)

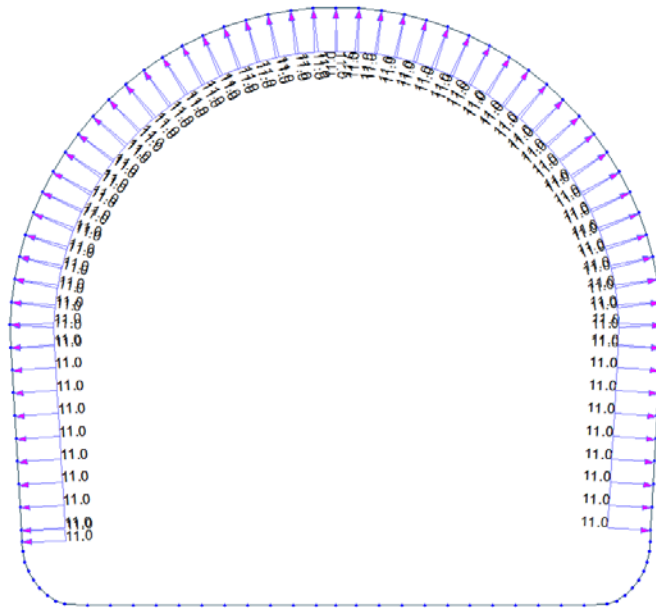


Figure 16 Load A1 Aspiration

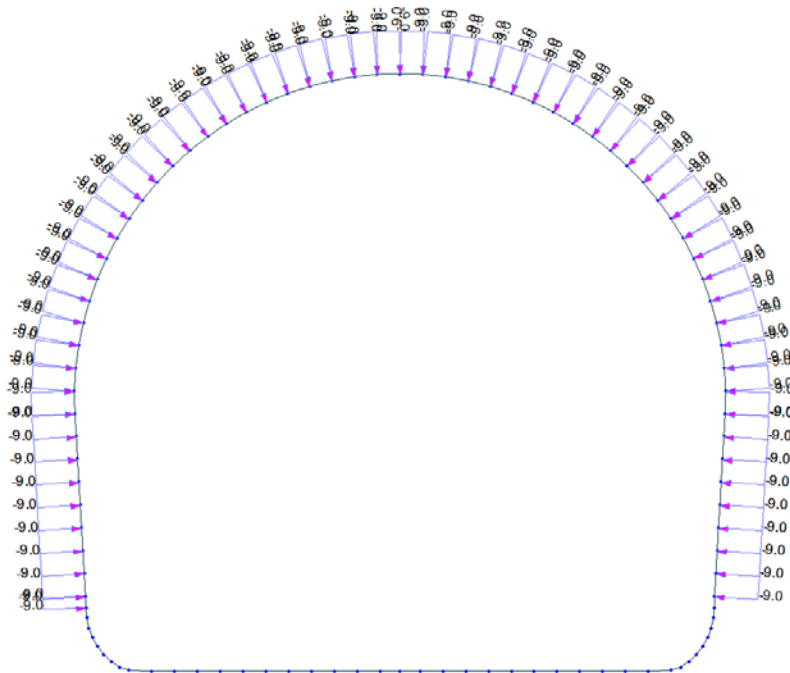


Figure 17 Load A Pression

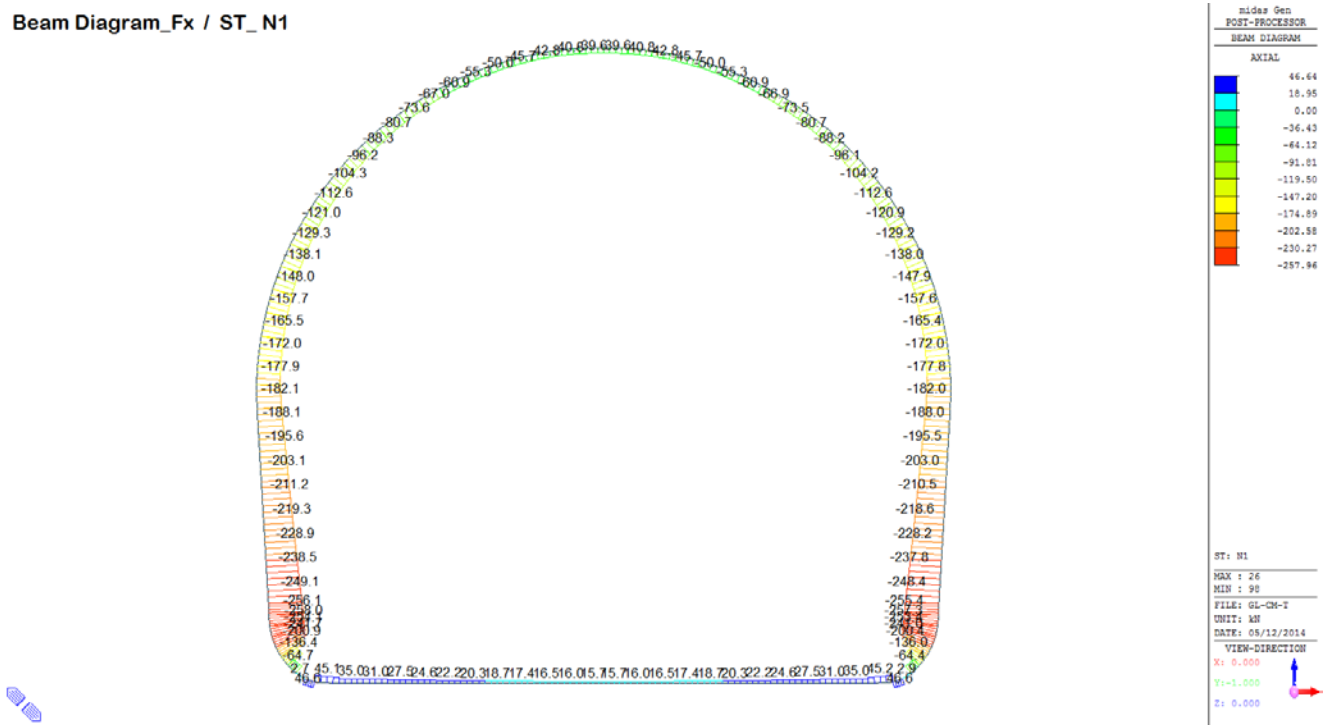
A.6.3. Load combinations

NUM	NAME	ACTIVE	TYPE	LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR)
1	1	Inactive	Add	G1(1.350) +	Q1 - E(1.500)	
2	2	Inactive	Add	G1(1.350) +	G6 - SLU(1.000) +	Q1 - I(1.500)
3	5 A	Inactive	Add	G1(1.350) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.350) + Q1 - E(1.500)	G5 - C (Verticale)(1.350)
4	5 B	Inactive	Add	G1(1.350) + + G5 - C (Orizzontale)(1.350) +	G5 - A(1.350) + Q1 - E(1.500)	G5 - C (Verticale)(1.000)
5	6 A	Inactive	Add	G1(1.350) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.350) + G6 - SLU(1.000) +	G5 - C (Verticale)(1.350) Q1 - I(1.500)
6	6 B	Inactive	Add	G1(1.350) + + G5 - C (Orizzontale)(1.350) +	G5 - A(1.350) + G6 - SLU(1.000) +	G5 - C (Verticale)(1.000) Q1 - I(1.500)
7	6 C	Inactive	Add	G1(1.350) + + Q1 - I(1.500)	G5 - B(1.350) +	G6 - SLU(1.000)
8	11	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + Q1 - E(0.600) +	G5 - C (Verticale)(1.000) A1 - P(1.000)
9	12	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + G6 - SLU(1.000) +	G5 - C (Verticale)(1.000) A1 - A(1.000)
10	21	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + Q1 - E(0.600)	G5 - C (Verticale)(1.000)
11	22	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + G6 - SLU(1.000)	G5 - C (Verticale)(1.000)
12	SLE - 1	Inactive	Add	G1(1.000) +	Q1 - E(1.000)	
13	SLE - 2	Inactive	Add	G1(1.000) +	G6 - SLE(1.000) +	Q1 - I(1.000)
14	SLE - 5A	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + Q1 - E(1.000)	G5 - C (Verticale)(1.000)
15	SLE - 5B	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + Q1 - E(1.000)	G5 - C (Verticale)(1.000)
16	SLE - 6A	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + G6 - SLE(1.000) +	G5 - C (Verticale)(1.000) Q1 - I(1.000)
17	SLE - 6B	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + G6 - SLE(1.000) +	G5 - C (Verticale)(1.000) Q1 - I(1.000)

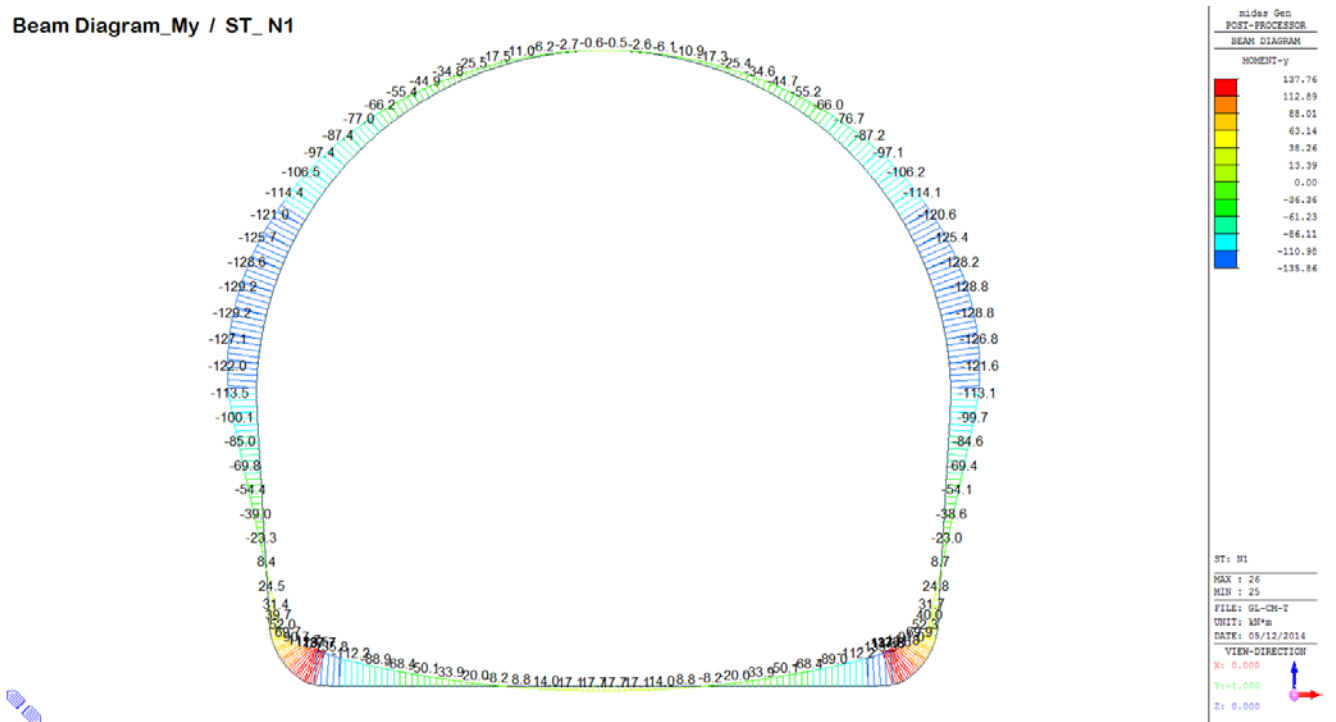
A.6.4. Output and check result for GL-CM-T cross section

A.6.4.1. Load combination SLU 1

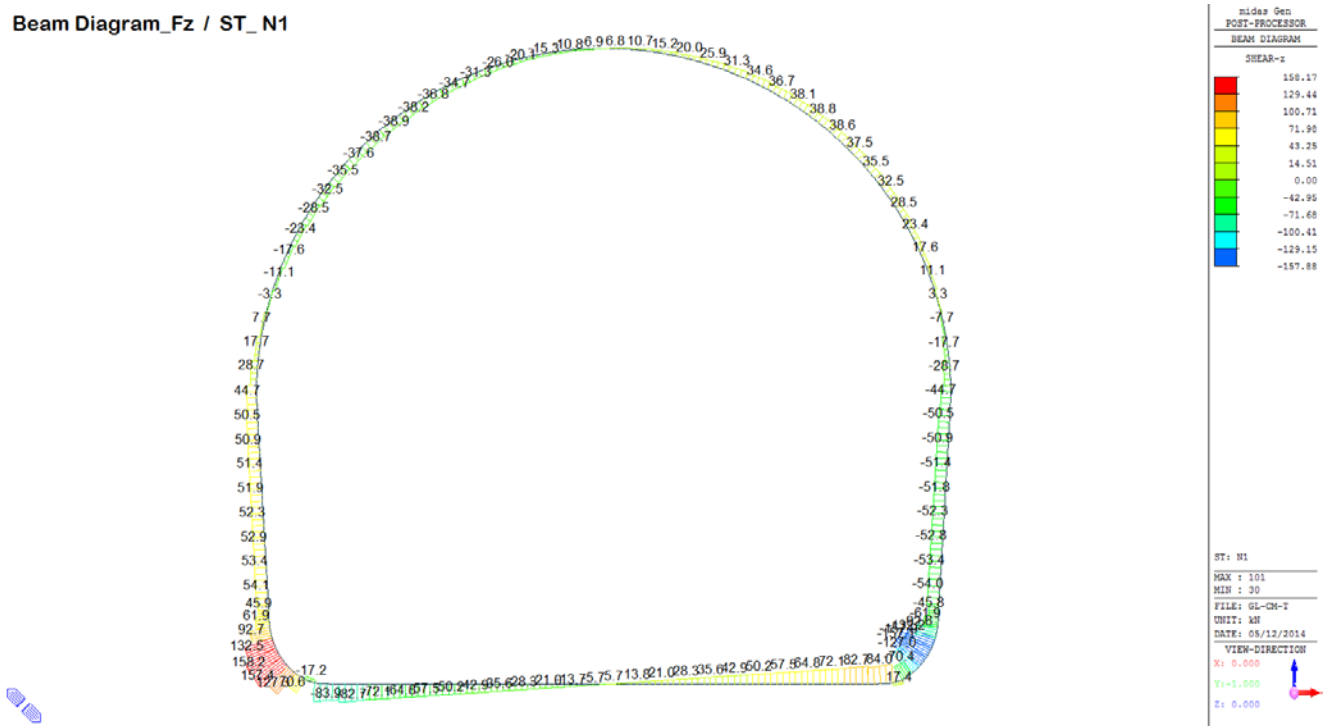
Beam Diagram_Fx / ST_N1



Beam Diagram_My / ST_N1

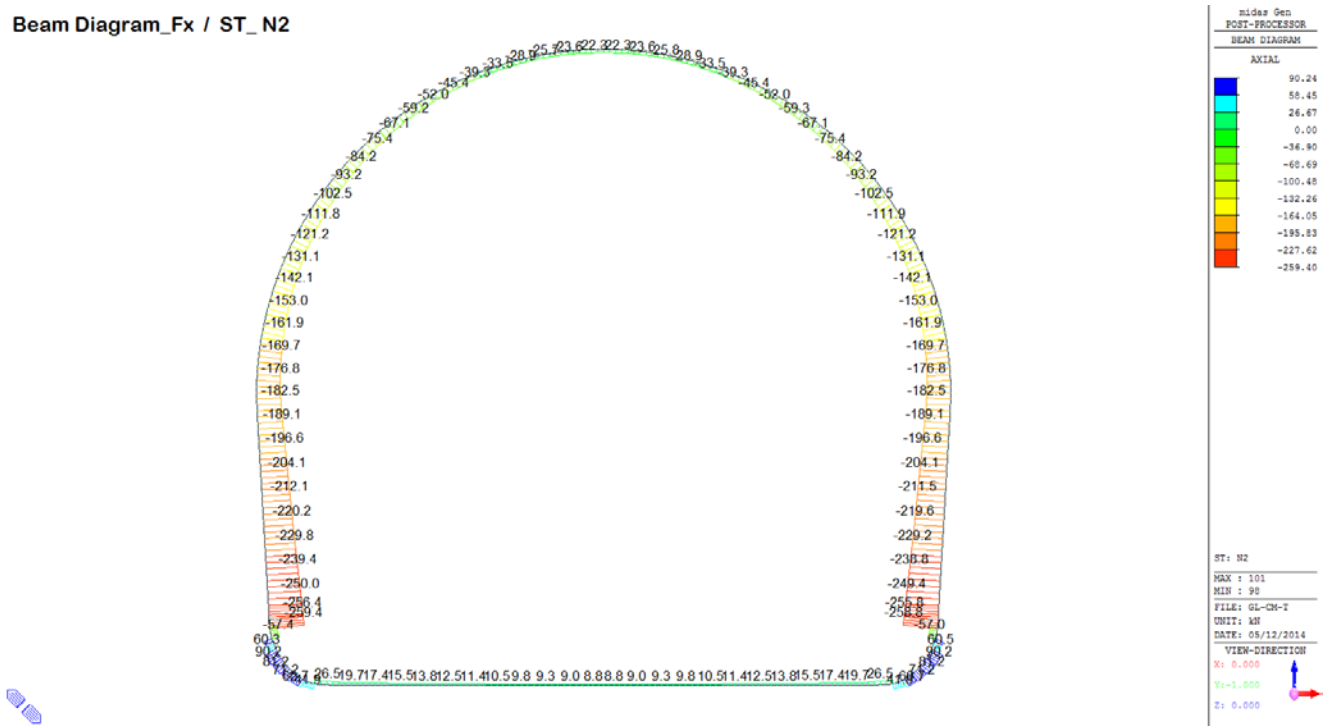


Beam Diagram_Fz / ST_N1

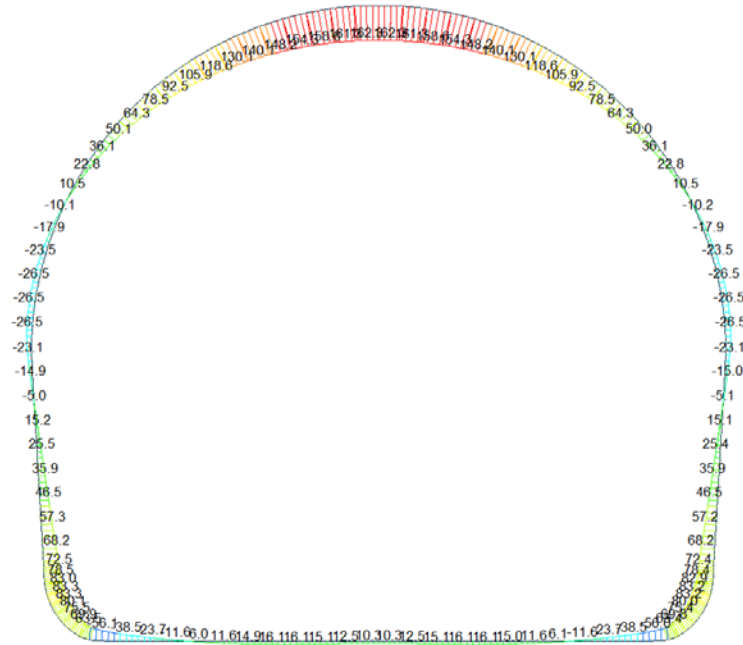


A.6.4.2. Load combination SLU 2

Beam Diagram_Fx / ST_N2



Beam Diagram_My / ST_N2



nidas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

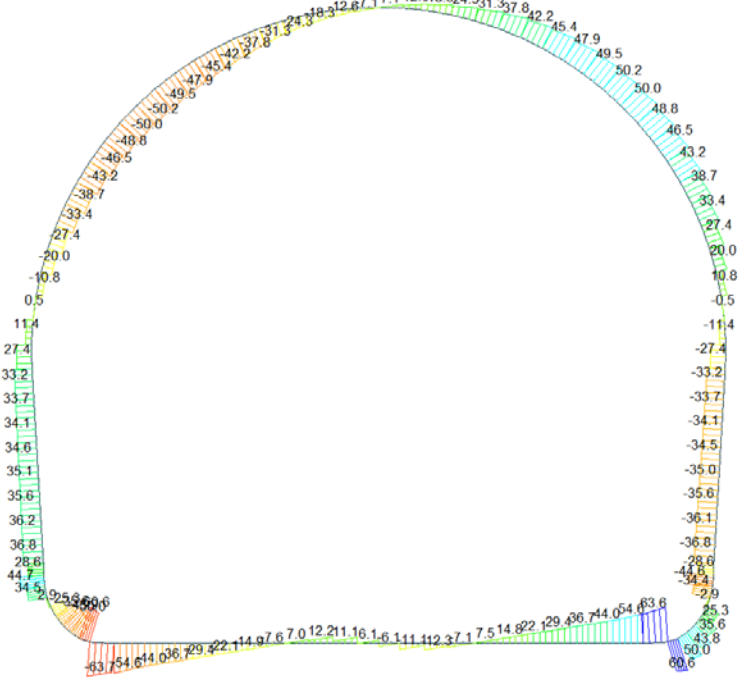
MOMENT-y

142.30
142.45
122.59
102.74
82.89
63.03
43.18
23.33
0.00
-16.38
-36.23
-56.09

ST: N2
MAX : 65
MIN : 2
FILE: GL-CH-T
UNIT: kNm
DATE: 05/12/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N2



nidas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

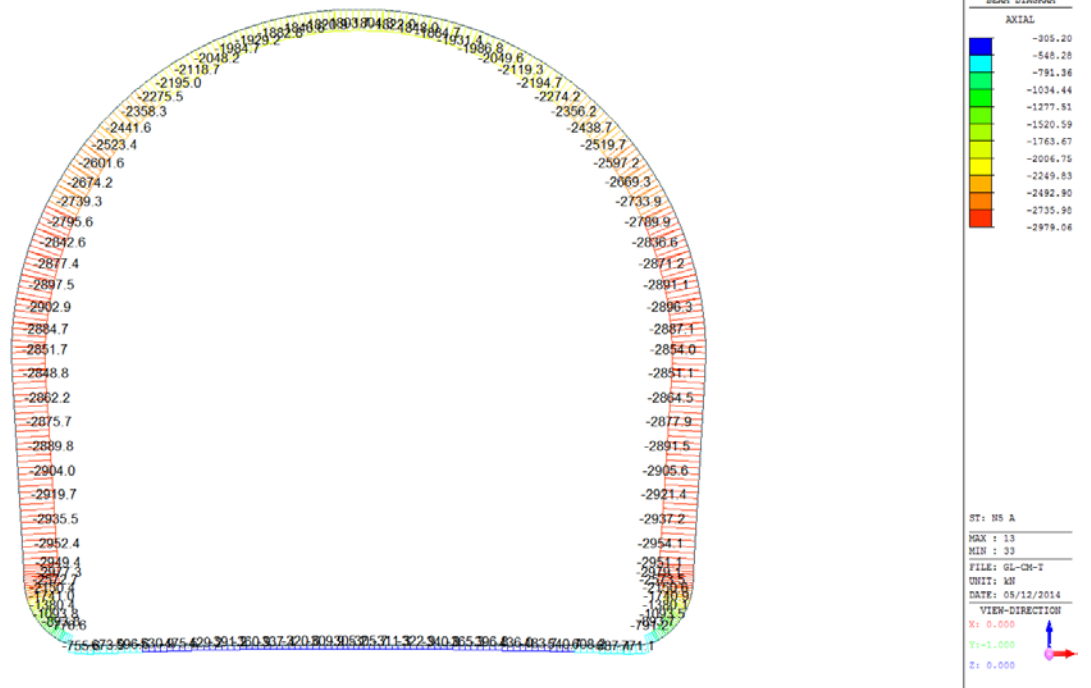
63.64
52.07
40.50
28.92
17.35
0.00
-5.80
-17.38
-28.95
-40.53
-52.10
-63.68

ST: N2
MAX : 25
MIN : 2
FILE: GL-CH-T
UNIT: kN
DATE: 05/12/2014

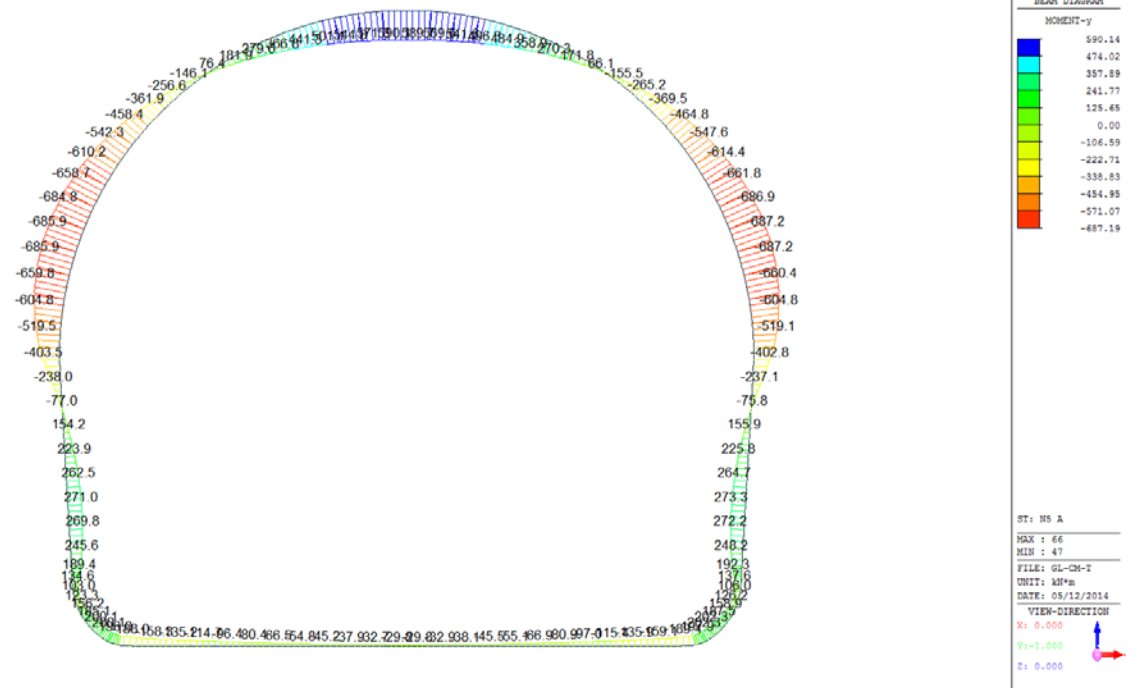
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.6.4.3. Load combination SLU 5 A

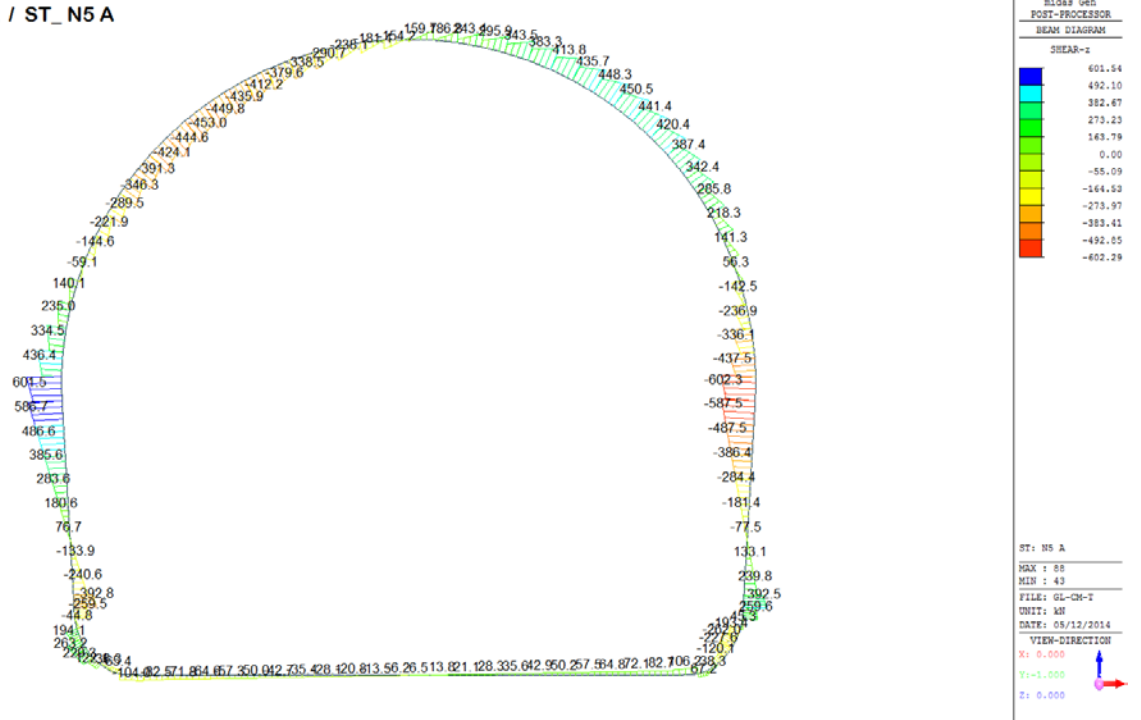
Beam Diagram_Fx / ST_N5 A



Beam Diagram_My / ST_N5 A

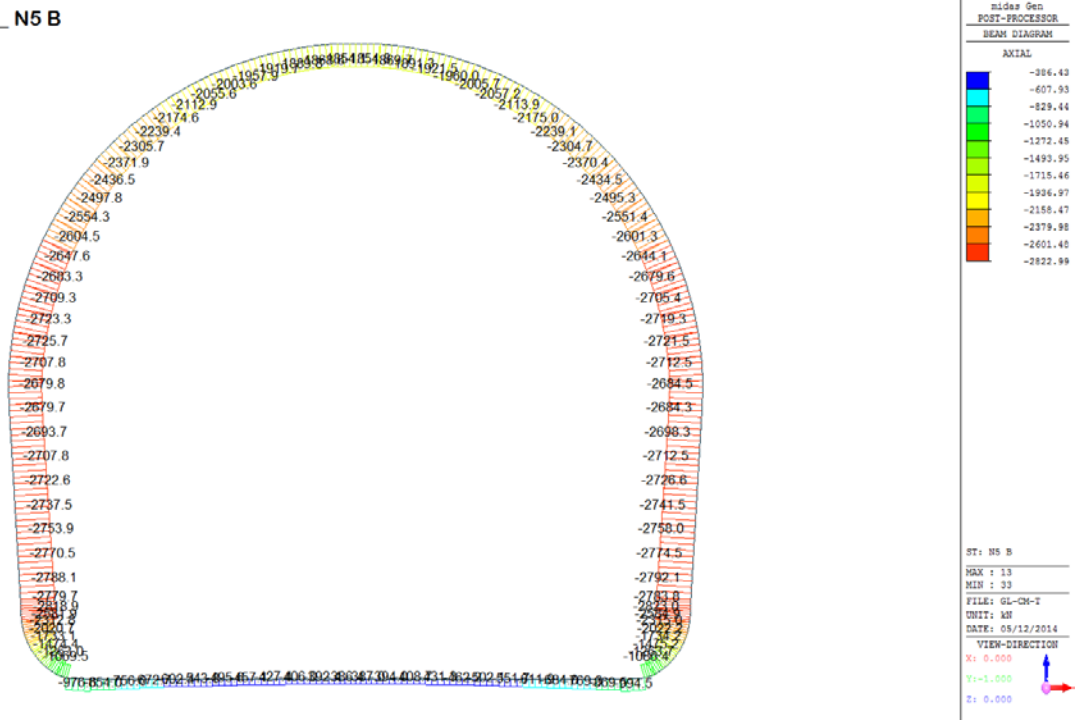


Beam Diagram_Fz / ST_N5 A

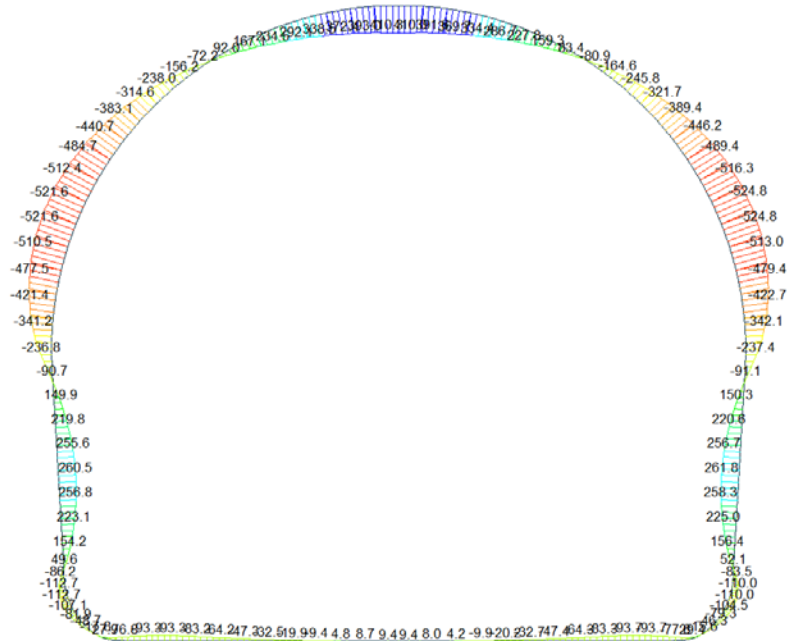


A.6.4.4. Load combination SLU 5 B

Beam Diagram_Fx / ST_N5 B



Beam Diagram_My / ST_N5 B



nidas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

410.32
325.31
240.30
155.29
70.28
0.00
-99.73
-184.74
-269.75
-354.76
-439.77
-524.78

ST: NS B

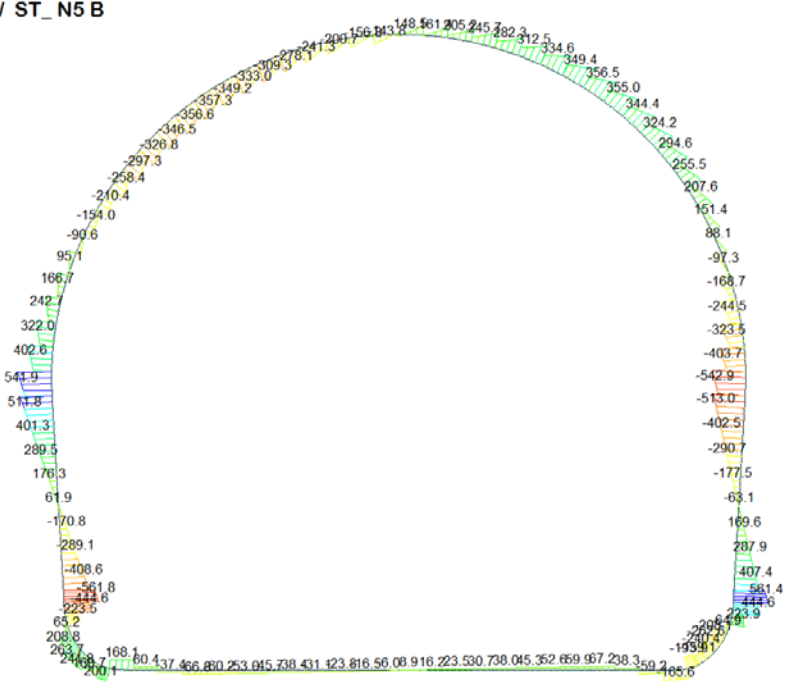
MAX : 66
MIN : 49

FILE: GL-CH-T
UNIT: kNm
DATE: 05/12/2014

VIEW-DIRECTION

X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N5 B



nidas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

561.37
459.26
357.15
255.05
152.94
0.00
-51.28
-153.39
-255.50
-357.60
-459.71
-561.82

ST: NS B

MAX : 34
MIN : 97

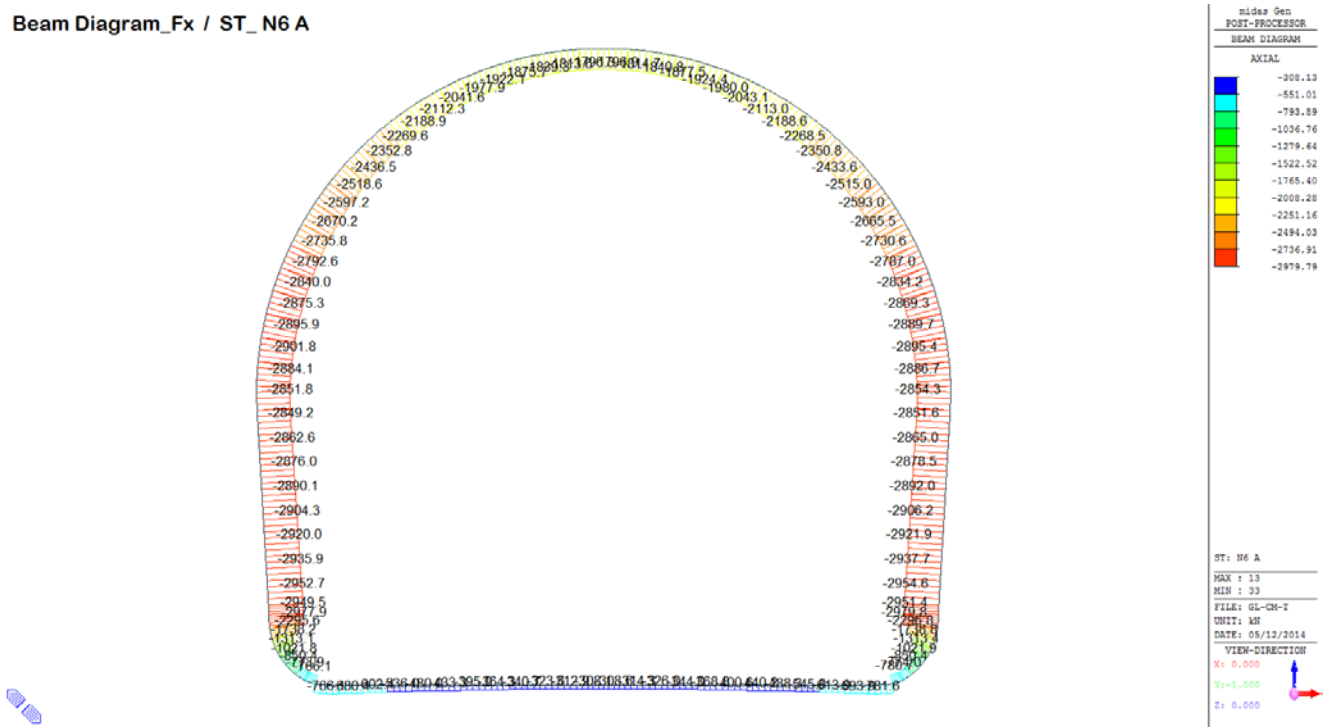
FILE: GL-CH-T
UNIT: kN
DATE: 05/12/2014

VIEW-DIRECTION

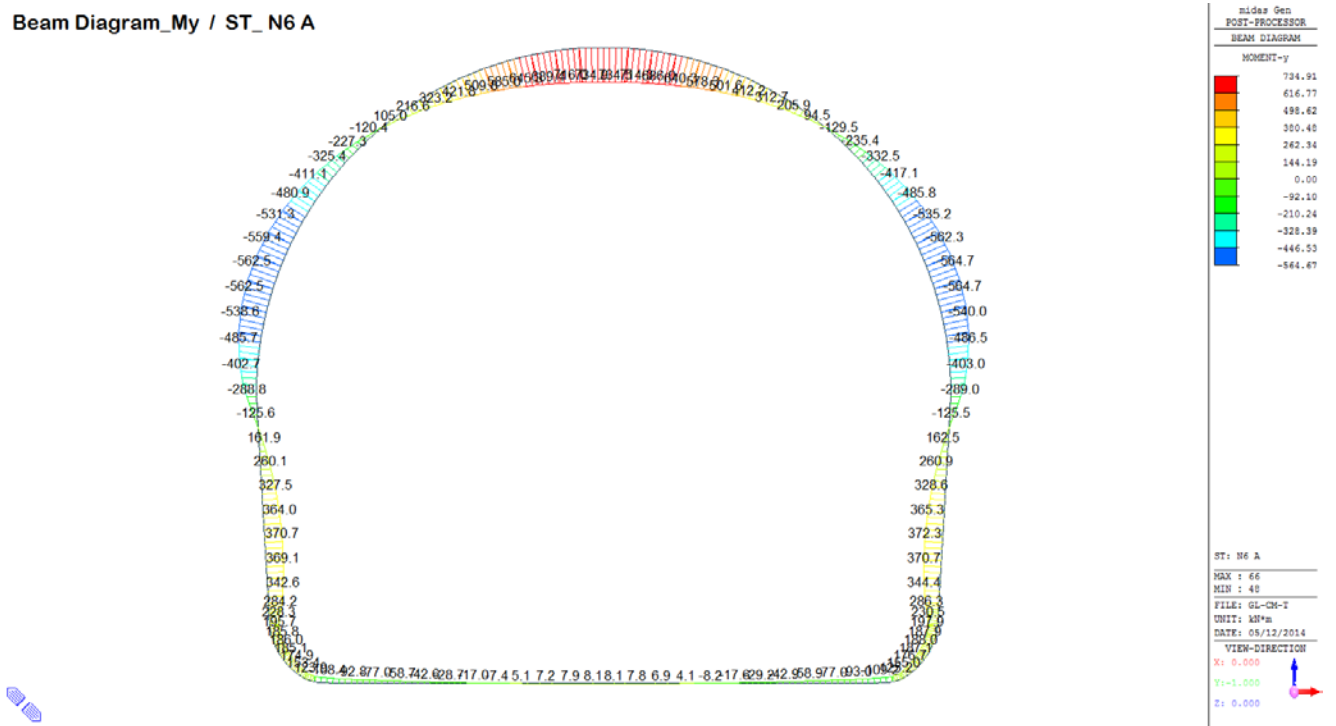
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.6.4.5. Load combination SLU 6 A

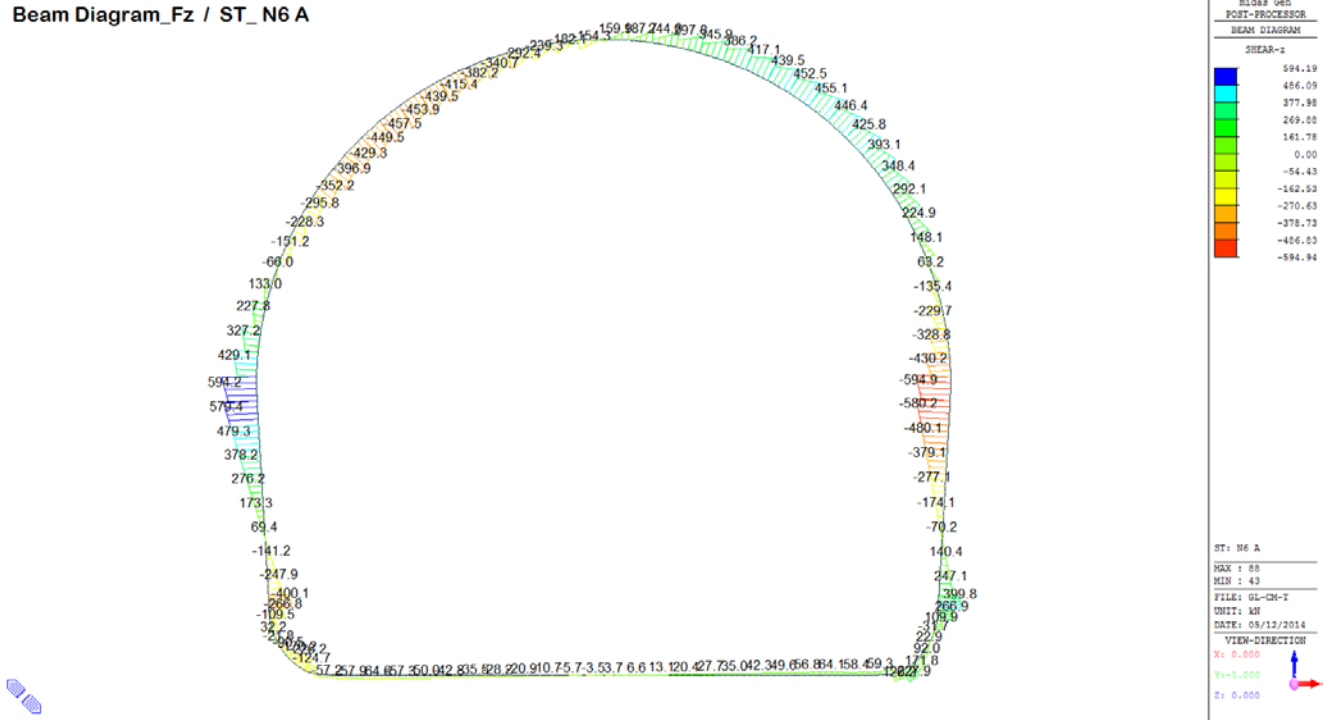
Beam Diagram_Fx / ST_N6 A



Beam Diagram_My / ST_N6 A

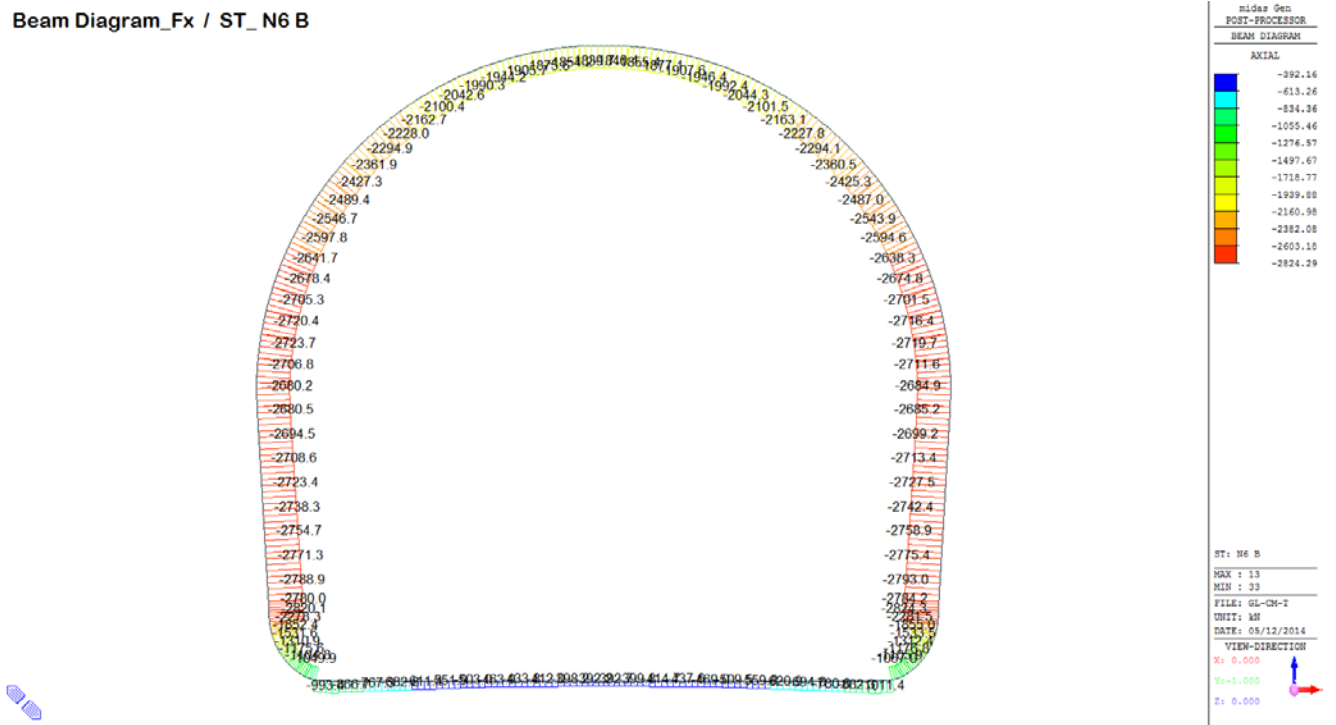


Beam Diagram_Fz / ST_N6 A

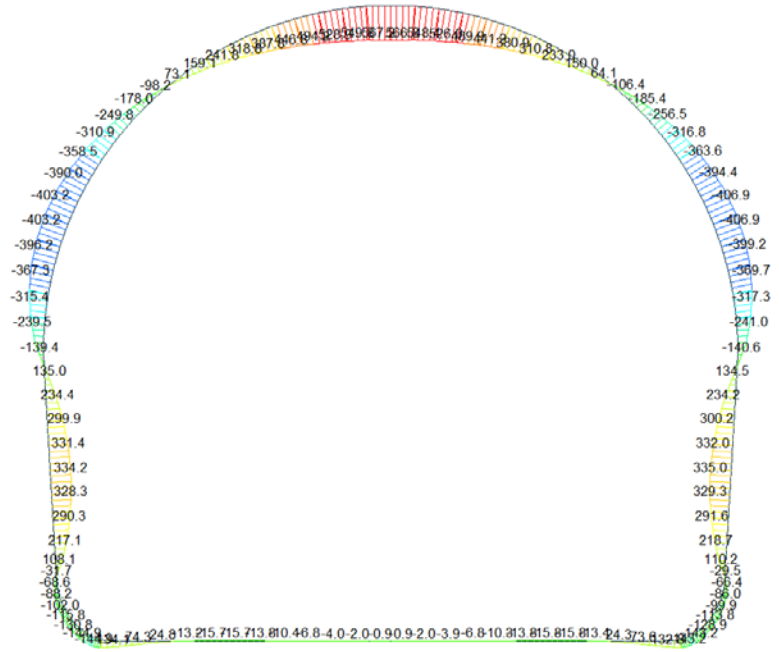


A.6.4.6. Load combination SLU 6 B

Beam Diagram_Fx / ST_N6 B



Beam Diagram_My / ST_N6 B



nidas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

567.20
478.65
390.10
301.55
213.00
124.44
0.00
-52.66
-141.21
-229.76
-310.32
-406.87

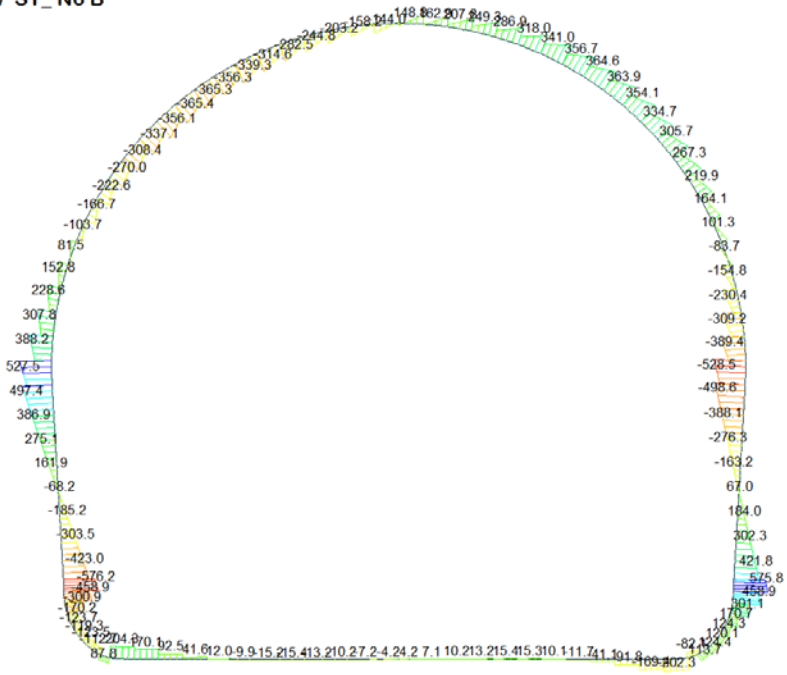
ST: N6 B

MAX : 66
MIN : 49

FILE: GL-CH-T
UNIT: kNm
DATE: 05/12/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N6 B



nidas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

575.76
471.04
366.31
261.59
156.86
0.00
-52.59
-157.31
-262.04
-366.77
-471.49
-576.22

ST: N6 B

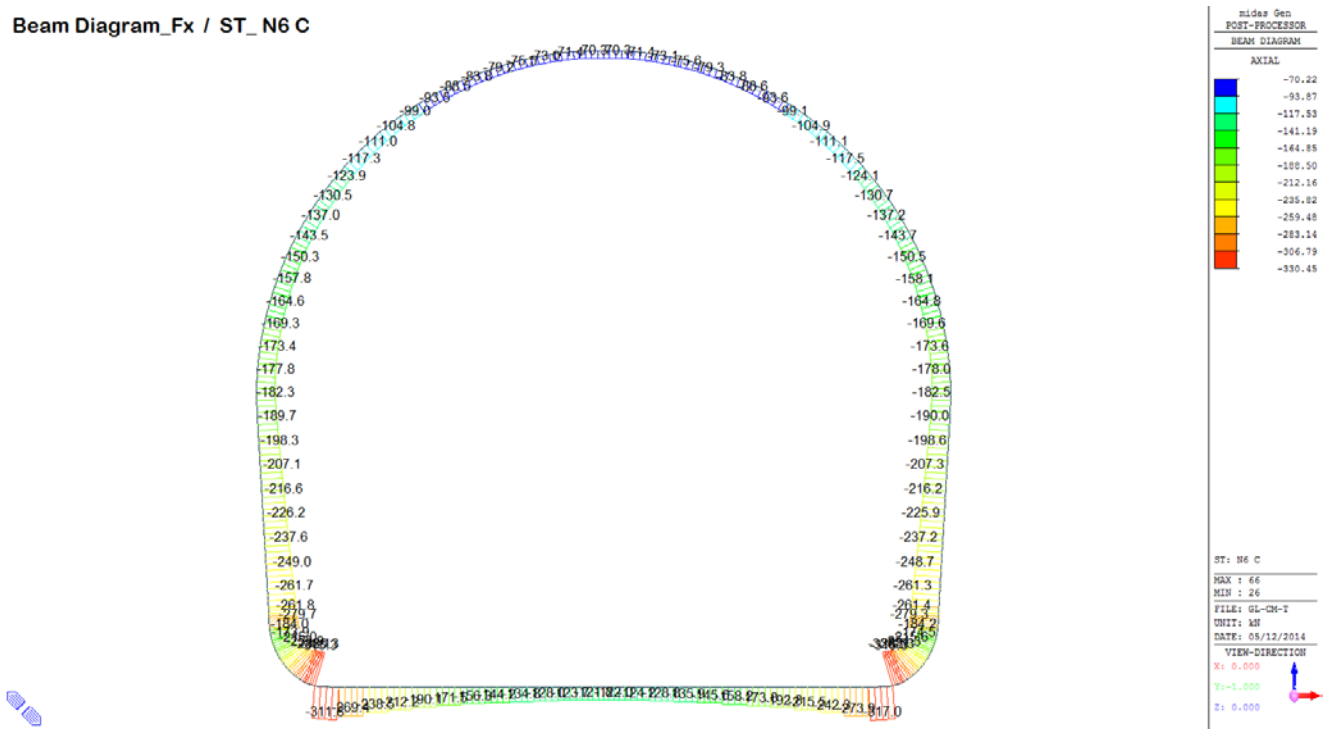
MAX : 34
MIN : 97

FILE: GL-CH-T
UNIT: kN
DATE: 05/12/2014

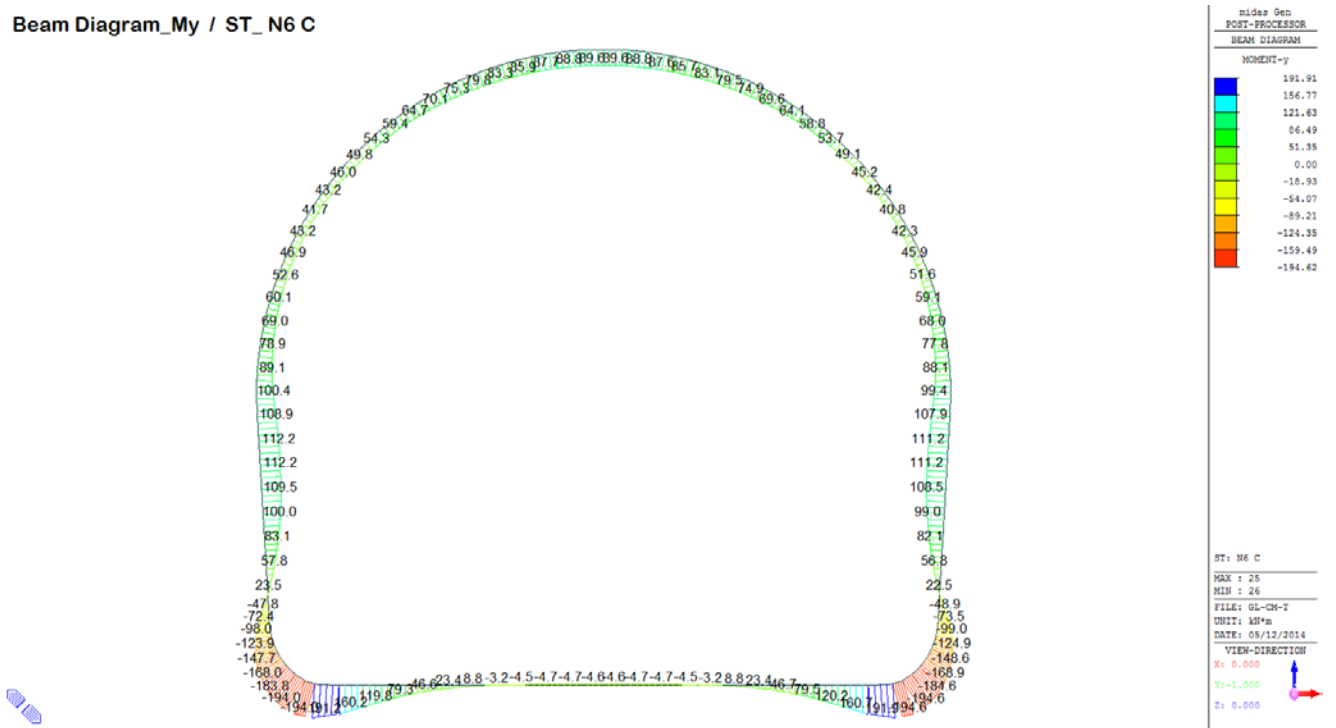
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.6.4.7. Load combination SLU 6 C

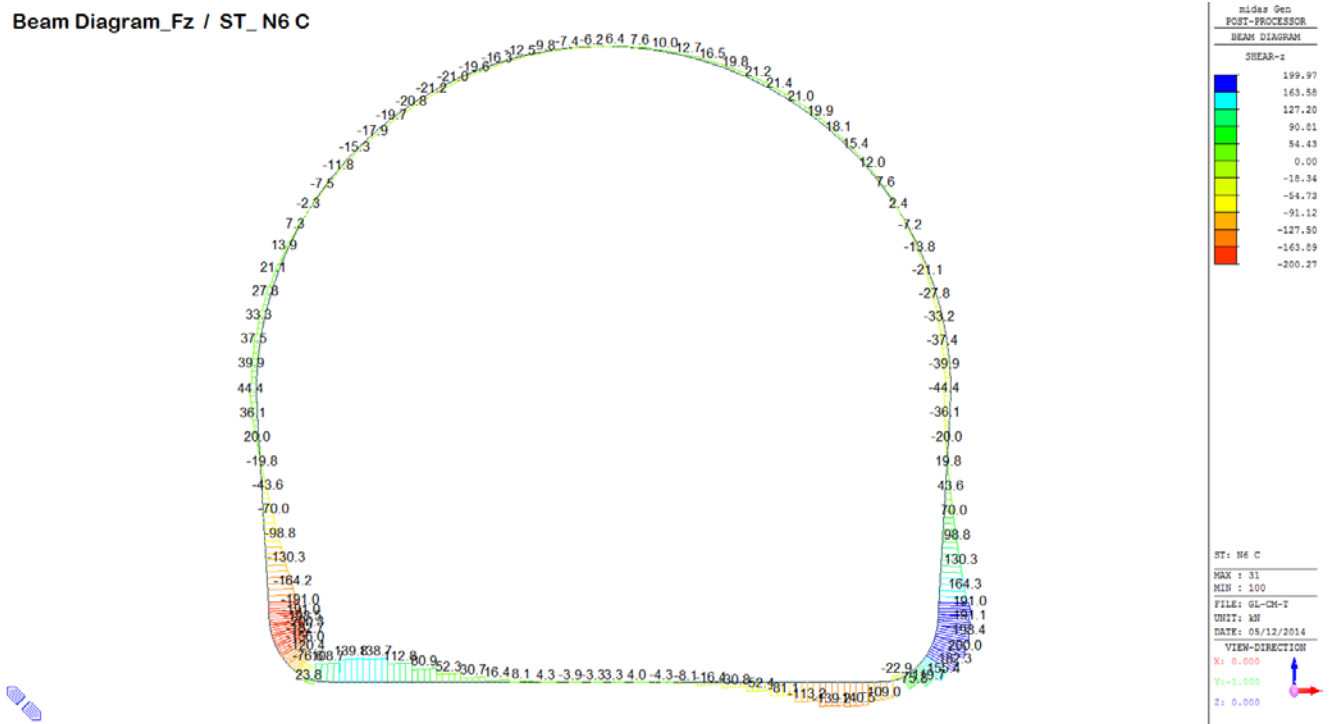
Beam Diagram_Fx / ST_N6 C



Beam Diagram_My / ST_N6 C

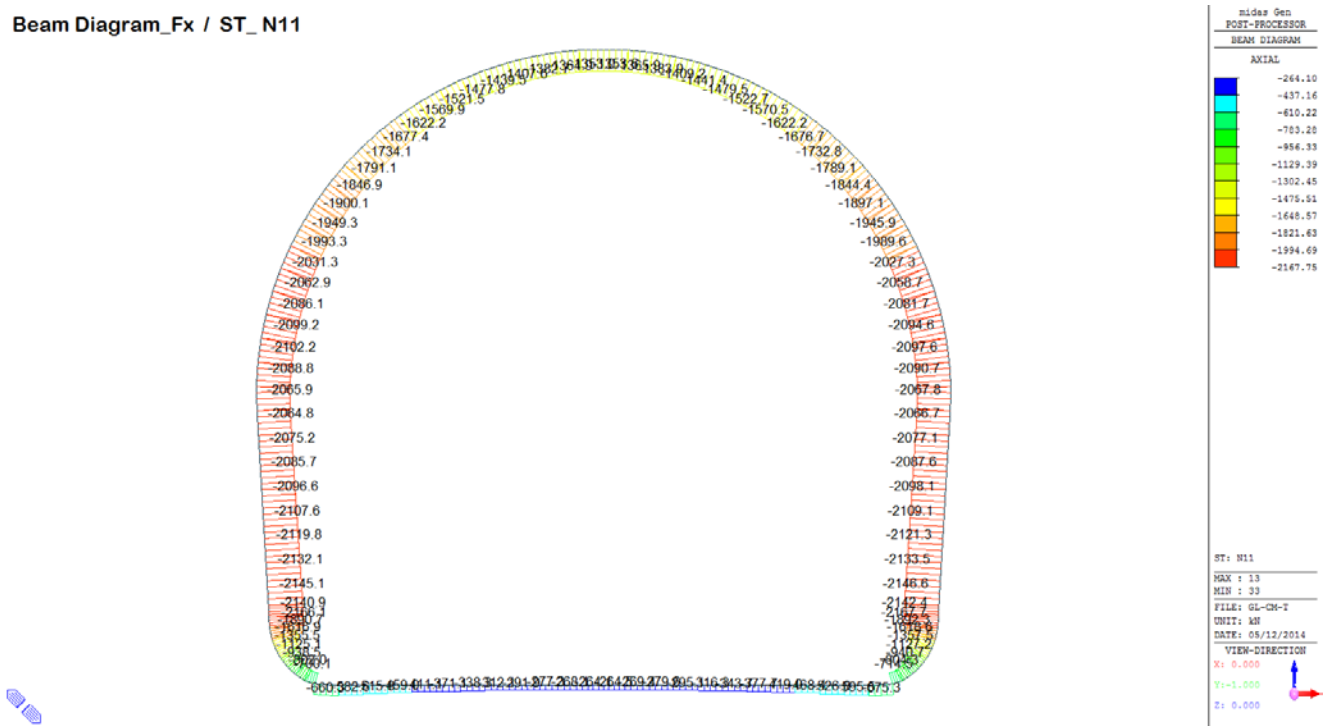


Beam Diagram_Fz / ST_N6 C

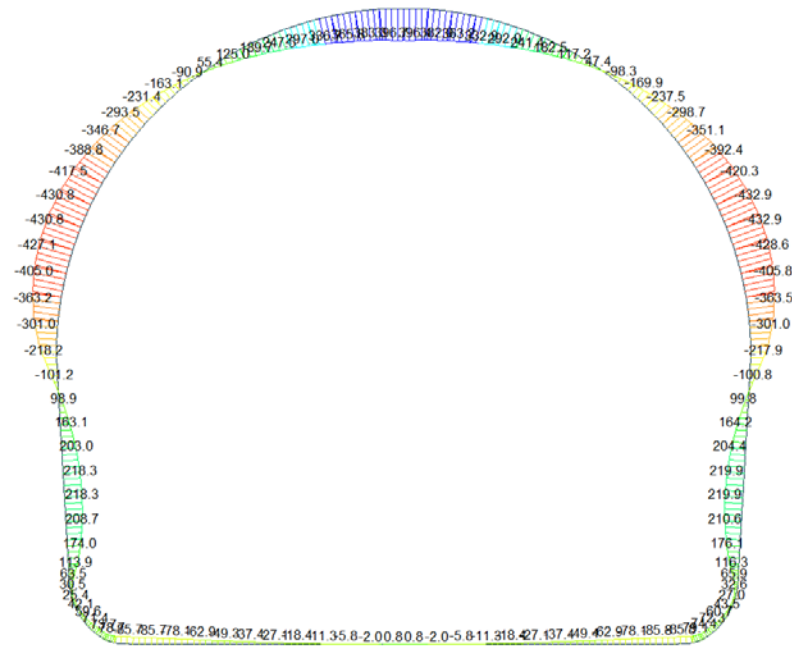


A.6.4.8. Load combination SLU 11

Beam Diagram_Fx / ST_N11



Beam Diagram_My / ST_N11



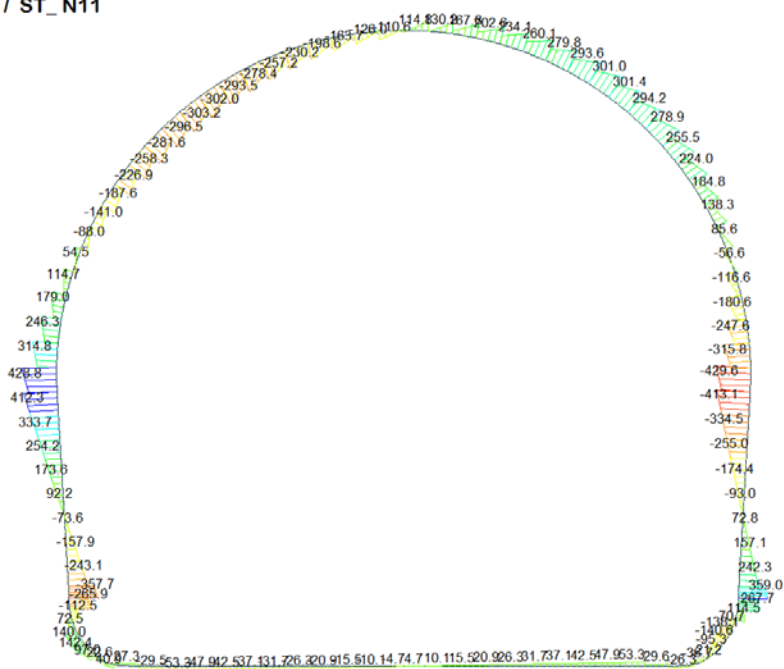
nidas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

396.74
321.31
245.89
170.46
95.04
0.00
-55.81
-131.24
-206.66
-282.09
-357.51
-432.94

ST: N11
MAX : 66
MIN : 48
FILE: GL-CH-T
UNIT: kNm
DATE: 05/12/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N11



nidas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

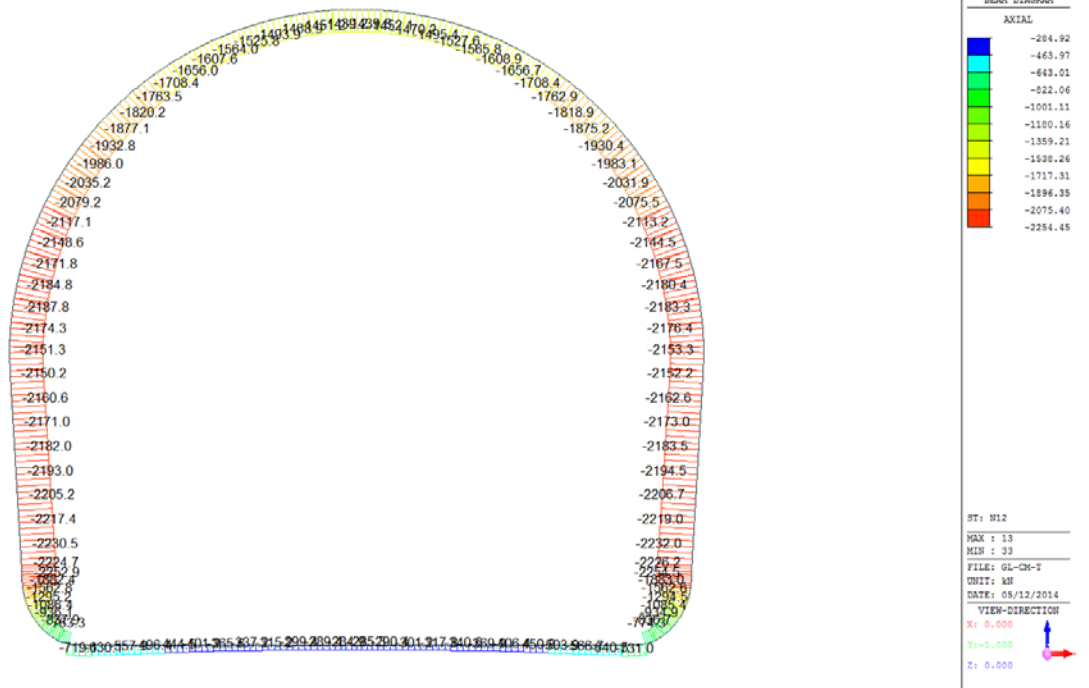
SHEAR-z

428.84
350.80
272.77
194.73
116.69
0.00
-39.38
-117.42
-195.46
-273.50
-351.54
-429.57

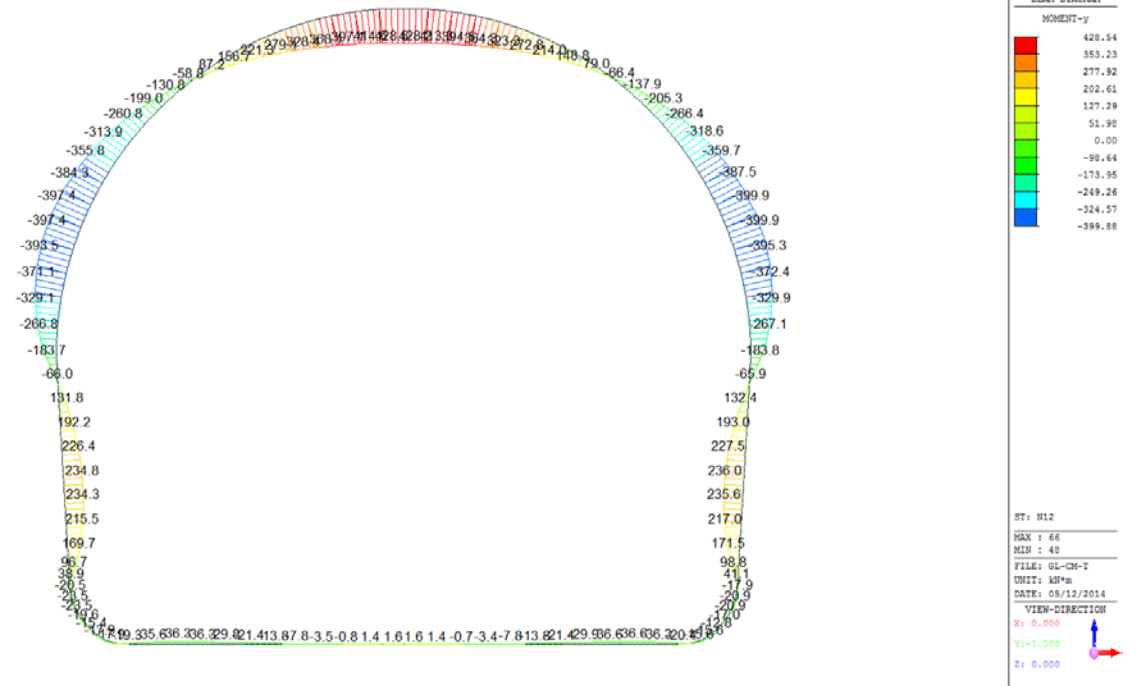
ST: N11
MAX : 88
MIN : 43
FILE: GL-CH-T
UNIT: kN
DATE: 05/12/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.6.4.9. Load combination SLU 12

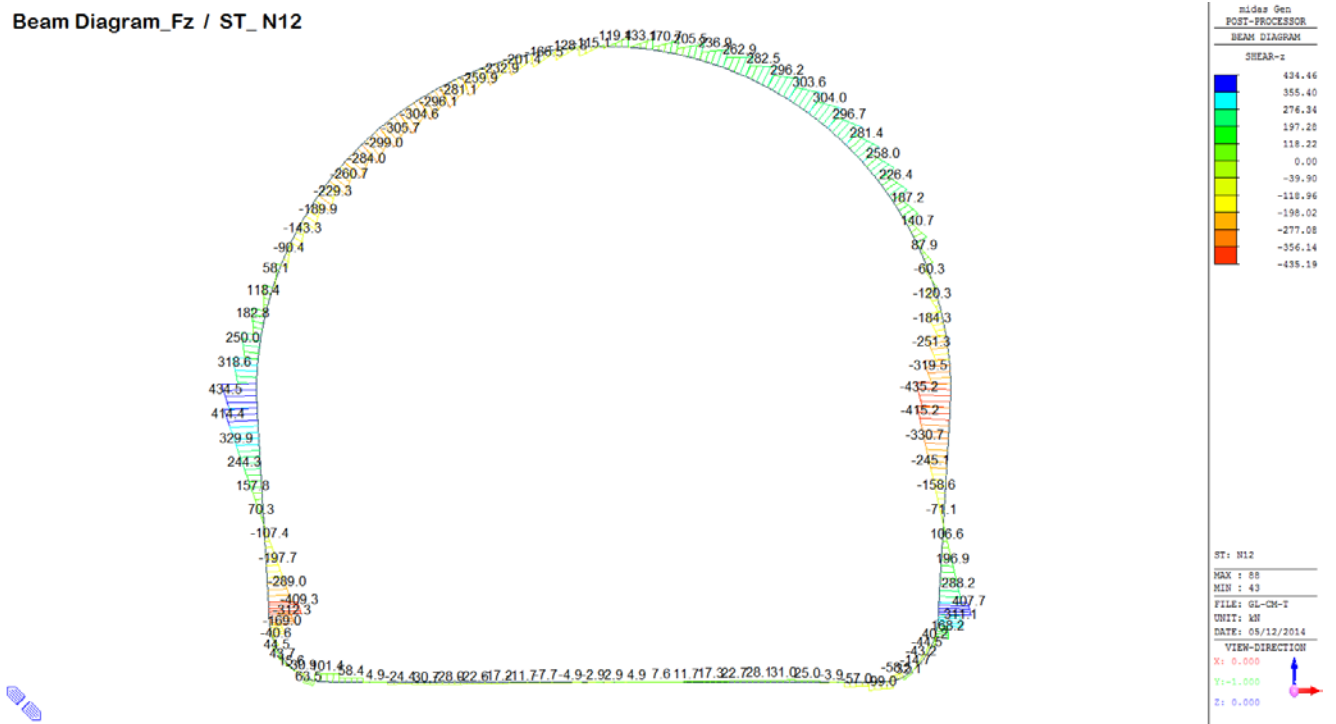
Beam Diagram_Fx / ST_N12



Beam Diagram_My / ST_N12

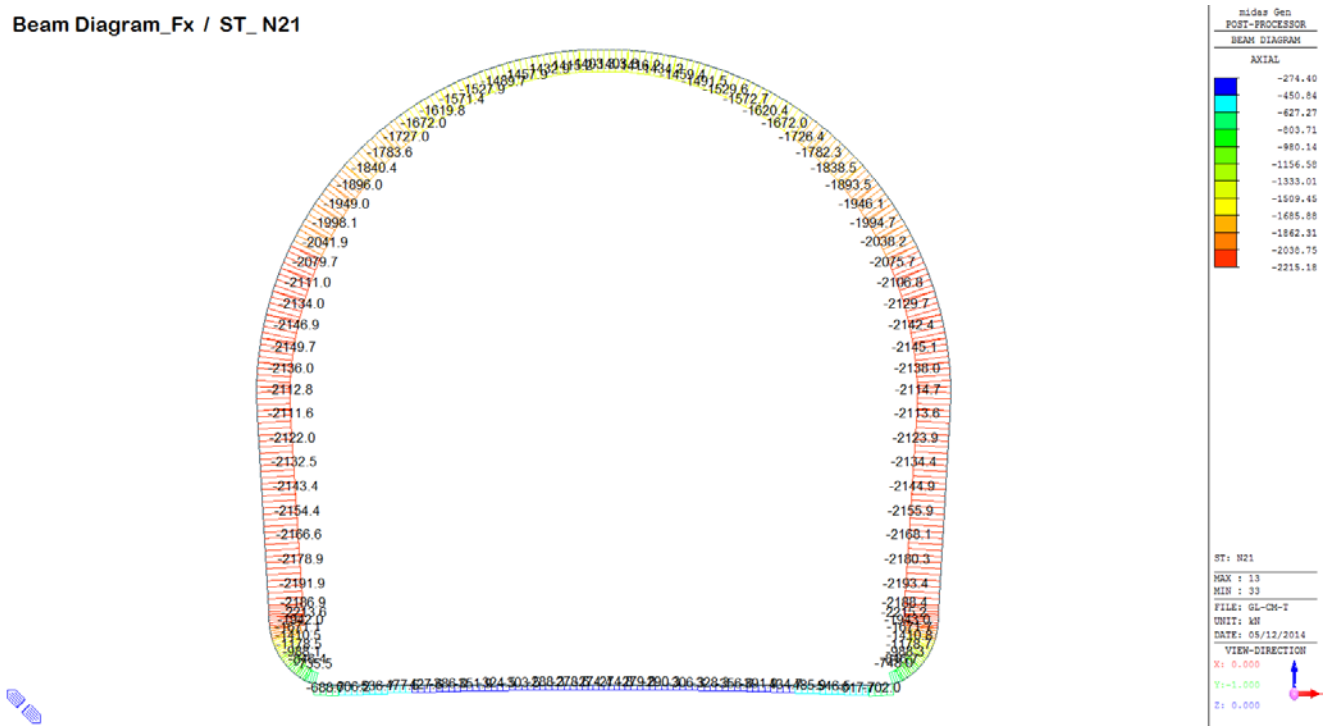


Beam Diagram_Fz / ST_N12

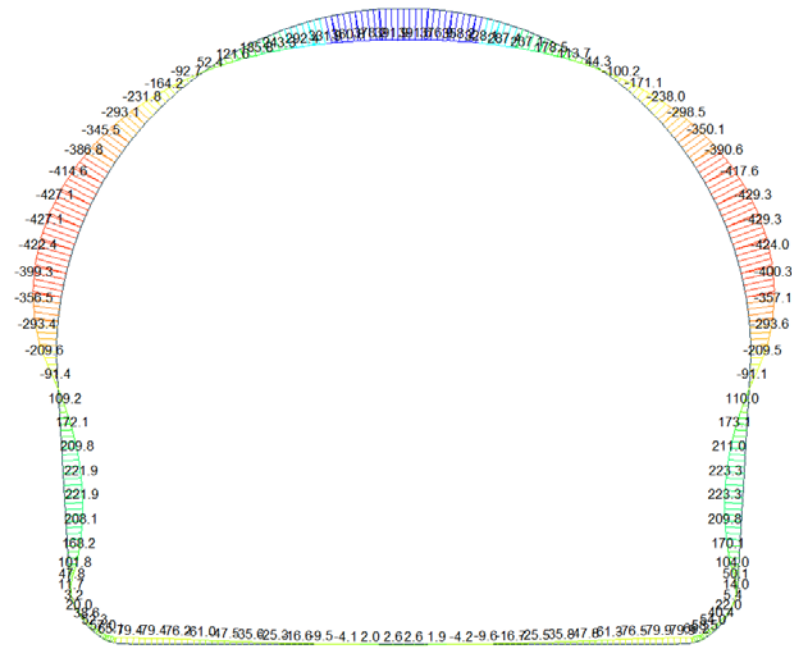


A.6.4.10. Load combination SLU 21

Beam Diagram_Fx / ST_N21



Beam Diagram_My / ST_N21



nidas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

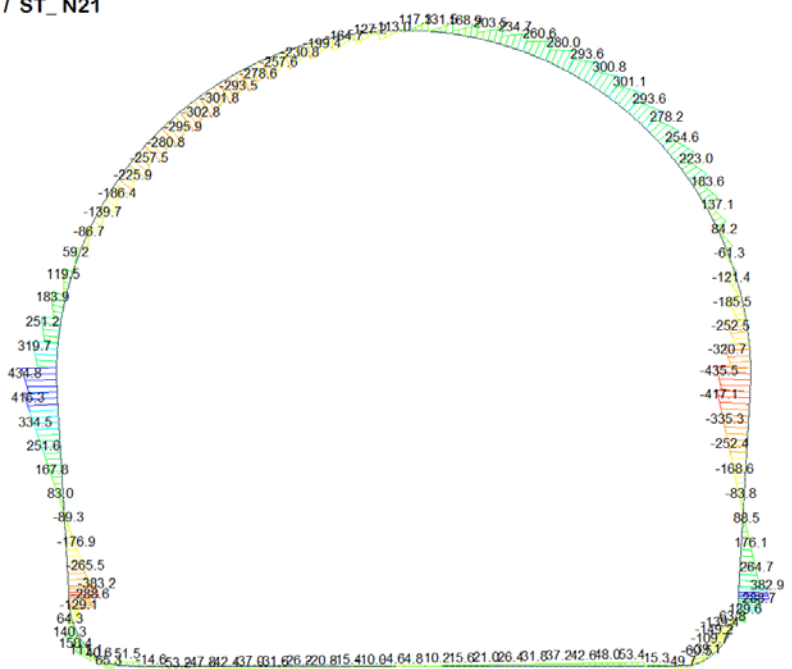
MOMENT-y

391.92
317.26
242.60
167.94
93.28
0.00
-56.03
-130.69
-205.35
-280.01
-354.66
-429.32

ST: N21
MAX : 66
MIN : 48
FILE: GL-CH-T
UNIT: kNm
DATE: 05/12/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N21



nidas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

Shear-z

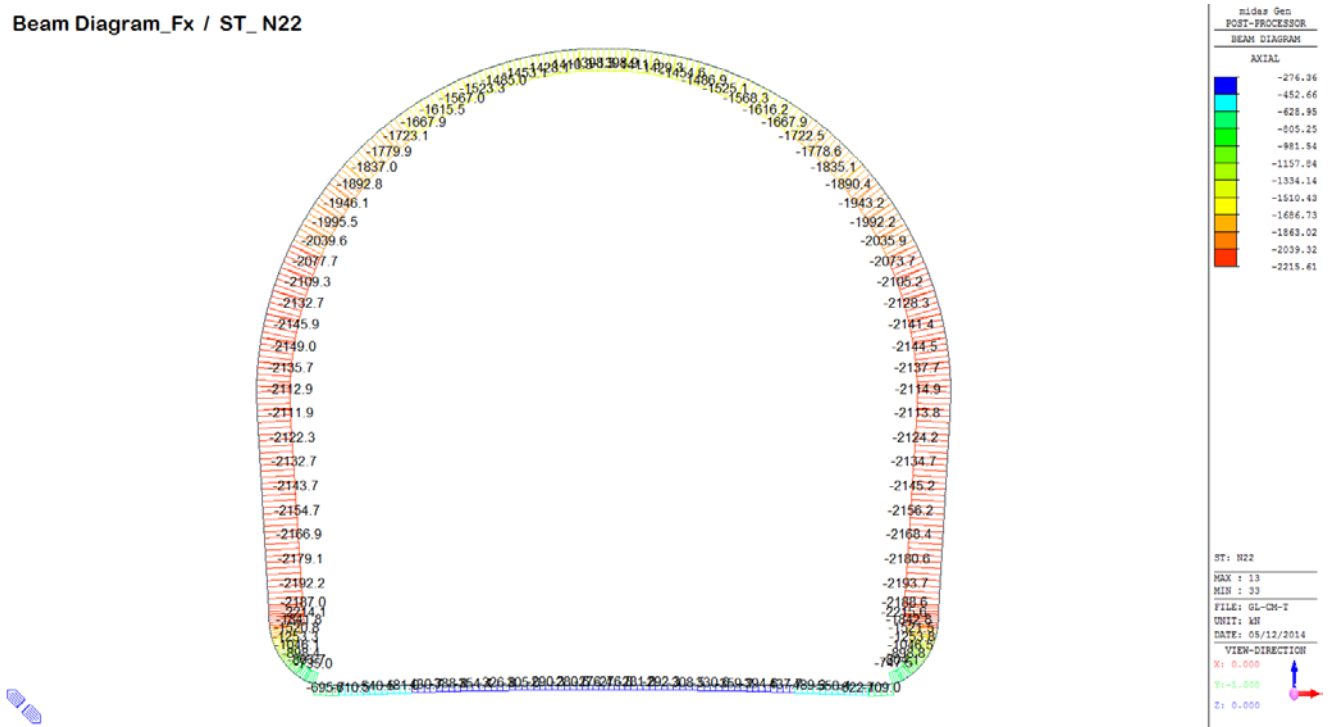
434.81
355.69
276.56
197.44
118.32
0.00
-39.93
-119.05
-198.17
-277.30
-356.42
-435.94

ST: N21
MAX : 88
MIN : 43
FILE: GL-CH-T
UNIT: kN
DATE: 05/12/2014

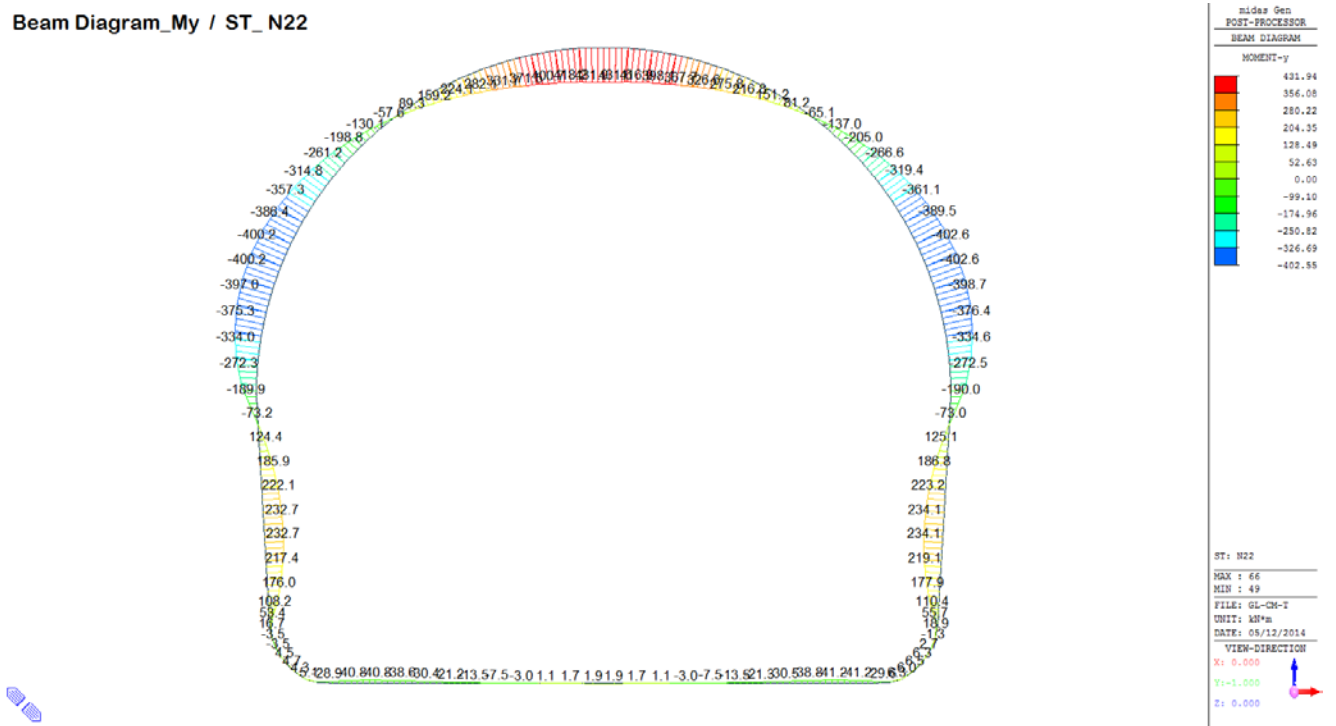
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.6.4.11. Load combination SLU 22

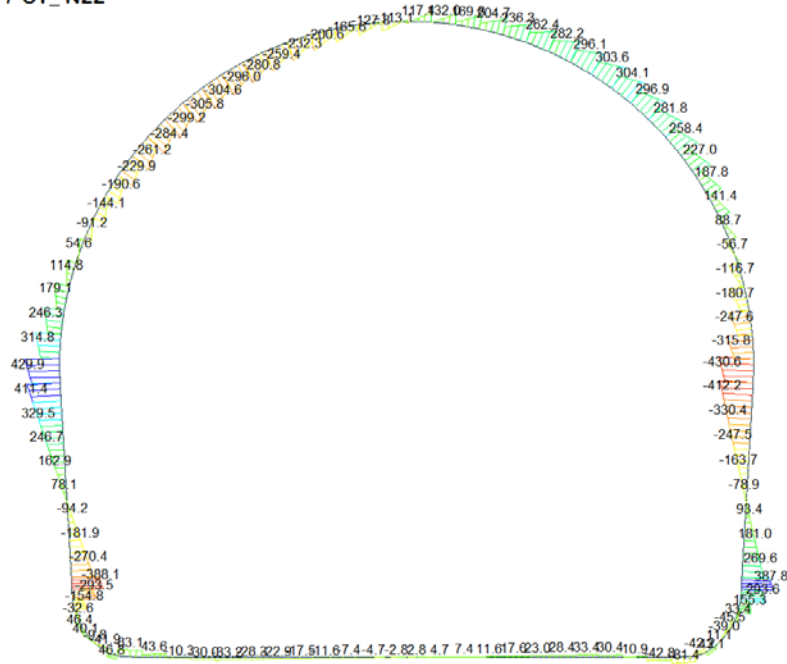
Beam Diagram_Fx / ST_N22



Beam Diagram_My / ST_N22



Beam Diagram_Fz / ST_N22



Midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

ST: N22
MAX : 88
MIN : 43
FILE: GL-CH-T
UNIT: kN
DATE: 05/12/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000



A.6.4.12. Rebared sections ratio checking

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 115		30.00	450.00	OK	N6C	N5B	14-2-P20	19'605	323.892	193.957	0.000	512.688	-	200.149
6	1.00	1.15								0.074	0.074	0.000	0.390	-	0.390
2	100 x 105		30.00	450.00	OK	N6C	N6B	14-2-P18	18'011	311.136	191.233	0.000	475.672	-	204.267
5	1.00	1.05								0.093	0.094	0.000	0.429	-	0.429
3	100 x 105		30.00	450.00	OK	N6C	N6C	14-2-P18	18'011	269.444	160.163	0.000	372.247	-	139.789
5	1.00	1.05								0.076	0.076	0.000	0.376	-	0.376
4	100 x 72		30.00	450.00	OK	N6C	N6C	14-2-P16	12'485	238.535	119.821	0.000	280.279	-	138.710
2	1.00	0.72								0.145	0.144	0.000	0.495	-	0.495
5	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N6C	14-2-P16	12'485	530.911	114.717	0.000	276.609	-	112.794
2	1.00	0.72								0.086	0.087	0.000	0.408	-	0.408
6	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N6C	14-2-P16	12'485	475.454	96.445	0.000	273.512	-	80.857
2	1.00	0.72								0.073	0.074	0.000	0.296	-	0.296
7	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N6C	14-2-P16	12'485	429.195	80.361	0.000	270.928	-	52.326
2	1.00	0.72								0.064	0.063	0.000	0.193	-	0.193
8	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	12'485	391.239	66.463	0.000	316.168	-	45.670
2	1.00	0.72								0.054	0.054	0.000	0.144	-	0.144
9	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	12'485	360.851	54.752	0.000	310.788	-	38.380
2	1.00	0.72								0.046	0.047	0.000	0.123	-	0.123
10	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	12'485	337.444	45.228	0.000	306.643	-	31.090
2	1.00	0.72								0.041	0.041	0.000	0.101	-	0.101
11	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	12'485	320.565	37.892	0.000	303.653	-	23.800
2	1.00	0.72								0.037	0.037	0.000	0.078	-	0.078
12	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	12'485	309.887	32.742	0.000	301.758	-	16.510
2	1.00	0.72								0.034	0.034	0.000	0.055	-	0.055
13	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5B	N5A	14-2-P16	12'485	386.429	9.446	0.000	289.585	-	6.231
2	1.00	0.72								0.033	0.033	0.000	0.022	-	0.022
14	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5B	N5A	14-2-P16	12'485	386.962	9.446	0.000	300.997	-	8.877
2	1.00	0.72								0.033	0.033	0.000	0.029	-	0.029
15	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'485	311.280	32.878	0.000	301.982	-	16.167
2	1.00	0.72								0.035	0.034	0.000	0.054	-	0.054
16	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'485	322.917	38.101	0.000	304.031	-	23.457
2	1.00	0.72								0.037	0.037	0.000	0.077	-	0.077
17	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'485	340.800	45.511	0.000	307.183	-	30.747
2	1.00	0.72								0.041	0.042	0.000	0.100	-	0.100
18	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	12'485	365.276	55.108	0.000	311.500	-	38.037
2	1.00	0.72								0.047	0.048	0.000	0.122	-	0.122
19	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	12'485	396.818	66.891	0.000	317.065	-	45.327
2	1.00	0.72								0.055	0.055	0.000	0.143	-	0.143
20	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N6C	14-2-P16	12'485	436.037	80.862	0.000	271.242	-	52.449
2	1.00	0.72								0.065	0.063	0.000	0.193	-	0.193
21	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N6C	14-2-P16	12'485	483.690	97.020	0.000	273.890	-	81.085
2	1.00	0.72								0.075	0.075	0.000	0.296	-	0.296
22	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N6C	14-2-P16	12'485	540.701	115.364	0.000	277.058	-	113.162
2	1.00	0.72								0.086	0.088	0.000	0.408	-	0.408
23	100 x 72		30.00	450.00	OK	N6C	N6C	14-2-P16	12'485	242.324	120.195	0.000	280.808	-	139.240
2	1.00	0.72								0.135	0.138	0.000	0.496	-	0.496
24	100 x 105		30.00	450.00	OK	N6C	N6C	14-2-P18	18'011	273.879	160.738	0.000	372.880	-	140.461
5	1.00	1.05								0.077	0.076	0.000	0.377	-	0.377
25	100 x 105		30.00	450.00	OK	N6C	N6B	14-2-P18	18'011	316.310	191.908	0.000	478.235	-	202.341
5	1.00	1.05								0.095	0.094	0.000	0.423	-	0.423
26	100 x 115		30.00	450.00	OK	N6C	N5B	14-2-P20	19'605	323.722	194.624	0.000	512.627	-	193.929
6	1.00	1.15								0.074	0.074	0.000	0.378	-	0.378
27	100 x 115		30.00	450.00	OK	N6C	N6A	14-2-P20	19'605	315.343	194.624	0.000	470.295	-	227.927
6	1.00	1.15								0.080	0.079	0.000	0.485	-	0.485
28	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P20	19'605	1093.520	202.265	0.000	566.171	-	240.367
6	1.00	1.15								0.079	0.081	0.000	0.425	-	0.425
29	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5B	N5B	14-2-P20	19'605	1701.700	79.317	0.000	603.396	-	262.647
6	1.00	1.15								0.094	0.095	0.000	0.435	-	0.435
30	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5B	N6C	14-2-P20	19'605	1992.970	104.475	0.000	390.168	-	182.267
6	1.00	1.15								0.111	0.111	0.000	0.467	-	0.467

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB			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	Rebar	N_Rdmax	Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
31	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5B	N6C	14-2-P20	19'605	2314.960	104.475	0.000	384.273	-	199.969
6	1.00	1.15								0.128	0.128	0.000	0.520	-	0.520
32	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5B	N6C	14-2-P20	19'605	2584.880	109.956	0.000	385.666	-	198.433
6	1.00	1.15								0.142	0.145	0.000	0.515	-	0.515
33	100 x 115		30.00	450.00	OK	N6A	N6B	14-2-P20	19'605	2970.330	230.520	0.000	764.463	-	458.938
6	1.00	1.15								0.174	0.175	0.000	0.600	-	0.600
34	100 x 105		30.00	450.00	OK	N6A	N6B	14-2-P18	18'011	2944.700	286.328	0.000	731.502	-	575.764
5	1.00	1.05								0.199	0.196	0.000	0.787	-	0.787
35	100 x 105		30.00	450.00	OK	N6A	N6B	14-2-P18	18'011	2937.710	344.427	0.000	732.756	-	421.785
5	1.00	1.05								0.207	0.206	0.000	0.576	-	0.576
36	100 x 95		30.00	450.00	OK	N6A	N6B	14-2-P18	16'418	2921.900	370.658	0.000	702.339	-	302.263
4	1.00	0.95								0.237	0.239	0.000	0.430	-	0.430
37	100 x 95		30.00	450.00	OK	N6A	N6C	14-2-P16	16'151	2921.900	370.658	0.000	341.647	-	98.848
4	1.00	0.95								0.244	0.239	0.000	0.289	-	0.289
38	100 x 80		30.00	450.00	OK	N6A	N5A	14-2-P16	13'760	2906.150	365.302	0.000	627.072	-	181.430
3	1.00	0.80								0.299	0.299	0.000	0.289	-	0.289
39	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6A	N5A	14-2-P16	12'804	2891.980	328.637	0.000	582.297	-	284.412
1	1.00	0.74								0.318	0.315	0.000	0.488	-	0.488
40	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6B	N5A	14-2-P16	12'804	2713.350	300.169	0.000	582.297	-	386.421
1	1.00	0.74								0.293	0.297	0.000	0.664	-	0.664
41	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6B	N5A	14-2-P16	12'804	2699.250	234.219	0.000	582.297	-	487.459
1	1.00	0.74								0.272	0.270	0.000	0.837	-	0.837
42	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'804	2837.750	237.103	0.000	582.297	-	572.524
1	1.00	0.74								0.281	0.287	0.000	0.983	-	0.983
43	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'804	2843.660	402.779	0.000	582.297	-	581.286
1	1.00	0.74								0.340	0.347	0.000	0.998	-	0.998
44	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'804	2872.740	519.061	0.000	582.297	-	437.499
1	1.00	0.74								0.394	0.399	0.000	0.751	-	0.751
45	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'804	2874.590	604.760	0.000	582.297	-	336.058
1	1.00	0.74								0.445	0.439	0.000	0.577	-	0.577
46	100 x 80		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	13'760	2861.580	660.401	0.000	627.072	-	244.473
3	1.00	0.80								0.409	0.416	0.000	0.390	-	0.390
47	100 x 95		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	16'151	2833.530	687.188	0.000	687.976	-	168.654
4	1.00	0.95								0.318	0.325	0.000	0.245	-	0.245
48	100 x 95		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	16'151	2836.560	687.188	0.000	683.632	-	97.307
4	1.00	0.95								0.319	0.325	0.000	0.142	-	0.142
49	100 x 80		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	13'760	2789.890	686.930	0.000	627.072	-	148.103
3	1.00	0.80								0.423	0.424	0.000	0.236	-	0.236
50	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2733.890	661.811	0.000	582.297	-	224.887
1	1.00	0.74								0.462	0.467	0.000	0.386	-	0.386
51	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2669.250	614.377	0.000	582.297	-	292.081
1	1.00	0.74								0.439	0.437	0.000	0.502	-	0.502
52	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2597.210	547.605	0.000	582.297	-	348.398
1	1.00	0.74								0.402	0.397	0.000	0.598	-	0.598
53	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2519.670	464.800	0.000	582.297	-	393.103
1	1.00	0.74								0.352	0.353	0.000	0.675	-	0.675
54	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2438.660	369.454	0.000	582.297	-	425.788
1	1.00	0.74								0.305	0.304	0.000	0.731	-	0.731
55	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2356.170	265.160	0.000	581.183	-	446.372
1	1.00	0.74								0.259	0.255	0.000	0.768	-	0.768
56	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2274.210	155.503	0.000	569.672	-	455.101
1	1.00	0.74								0.215	0.217	0.000	0.799	-	0.799
57	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	12'804	2138.550	205.920	0.000	558.502	-	452.534
1	1.00	0.74								0.221	0.223	0.000	0.810	-	0.810
58	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	12'804	2067.260	312.726	0.000	547.920	-	439.514
1	1.00	0.74								0.259	0.257	0.000	0.802	-	0.802
59	100 x 80		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	13'760	2002.220	412.200	0.000	555.784	-	417.141
3	1.00	0.80								0.268	0.267	0.000	0.751	-	0.751
60	100 x 95		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	16'151	1943.900	501.646	0.000	589.316	-	386.167
4	1.00	0.95								0.233	0.231	0.000	0.655	-	0.655

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
61	100 x 95		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	16'151	1893.790	578.350	0.000	581.410	-	345.893
4	1.00	0.95								0.257	0.258	0.000	0.595	-	0.595
62	100 x 80		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	13'760	1853.450	640.302	0.000	532.509	-	297.804
3	1.00	0.80								0.432	0.425	0.000	0.559	-	0.559
63	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	12'804	1823.360	686.035	0.000	509.857	-	244.826
1	1.00	0.74								0.551	0.563	0.000	0.480	-	0.480
64	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	12'804	1804.040	714.342	0.000	506.199	-	187.676
1	1.00	0.74								0.624	0.624	0.000	0.371	-	0.371
65	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	12'804	1794.700	734.176	0.000	503.720	-	159.934
1	1.00	0.74								0.652	0.657	0.000	0.318	-	0.318
66	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	12'804	1794.610	734.176	0.000	503.635	-	154.275
1	1.00	0.74								0.652	0.657	0.000	0.306	-	0.306
67	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	12'804	1802.940	716.040	0.000	506.045	-	182.093
1	1.00	0.74								0.623	0.625	0.000	0.360	-	0.360
68	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	12'804	1821.860	689.407	0.000	509.649	-	239.335
1	1.00	0.74								0.600	0.588	0.000	0.470	-	0.470
69	100 x 80		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	13'760	1851.570	645.322	0.000	532.245	-	292.431
3	1.00	0.80								0.432	0.428	0.000	0.549	-	0.549
70	100 x 95		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	16'151	1891.540	584.980	0.000	581.089	-	340.666
4	1.00	0.95								0.265	0.261	0.000	0.586	-	0.586
71	100 x 95		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	16'151	1941.290	509.844	0.000	589.008	-	382.232
4	1.00	0.95								0.233	0.234	0.000	0.649	-	0.649
72	100 x 80		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	13'760	1999.780	421.803	0.000	555.577	-	415.359
3	1.00	0.80								0.267	0.273	0.000	0.748	-	0.748
73	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	12'804	2065.670	323.157	0.000	547.830	-	439.484
1	1.00	0.74								0.263	0.262	0.000	0.802	-	0.802
74	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6A	N6A	14-2-P16	12'804	2137.910	216.601	0.000	558.537	-	453.878
1	1.00	0.74								0.225	0.225	0.000	0.813	-	0.813
75	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5B	N6A	14-2-P16	12'804	2239.360	156.213	0.000	569.833	-	457.472
1	1.00	0.74								0.214	0.211	0.000	0.803	-	0.803
76	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2358.330	256.637	0.000	581.466	-	449.457
1	1.00	0.74								0.255	0.254	0.000	0.773	-	0.773
77	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2441.640	361.945	0.000	582.297	-	429.319
1	1.00	0.74								0.300	0.303	0.000	0.737	-	0.737
78	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2523.400	458.390	0.000	582.297	-	396.853
1	1.00	0.74								0.346	0.352	0.000	0.682	-	0.682
79	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2601.590	542.323	0.000	582.297	-	352.180
1	1.00	0.74								0.390	0.398	0.000	0.605	-	0.605
80	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2674.180	610.198	0.000	582.297	-	295.750
1	1.00	0.74								0.428	0.438	0.000	0.508	-	0.508
81	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	12'804	2739.280	658.676	0.000	582.297	-	228.333
1	1.00	0.74								0.463	0.465	0.000	0.392	-	0.392
82	100 x 80		30.00	450.00	OK	N5A	N6A	14-2-P16	13'760	2795.650	684.752	0.000	627.072	-	151.245
3	1.00	0.80								0.424	0.423	0.000	0.241	-	0.241
83	100 x 95		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	16'151	2842.600	685.858	0.000	684.158	-	95.076
4	1.00	0.95								0.319	0.324	0.000	0.139	-	0.139
84	100 x 95		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	16'151	2839.760	685.858	0.000	688.531	-	166.656
4	1.00	0.95								0.319	0.324	0.000	0.242	-	0.242
85	100 x 80		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	13'760	2868.010	659.799	0.000	627.072	-	242.735
3	1.00	0.80								0.410	0.415	0.000	0.387	-	0.387
86	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'804	2881.150	604.759	0.000	582.297	-	334.507
1	1.00	0.74								0.446	0.439	0.000	0.574	-	0.574
87	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'804	2879.400	519.526	0.000	582.297	-	436.403
1	1.00	0.74								0.395	0.399	0.000	0.749	-	0.749
88	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'804	2841.360	403.488	0.000	582.297	-	581.286
1	1.00	0.74								0.343	0.344	0.000	0.998	-	0.998
89	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'804	2835.480	238.036	0.000	582.297	-	572.524
1	1.00	0.74								0.283	0.281	0.000	0.983	-	0.983
90	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6B	N5A	14-2-P16	12'804	2694.500	234.364	0.000	582.297	-	486.634
1	1.00	0.74								0.271	0.270	0.000	0.836	-	0.836

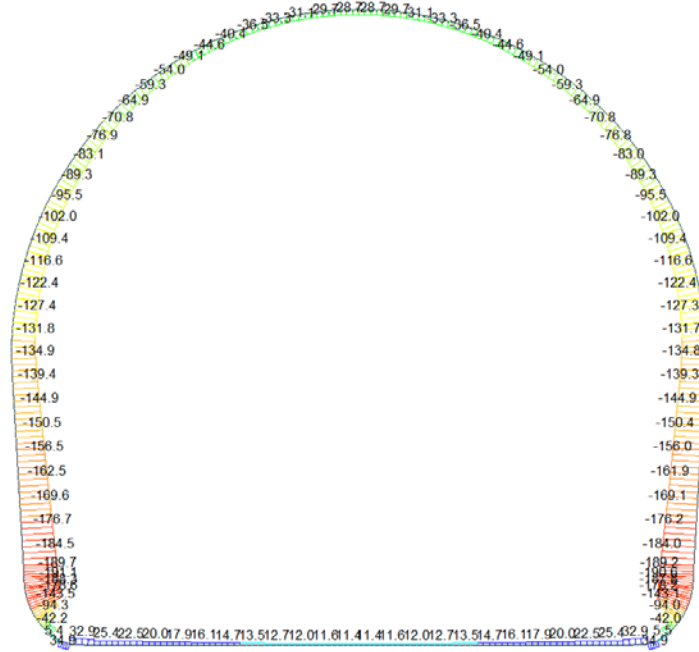
SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm ²]	[N/mm ²]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
91	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6B	N5A	14-2-P16	12'804	2708.610	299.947	0.000	582.297	-	385.590
1	1.00	0.74								0.293	0.297	0.000	0.662	-	0.662
92	100 x 80		30.00	450.00	OK	N6A	N5A	14-2-P16	13'760	2890.120	327.536	0.000	627.072	-	283.575
3	1.00	0.80								0.285	0.290	0.000	0.452	-	0.452
93	100 x 80		30.00	450.00	OK	N6A	N5A	14-2-P16	13'760	2904.300	363.954	0.000	627.072	-	180.624
3	1.00	0.80								0.297	0.303	0.000	0.288	-	0.288
94	100 x 95		30.00	450.00	OK	N6A	N6C	14-2-P18	16'418	2920.050	369.063	0.000	341.700	-	98.826
4	1.00	0.95								0.237	0.238	0.000	0.289	-	0.289
95	100 x 95		30.00	450.00	OK	N6A	N6B	14-2-P18	16'418	2920.050	369.063	0.000	701.752	-	303.476
4	1.00	0.95								0.237	0.238	0.000	0.432	-	0.432
96	100 x 105		30.00	450.00	OK	N6A	N6B	14-2-P18	18'011	2935.850	342.584	0.000	732.165	-	423.002
5	1.00	1.05								0.205	0.210	0.000	0.578	-	0.578
97	100 x 105		30.00	450.00	OK	N6A	N6B	14-2-P18	18'011	2942.820	284.236	0.000	730.904	-	576.217
5	1.00	1.05								0.199	0.195	0.000	0.788	-	0.788
98	100 x 115		30.00	450.00	OK	N6A	N6B	14-2-P20	19'605	2968.460	228.343	0.000	763.858	-	458.943
6	1.00	1.15								0.174	0.174	0.000	0.601	-	0.601
99	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5A	N6C	14-2-P20	19'605	2557.740	102.980	0.000	385.643	-	198.487
6	1.00	1.15								0.140	0.143	0.000	0.515	-	0.515
100	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5B	N6C	14-2-P20	19'605	2289.340	112.658	0.000	384.187	-	200.273
6	1.00	1.15								0.127	0.129	0.000	0.521	-	0.521
101	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5B	N6C	14-2-P20	19'605	1991.570	107.124	0.000	390.094	-	182.720
6	1.00	1.15								0.112	0.109	0.000	0.468	-	0.468
102	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5B	N5B	14-2-P20	19'605	1700.690	81.861	0.000	603.251	-	263.735
6	1.00	1.15								0.094	0.094	0.000	0.437	-	0.437
103	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P20	19'605	1093.780	200.071	0.000	566.055	-	241.758
6	1.00	1.15								0.079	0.080	0.000	0.427	-	0.427
104	100 x 115		30.00	450.00	OK	N6C	N6A	14-2-P20	19'605	315.285	193.957	0.000	470.275	-	226.247
6	1.00	1.15								0.078	0.077	0.000	0.481	-	0.481

A.6.4.13. Rebared sections ratio checking for fire combinations load

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
65(M+N) / 43(V)	100 x 74		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P16	15'616	1398.450	421.447	0.000	572.656	-	435.321
1	1.00	0.69								0.312	0.307	0.000	0.760	-	0.760
23(M+N) / 23(V)	100 x 72		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P16	15'191	540.367	68.978	0.000	351.378	-	49.646
2	1.00	0.67								0.055	0.055	0.000	0.141	-	0.141
49(M+N) / 59(V)	100 x 80		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P16	16'891	2069.920	421.521	0.000	512.828	-	279.284
3	1.00	0.75								0.236	0.238	0.000	0.545	-	0.545
48(M+N) / 60(V)	100 x 95		30.00	360.00	OK	N21	N22	12-2-P18	20'158	2070.550	421.521	0.000	547.856	-	259.902
4	1.00	0.90								0.175	0.177	0.000	0.474	-	0.474
35(M+N) / 97(V)	100 x 105		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P18	22'455	2169.370	187.857	0.000	679.444	-	387.169
5	1.00	1.00								0.116	0.116	0.000	0.570	-	0.570
98(M+N) / 33(V)	100 x 115		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P20	24'864	2194.790	63.947	0.000	732.917	-	293.412
6	1.00	1.10								0.093	0.094	0.000	0.400	-	0.400

A.6.4.14. Load combination SLE 1

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 1



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL

34.91
14.36
0.00
-26.74
-47.29
-67.04
-88.39
-108.93
-129.48
-150.03
-170.58
-191.13

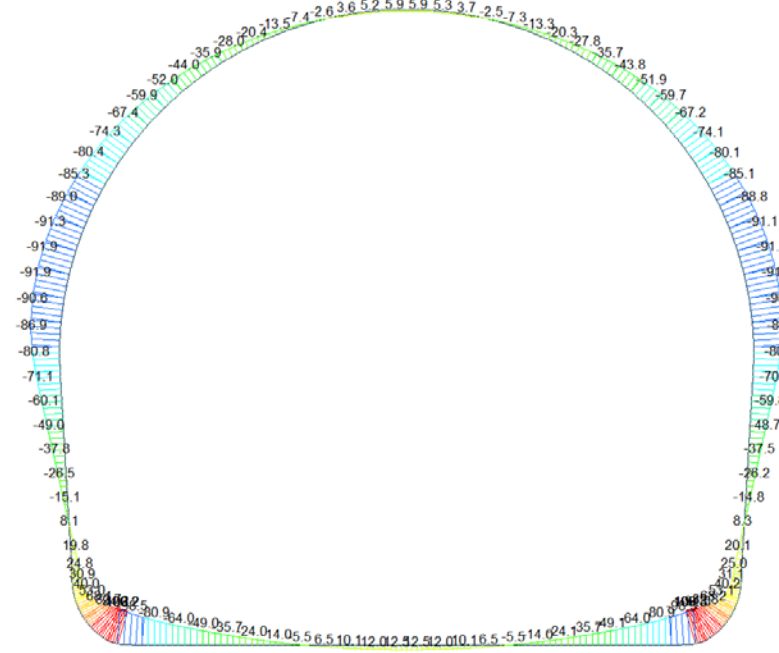
ST: NSLE - 1

MAX : 26
MIN : 98

FILE: GL-CH-1
UNIT: kN
DATE: 05/12/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_My / ST_NSLE - 1



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

100.32
82.24
64.17
46.09
28.02
9.94
0.00
-26.21
-44.28
-62.36
-80.43
-98.51

ST: NSLE - 1

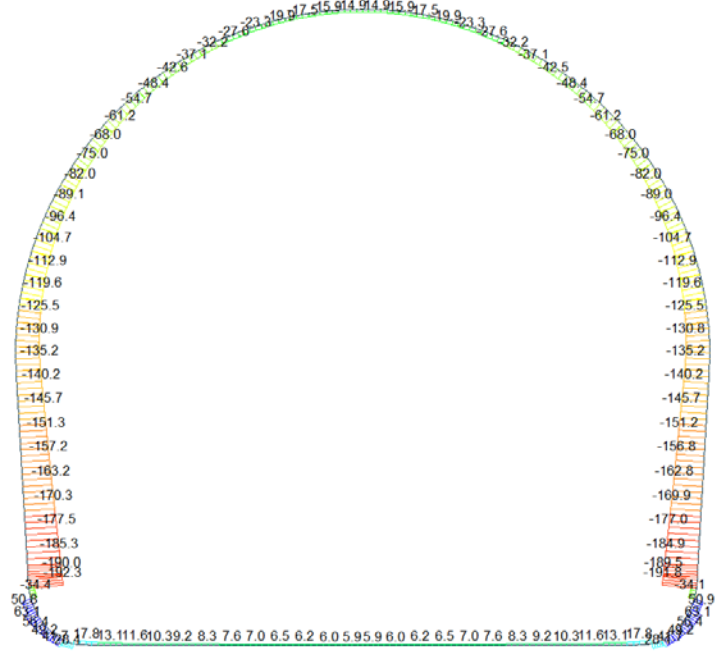
MAX : 27
MIN : 25

FILE: GL-CH-1
UNIT: kNm
DATE: 05/12/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.6.4.15. Load combination SLE 2

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 2

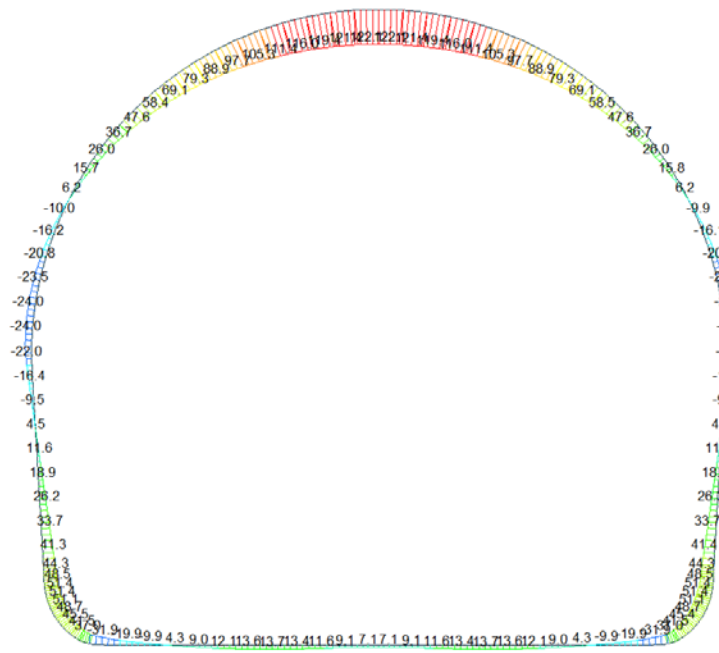


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL

ST: NSLE - 2
MAX : 101
MIN : 98
FILE: GL-CH-1
UNIT: MN
DATE: 05/12/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_My / ST_NSLE - 2



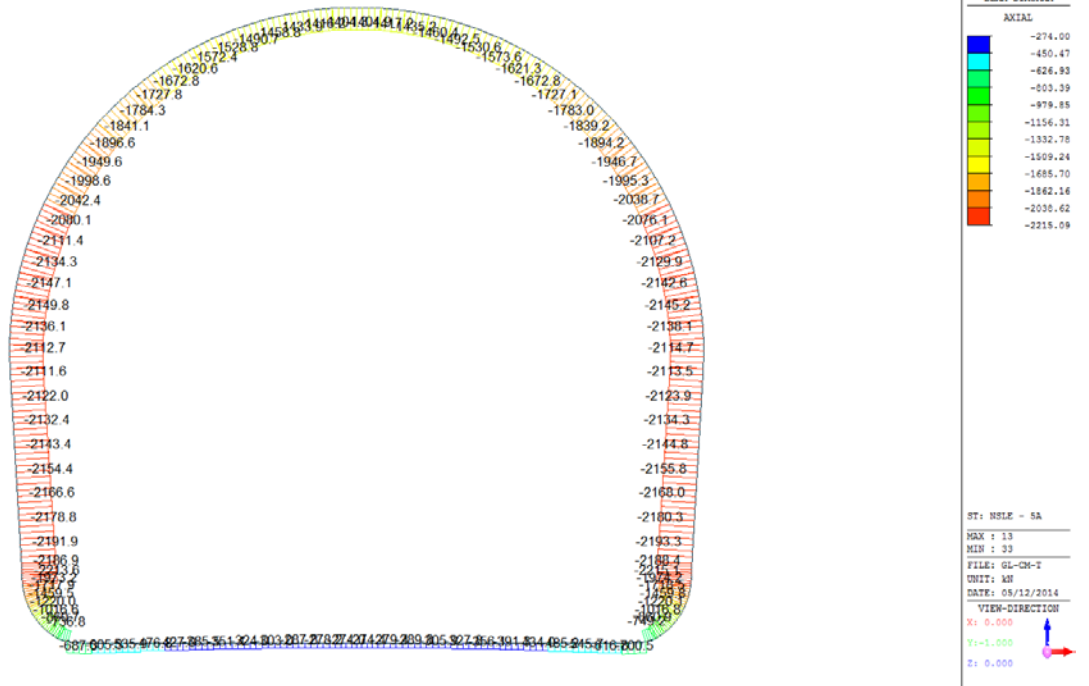
midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

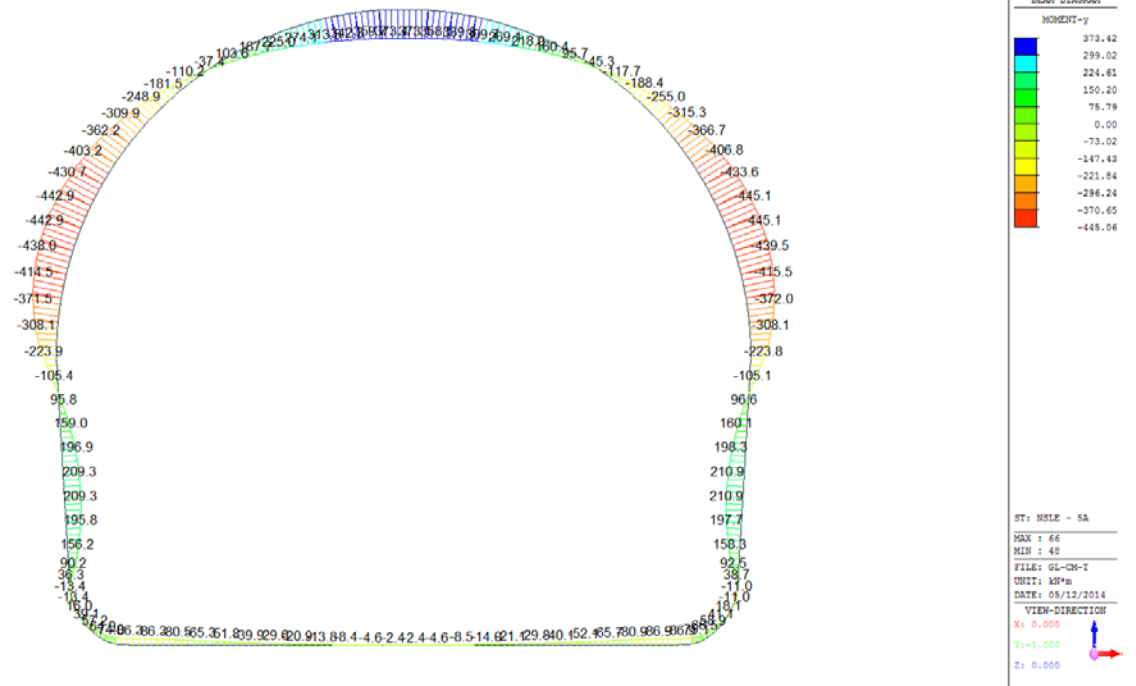
ST: NSLE - 2
MAX : 66
MIN : 2
FILE: GL-CH-1
UNIT: MN*m
DATE: 05/12/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.6.4.16. Load combination SLE 5 A

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 5A

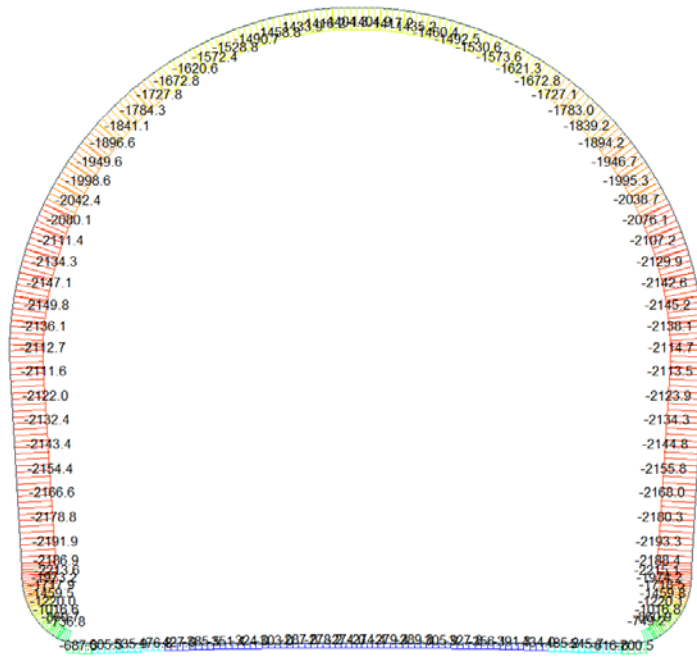


Beam Diagram_My / ST_NSLE - 5A



A.6.4.17. Load combination SLE 5 B

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 5B



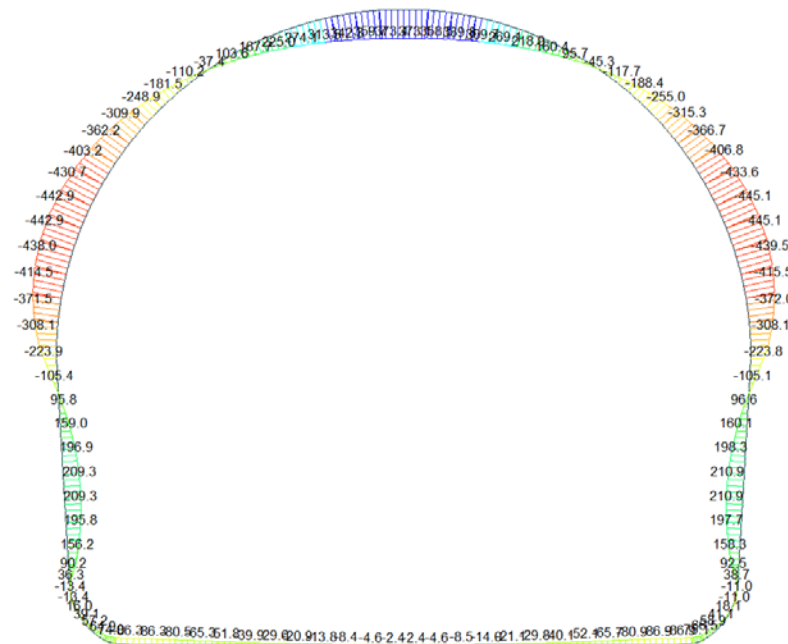
midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-274.00
Light Blue	-450.47
Light Green	-626.93
Green	-803.39
Yellow-Green	-979.85
Yellow	-1156.31
Orange	-1332.78
Light Red	-1509.24
Red	-1685.70
Dark Red	-1862.16
Orange-Red	-2038.62
Red	-2215.09

ST: NSLE - 5B
MAX : 13
MIN : 33
FILE: GL-CH-1
UNIT: kN
DATE: 05/12/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_My / ST_NSLE - 5B



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

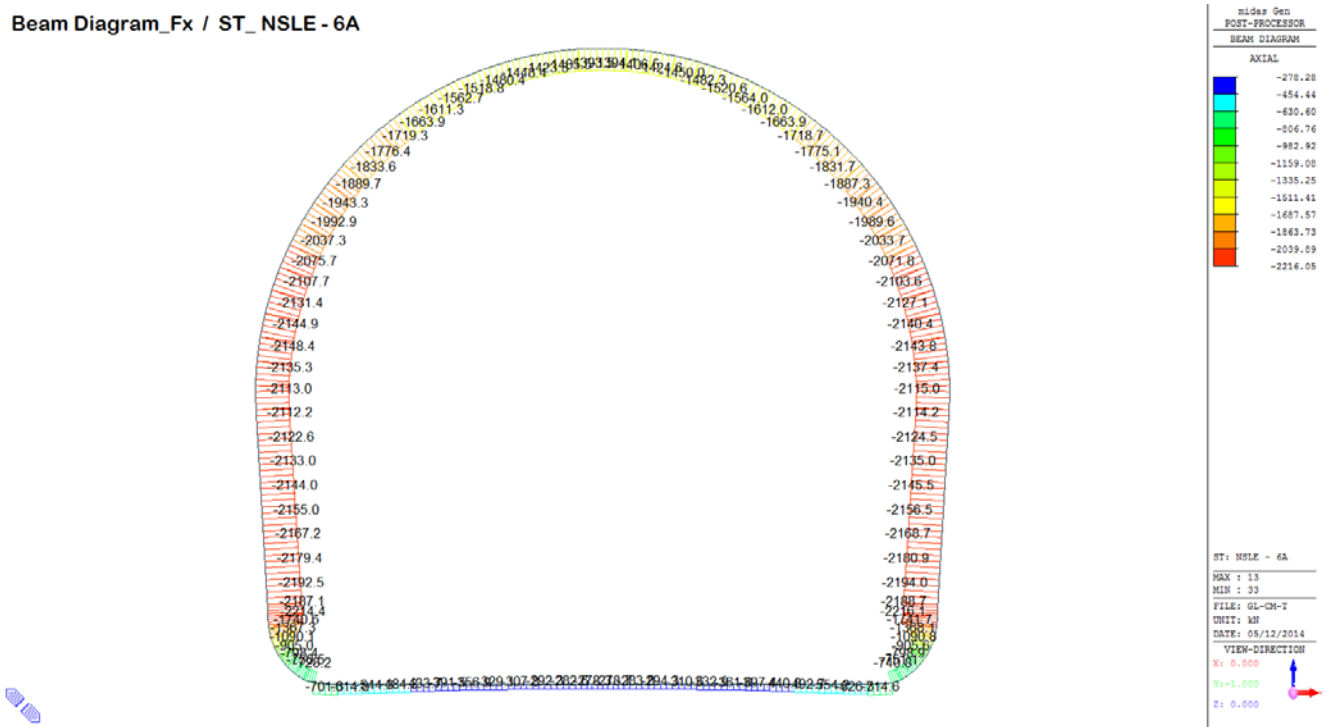
MOMENT-y

Blue	373.42
Light Blue	299.02
Light Green	224.61
Green	150.20
Yellow-Green	75.79
Yellow	0.00
Orange	-73.02
Light Red	-147.43
Red	-221.84
Dark Red	-296.24
Orange-Red	-370.65
Red	-445.06

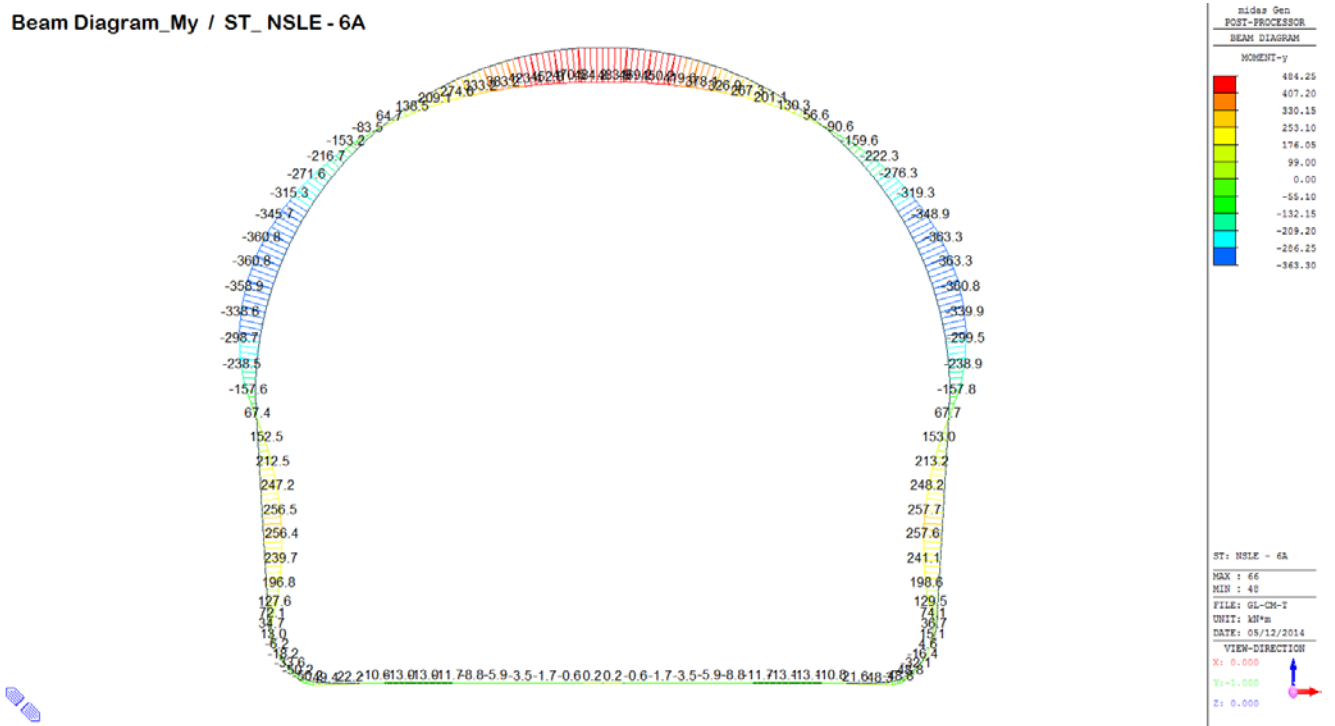
ST: NSLE - 5B
MAX : 66
MIN : 49
FILE: GL-CH-1
UNIT: kN*m
DATE: 05/12/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.6.4.18. Load combination SLE 6 A

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 6A

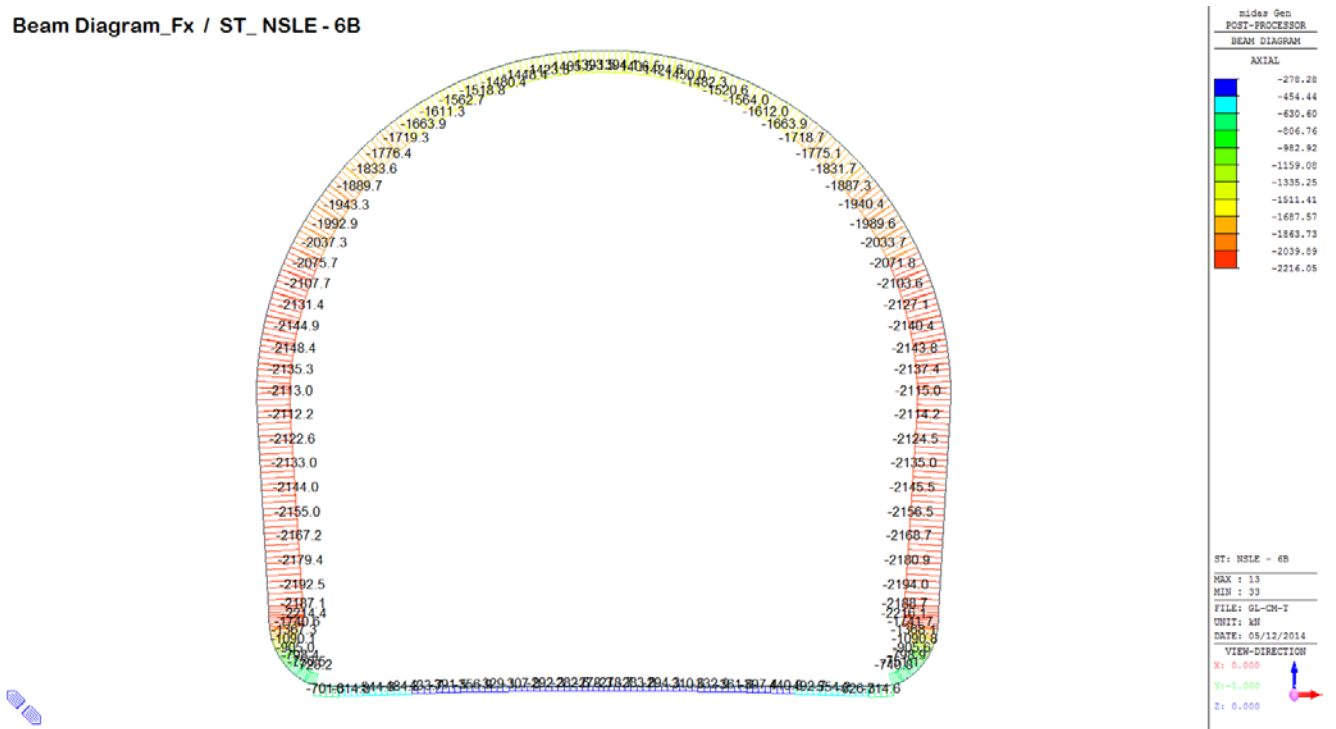


Beam Diagram_My / ST_NSLE - 6A

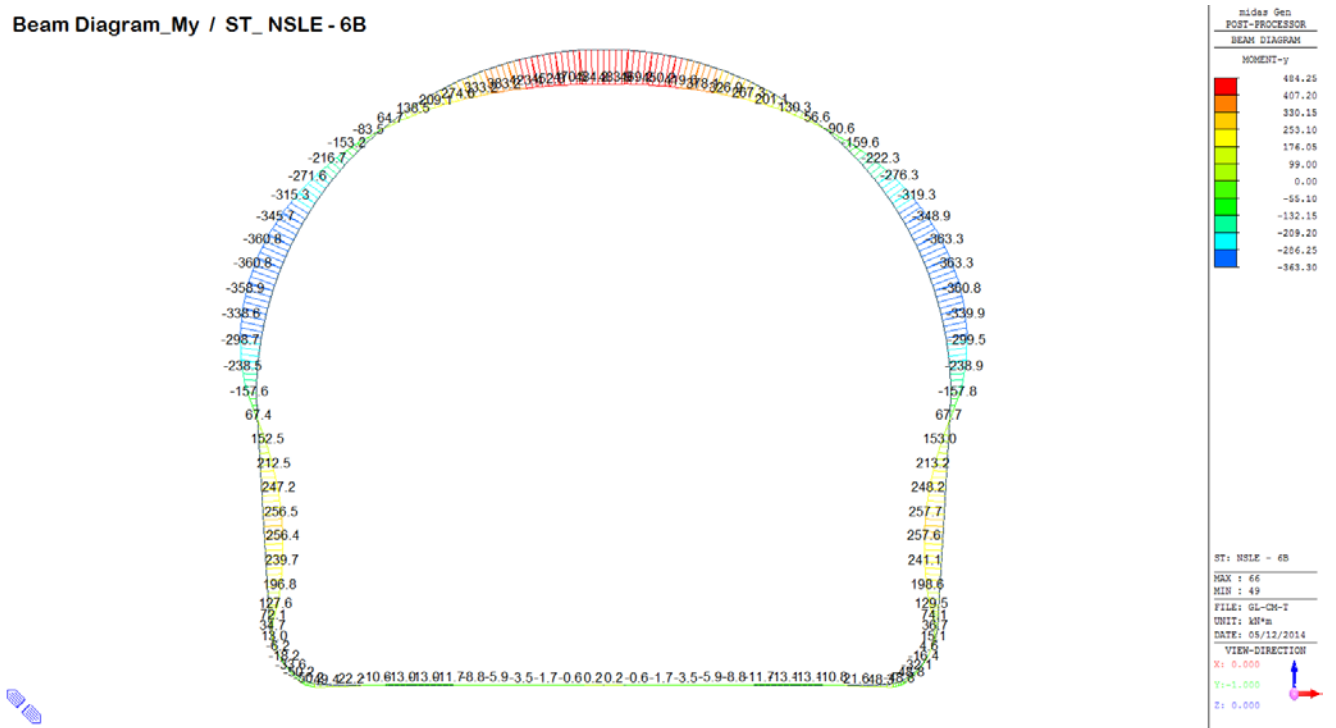


A.6.4.19. Load combination SLE 6 B

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 6B



Beam Diagram_My / ST_NSLE - 6B



A.6.4.20. Stress checking

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm ²]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm ²]	CHECK	$\sigma_{c, MAX}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c, Adm}$ [N/mm ²]	CHECK	$\sigma_{s, MAX}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s, Adm}$ [N/mm ²]	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)										
1	100 x 115		SLE - N6B	0.58	2.90	OK	-1.10	-18.00	OK	2.76	360.00	OK
6	1.00	1.15										
2	100 x 105		SLE - N6B	0.57	2.90	OK	-1.12	-18.00	OK	2.72	360.00	OK
5	1.00	1.05										
3	100 x 105		SLE - N6B	0.46	2.90	OK	-1.05	-18.00	OK	2.25	360.00	OK
5	1.00	1.05										
4	100 x 72		SLE - N6B	0.77	2.90	OK	-1.68	-18.00	OK	3.61	360.00	OK
2	1.00	0.72										
5	100 x 72		SLE - N5A	0.60	2.90	OK	-1.42	-18.00	OK	2.74	360.00	OK
2	1.00	0.72										
6	100 x 72		SLE - N5A	0.44	2.90	OK	-1.19	-18.00	OK	1.97	360.00	OK
2	1.00	0.72										
7	100 x 72		SLE - N5A	0.30	2.90	OK	-1.00	-18.00	OK	1.29	360.00	OK
2	1.00	0.72										
8	100 x 72		SLE - N5A	0.18	2.90	OK	-0.83	-18.00	OK	0.74	360.00	OK
2	1.00	0.72										
9	100 x 72		SLE - N5A	0.17	2.90	OK	-0.69	-18.00	OK	0.75	360.00	OK
2	1.00	0.72										
10	100 x 72		SLE - N5A	0.16	2.90	OK	-0.58	-18.00	OK	0.74	360.00	OK
2	1.00	0.72										
11	100 x 72		SLE - N5A	0.14	2.90	OK	-0.50	-18.00	OK	0.64	360.00	OK
2	1.00	0.72										
12	100 x 72		SLE - N5A	0.16	2.90	OK	-0.44	-18.00	OK	0.62	360.00	OK
2	1.00	0.72										
13	100 x 72		SLE - N5A	0.16	2.90	OK	-0.41	-18.00	OK	0.64	360.00	OK
2	1.00	0.72										
14	100 x 72		SLE - N5A	0.16	2.90	OK	-0.41	-18.00	OK	0.64	360.00	OK
2	1.00	0.72										
15	100 x 72		SLE - N5A	0.16	2.90	OK	-0.44	-18.00	OK	0.62	360.00	OK
2	1.00	0.72										
16	100 x 72		SLE - N5A	0.14	2.90	OK	-0.50	-18.00	OK	0.64	360.00	OK
2	1.00	0.72										
17	100 x 72		SLE - N5A	0.16	2.90	OK	-0.59	-18.00	OK	0.74	360.00	OK
2	1.00	0.72										
18	100 x 72		SLE - N5A	0.17	2.90	OK	-0.70	-18.00	OK	0.75	360.00	OK
2	1.00	0.72										
19	100 x 72		SLE - N5A	0.18	2.90	OK	-0.84	-18.00	OK	0.74	360.00	OK
2	1.00	0.72										
20	100 x 72		SLE - N5A	0.30	2.90	OK	-1.01	-18.00	OK	1.29	360.00	OK
2	1.00	0.72										
21	100 x 72		SLE - N5A	0.44	2.90	OK	-1.21	-18.00	OK	1.97	360.00	OK
2	1.00	0.72										
22	100 x 72		SLE - N5A	0.60	2.90	OK	-1.43	-18.00	OK	2.75	360.00	OK
2	1.00	0.72										
23	100 x 72		SLE - N6B	0.77	2.90	OK	-1.69	-18.00	OK	3.61	360.00	OK
2	1.00	0.72										
24	100 x 105		SLE - N6B	0.46	2.90	OK	-1.06	-18.00	OK	2.25	360.00	OK
5	1.00	1.05										
25	100 x 105		SLE - N6B	0.57	2.90	OK	-1.14	-18.00	OK	2.72	360.00	OK
5	1.00	1.05										
26	100 x 115		SLE - N6B	0.49	2.90	OK	-0.99	-18.00	OK	2.32	360.00	OK
6	1.00	1.15										
27	100 x 115		SLE - N6B	0.46	2.90	OK	-1.05	-18.00	OK	2.48	360.00	OK
6	1.00	1.15										
28	100 x 115		SLE - N5A	0.39	2.90	OK	-1.15	-18.00	OK	2.13	360.00	OK
6	1.00	1.15										
29	100 x 115		SLE - N5A	0.29	2.90	OK	-1.25	-18.00	OK	1.57	360.00	OK
6	1.00	1.15										
30	100 x 115		SLE - N5A	0.29	2.90	OK	-1.35	-18.00	OK	0.94	360.00	OK
6	1.00	1.15										

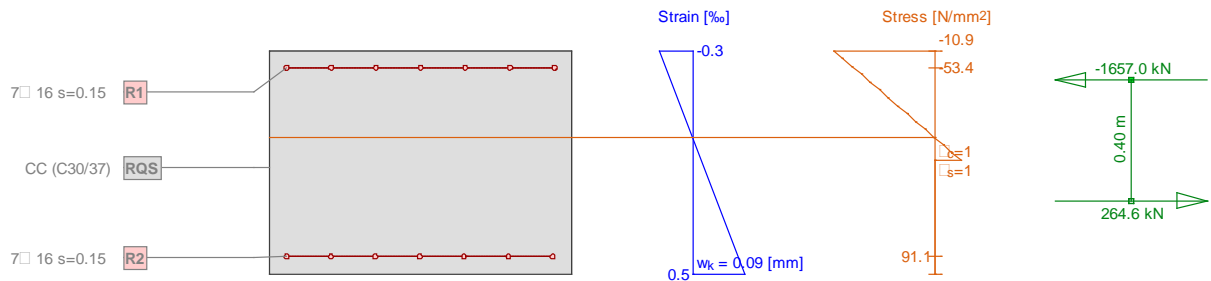
STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$	$\sigma_{ct, Adm}$	CHECK	$\sigma_{c, MAX}$	$\sigma_{c, Adm}$	CHECK	$\sigma_{s, MAX}$	$\sigma_{s, Adm}$	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)		[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	
31	100 x 115		SLE - NSA	0.28	2.90	OK	-1.53	-18.00	OK	1.02	360.00	OK
6	1.00	1.15										
32	100 x 115		SLE - NSA	0.20	2.90	OK	-1.77	-18.00	OK	1.10	360.00	OK
6	1.00	1.15										
33	100 x 115		SLE - N6A	0.05	2.90	OK	-2.26	-18.00	OK	0.19	360.00	OK
6	1.00	1.15										
34	100 x 105		SLE - N6A	0.06	2.90	OK	-2.78	-18.00	OK	0.21	360.00	OK
5	1.00	1.05										
35	100 x 105		SLE - N6A	0.05	2.90	OK	-3.16	-18.00	OK	0.15	360.00	OK
5	1.00	1.05										
36	100 x 95		SLE - N6A	0.04	2.90	OK	-3.89	-18.00	OK	0.07	360.00	OK
4	1.00	0.95										
37	100 x 95		SLE - N6A	0.03	2.90	OK	-5.11	-18.00	OK	-0.01	360.00	OK
4	1.00	0.95										
38	100 x 80		SLE - N6A	0.05	2.90	OK	-5.11	-18.00	OK	0.10	360.00	OK
3	1.00	0.80										
39	100 x 74		SLE - N6A	0.21	2.90	OK	-5.62	-18.00	OK	0.88	360.00	OK
1	1.00	0.74										
40	100 x 74		SLE - N6B	0.34	2.90	OK	-5.22	-18.00	OK	1.56	360.00	OK
1	1.00	0.74										
41	100 x 74		SLE - N6B	0.47	2.90	OK	-4.55	-18.00	OK	2.23	360.00	OK
1	1.00	0.74										
42	100 x 74		SLE - NSA	0.60	2.90	OK	-3.99	-18.00	OK	2.90	360.00	OK
1	1.00	0.74										
43	100 x 74		SLE - NSA	0.71	2.90	OK	-5.30	-18.00	OK	3.49	360.00	OK
1	1.00	0.74										
44	100 x 74		SLE - NSA	0.78	2.90	OK	-6.25	-18.00	OK	3.86	360.00	OK
1	1.00	0.74										
45	100 x 74		SLE - NSA	1.20	2.90	OK	-6.95	-18.00	OK	4.10	360.00	OK
1	1.00	0.74										
46	100 x 80		SLE - NSA	1.24	2.90	OK	-6.55	-18.00	OK	4.19	360.00	OK
3	1.00	0.80										
47	100 x 95		SLE - NSA	0.71	2.90	OK	-5.14	-18.00	OK	2.55	360.00	OK
4	1.00	0.95										
48	100 x 95		SLE - NSA	0.77	2.90	OK	-5.15	-18.00	OK	2.55	360.00	OK
4	1.00	0.95										
49	100 x 80		SLE - NSA	1.58	2.90	OK	-6.77	-18.00	OK	5.99	360.00	OK
3	1.00	0.80										
50	100 x 74		SLE - NSA	2.00	2.90	OK	-7.51	-18.00	OK	7.71	360.00	OK
1	1.00	0.74										
51	100 x 74		SLE - NSA	1.76	2.90	OK	-7.15	-18.00	OK	6.56	360.00	OK
1	1.00	0.74										
52	100 x 74		SLE - NSA	1.39	2.90	OK	-6.65	-18.00	OK	4.68	360.00	OK
1	1.00	0.74										
53	100 x 74		SLE - NSA	0.89	2.90	OK	-6.01	-18.00	OK	3.17	360.00	OK
1	1.00	0.74										
54	100 x 74		SLE - NSA	0.56	2.90	OK	-5.28	-18.00	OK	2.79	360.00	OK
1	1.00	0.74										
55	100 x 74		SLE - NSA	0.57	2.90	OK	-4.47	-18.00	OK	2.89	360.00	OK
1	1.00	0.74										
56	100 x 74		SLE - NSA	0.70	2.90	OK	-3.62	-18.00	OK	3.54	360.00	OK
1	1.00	0.74										
57	100 x 74		SLE - N6A	0.82	2.90	OK	-3.63	-18.00	OK	4.16	360.00	OK
1	1.00	0.74										
58	100 x 74		SLE - N6A	0.93	2.90	OK	-4.34	-18.00	OK	4.75	360.00	OK
1	1.00	0.74										
59	100 x 80		SLE - N6A	0.88	2.90	OK	-4.42	-18.00	OK	4.57	360.00	OK
3	1.00	0.80										
60	100 x 95		SLE - N6A	0.67	2.90	OK	-3.75	-18.00	OK	3.60	360.00	OK
4	1.00	0.95										

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm ²]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm ²]	CHECK	σ_c, MAX [N/mm ²]	σ_c, Adm [N/mm ²]	CHECK	σ_s, MAX [N/mm ²]	σ_s, Adm [N/mm ²]	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)										
61	100 x 95		SLE - N6A	0.98	2.90	OK	-4.05	-18.00	OK	4.11	360.00	OK
4	1.00	0.95										
62	100 x 80		SLE - N6A	2.14	2.90	OK	-5.72	-18.00	OK	9.65	360.00	OK
3	1.00	0.80										
63	100 x 74		SLE - N6A	3.02	2.90	FESSURATO	-6.84	-18.00	OK	13.81	360.00	OK
1	1.00	0.74										
64	100 x 74		SLE - N6A	3.25	2.90	FESSURATO	-7.03	-18.00	OK	15.00	360.00	OK
1	1.00	0.74										
65	100 x 74		SLE - N6A	3.42	2.90	FESSURATO	-7.18	-18.00	OK	15.87	360.00	OK
1	1.00	0.74										
66	100 x 74		SLE - N6A	3.42	2.90	FESSURATO	-7.18	-18.00	OK	15.87	360.00	OK
1	1.00	0.74										
67	100 x 74		SLE - N6A	3.27	2.90	FESSURATO	-7.04	-18.00	OK	15.08	360.00	OK
1	1.00	0.74										
68	100 x 74		SLE - N6A	3.05	2.90	FESSURATO	-6.87	-18.00	OK	13.97	360.00	OK
1	1.00	0.74										
69	100 x 80		SLE - N6A	2.18	2.90	OK	-5.76	-18.00	OK	9.85	360.00	OK
3	1.00	0.80										
70	100 x 95		SLE - N6A	1.01	2.90	OK	-4.08	-18.00	OK	4.31	360.00	OK
4	1.00	0.95										
71	100 x 95		SLE - N6A	0.67	2.90	OK	-3.79	-18.00	OK	3.60	360.00	OK
4	1.00	0.95										
72	100 x 80		SLE - N6A	0.88	2.90	OK	-4.49	-18.00	OK	4.57	360.00	OK
3	1.00	0.80										
73	100 x 74		SLE - N6A	0.93	2.90	OK	-4.42	-18.00	OK	4.74	360.00	OK
1	1.00	0.74										
74	100 x 74		SLE - N6A	0.82	2.90	OK	-3.72	-18.00	OK	4.16	360.00	OK
1	1.00	0.74										
75	100 x 74		SLE - N5A	0.70	2.90	OK	-3.54	-18.00	OK	3.53	360.00	OK
1	1.00	0.74										
76	100 x 74		SLE - N5A	0.57	2.90	OK	-4.40	-18.00	OK	2.88	360.00	OK
1	1.00	0.74										
77	100 x 74		SLE - N5A	0.56	2.90	OK	-5.22	-18.00	OK	2.81	360.00	OK
1	1.00	0.74										
78	100 x 74		SLE - N5A	0.83	2.90	OK	-5.96	-18.00	OK	3.18	360.00	OK
1	1.00	0.74										
79	100 x 74		SLE - N5A	1.33	2.90	OK	-6.60	-18.00	OK	4.41	360.00	OK
1	1.00	0.74										
80	100 x 74		SLE - N5A	1.72	2.90	OK	-7.12	-18.00	OK	6.32	360.00	OK
1	1.00	0.74										
81	100 x 74		SLE - N5A	1.96	2.90	OK	-7.48	-18.00	OK	7.52	360.00	OK
1	1.00	0.74										
82	100 x 80		SLE - N5A	1.55	2.90	OK	-6.75	-18.00	OK	5.86	360.00	OK
3	1.00	0.80										
83	100 x 95		SLE - N5A	0.75	2.90	OK	-5.13	-18.00	OK	2.56	360.00	OK
4	1.00	0.95										
84	100 x 95		SLE - N5A	0.69	2.90	OK	-5.13	-18.00	OK	2.55	360.00	OK
4	1.00	0.95										
85	100 x 80		SLE - N5A	1.23	2.90	OK	-6.54	-18.00	OK	4.11	360.00	OK
3	1.00	0.80										
86	100 x 74		SLE - N5A	1.19	2.90	OK	-6.96	-18.00	OK	4.12	360.00	OK
1	1.00	0.74										
87	100 x 74		SLE - N5A	0.78	2.90	OK	-6.26	-18.00	OK	3.88	360.00	OK
1	1.00	0.74										
88	100 x 74		SLE - N5A	0.71	2.90	OK	-5.30	-18.00	OK	3.50	360.00	OK
1	1.00	0.74										
89	100 x 74		SLE - N5A	0.60	2.90	OK	-3.99	-18.00	OK	2.92	360.00	OK
1	1.00	0.74										
90	100 x 74		SLE - N6B	0.47	2.90	OK	-4.54	-18.00	OK	2.25	360.00	OK
1	1.00	0.74										

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]		
91	100 x 74		SLE - N6B	0.34	2.90	OK	-5.21	-18.00	OK	1.57	360.00	OK
1	1.00	0.74										
92	100 x 80		SLE - N6A	0.17	2.90	OK	-5.00	-18.00	OK	0.71	360.00	OK
3	1.00	0.80										
93	100 x 80		SLE - N6A	0.05	2.90	OK	-5.10	-18.00	OK	0.11	360.00	OK
3	1.00	0.80										
94	100 x 95		SLE - N6A	0.00	2.90	OK	-3.97	-18.00	OK	-0.16	360.00	OK
4	1.00	0.95										
95	100 x 95		SLE - N6A	0.04	2.90	OK	-3.87	-18.00	OK	0.06	360.00	OK
4	1.00	0.95										
96	100 x 105		SLE - N6A	0.05	2.90	OK	-3.15	-18.00	OK	0.15	360.00	OK
5	1.00	1.05										
97	100 x 105		SLE - N6A	0.06	2.90	OK	-2.77	-18.00	OK	0.21	360.00	OK
5	1.00	1.05										
98	100 x 115		SLE - N6A	0.05	2.90	OK	-2.25	-18.00	OK	0.19	360.00	OK
6	1.00	1.15										
99	100 x 115		SLE - N5A	0.20	2.90	OK	-1.78	-18.00	OK	1.10	360.00	OK
6	1.00	1.15										
100	100 x 115		SLE - N5A	0.28	2.90	OK	-1.54	-18.00	OK	1.02	360.00	OK
6	1.00	1.15										
101	100 x 115		SLE - N5A	0.29	2.90	OK	-1.34	-18.00	OK	0.94	360.00	OK
6	1.00	1.15										
102	100 x 115		SLE - N5A	0.29	2.90	OK	-1.24	-18.00	OK	1.56	360.00	OK
6	1.00	1.15										
103	100 x 115		SLE - N5A	0.39	2.90	OK	-1.14	-18.00	OK	2.13	360.00	OK
6	1.00	1.15										
104	100 x 115		SLE - N6B	0.46	2.90	OK	-1.04	-18.00	OK	2.48	360.00	OK
6	1.00	1.15										

Crack checking for determinants cracked members

MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm ²]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm ²]
SECTION	Bc (m)	Hc (m)			
65	100 x 74		SLE - N6A	3.42	2.90
1	1.00				
65	100 x 74		SLE - N6A	3.42	2.90
6	1.00	0.74			



ANHANG 7 – FEM ANALYSE DES BAUWERKABSCHNITTS CT1-IN-GL-CM-T

Die Anlage 7 enthält die grafischen Darstellungen der wichtigsten In- und Outputs der FEM-Analysen der Stahlbetonkonstruktion, die mit dem Rechenprogramm MIDAS Gen. durchgeführt wurden, sowie die Nachweisverfahren im GZT und GZG.

APPENDICE 7 - ANALISI FEM DELLA PARTE D'OPERA CT1-IN-GL-CM-T

L'appendice 7 contiene le rappresentazioni grafiche dei principali input e output dell'analisi dell'opera in cemento armato condotte con il programma MIDAS Gen, oltre alle opportune verifiche sezionali allo SLU e SLE.

A.7.1. General parameters of structure

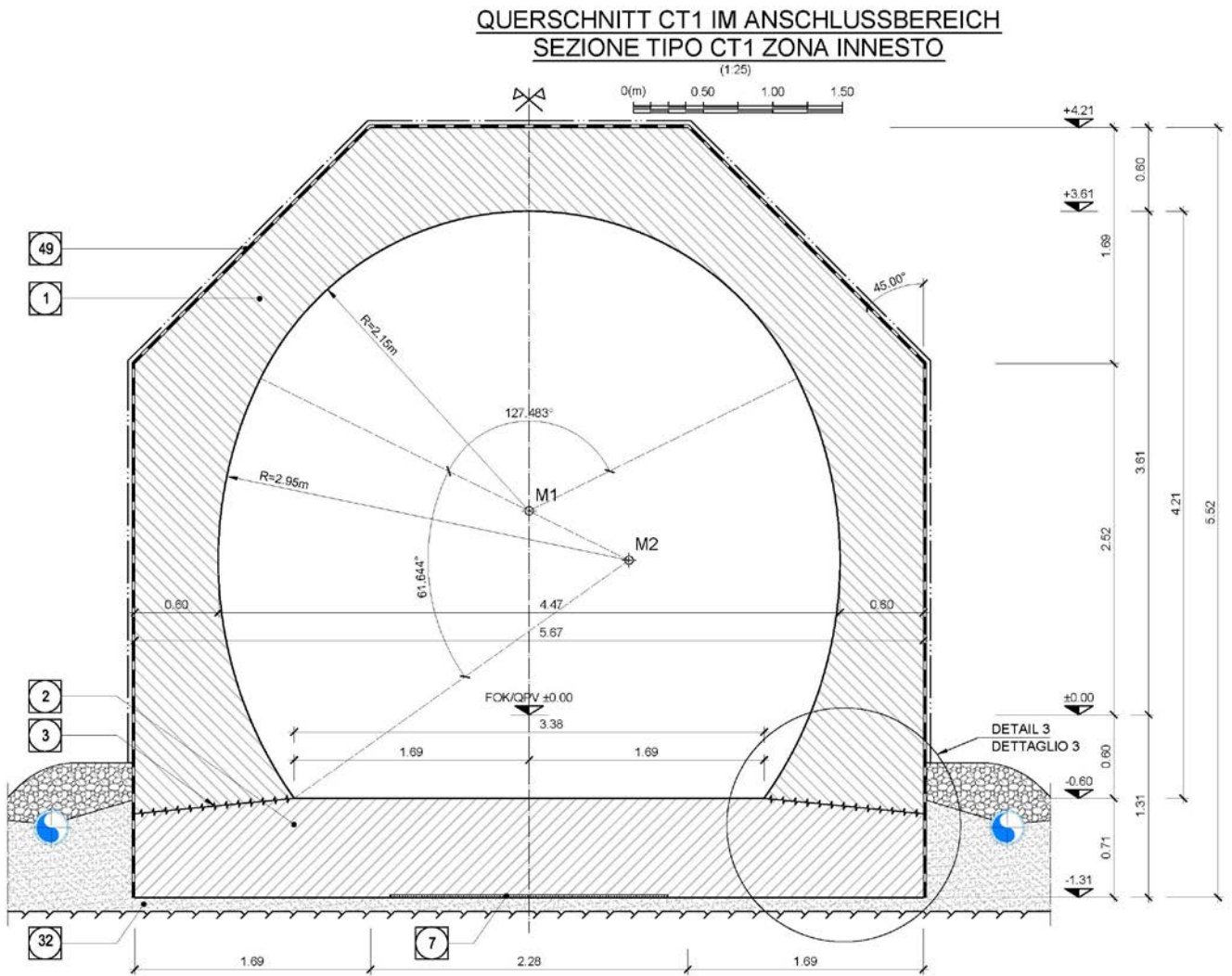


Figure 18 CT1-IN-GL-CM-T cross section

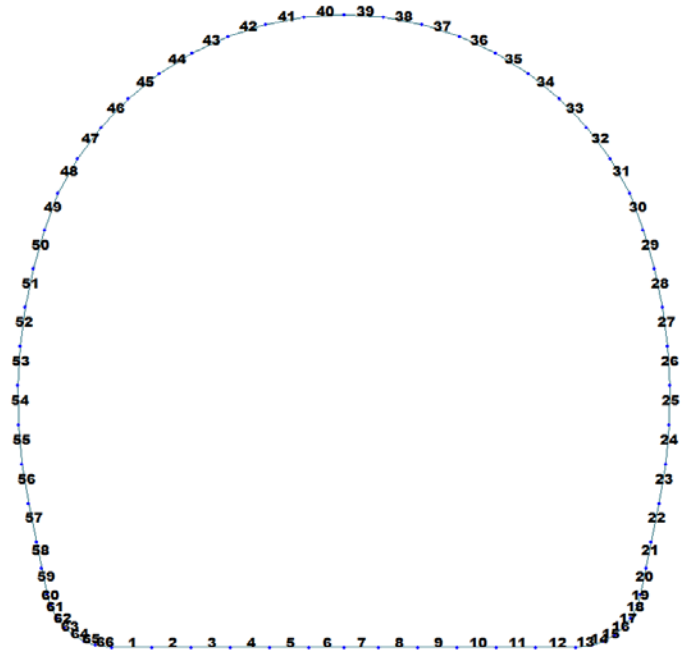


Figure 19 Elements numbering

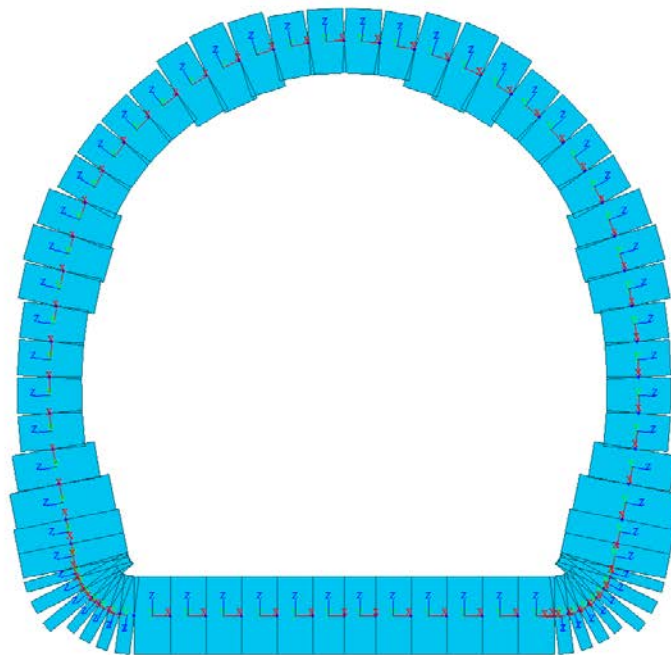


Figure 20 Element local axis

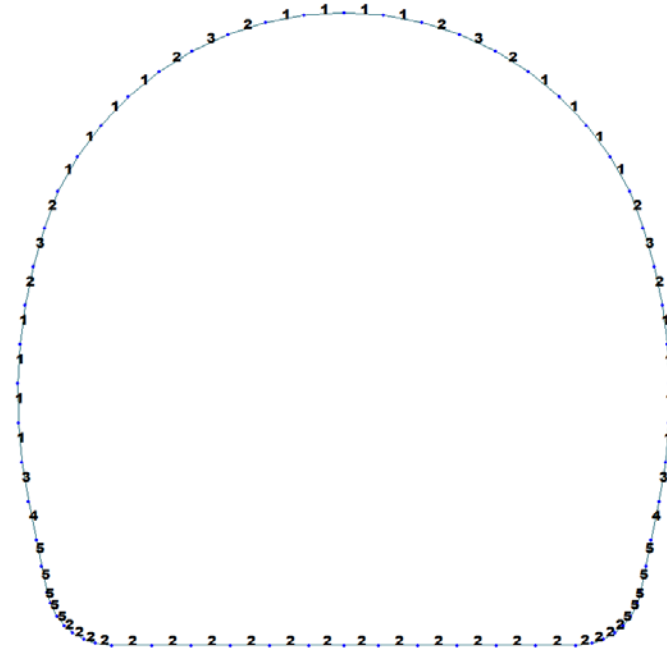


Figure 21 Element section property

Table 4 Section characteristic

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 54	0.5400	0.4500	0.4500	0.0348	0.0131	0.0450	0.5000	0.5000	0.2700	0.2700
2	100 x 65	0.6500	0.5417	0.5417	0.0546	0.0229	0.0542	0.5000	0.5000	0.3250	0.3250
3	100 x 70	0.7000	0.5833	0.5833	0.0649	0.0286	0.0583	0.5000	0.5000	0.3500	0.3500
4	100 x 85	0.8500	0.7083	0.7083	0.0999	0.0512	0.0708	0.5000	0.5000	0.4250	0.4250
5	100 x 90	0.9000	0.7500	0.7500	0.1128	0.0607	0.0750	0.5000	0.5000	0.4500	0.4500
6	100 x 54	0.5400	0.4500	0.4500	0.0348	0.0131	0.0450	0.5000	0.5000	0.2700	0.2700

Table 5 Material parameters

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

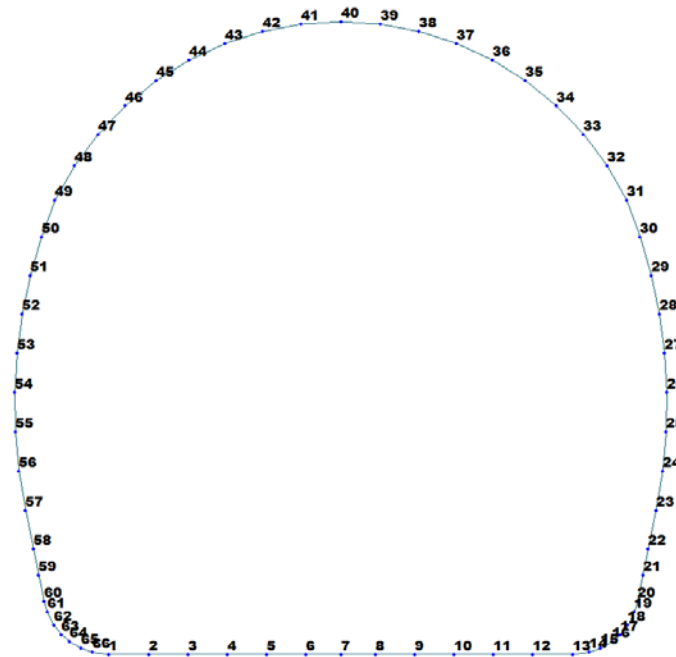


Figure 22 Node numbering

Table 6 Bounderies parameters

Node	Type	SDy (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	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
2	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
2	Linear	0	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
3	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
3	Linear	0	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
4	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
4	Linear	0	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
5	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
5	Linear	0	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
6	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
6	Linear	0	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
7	Linear	0	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
7	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
8	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
8	Linear	0	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
9	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
9	Linear	0	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
10	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
10	Linear	0	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
11	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
11	Linear	0	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
12	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
12	Linear	0	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
13	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
14	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
15	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0

16	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
17	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
18	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
19	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
20	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
60	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
61	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
62	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
63	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
64	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
65	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
66	Comp.-only	0	0	3000000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0

A.7.2. Load for GL-CM-T cross section

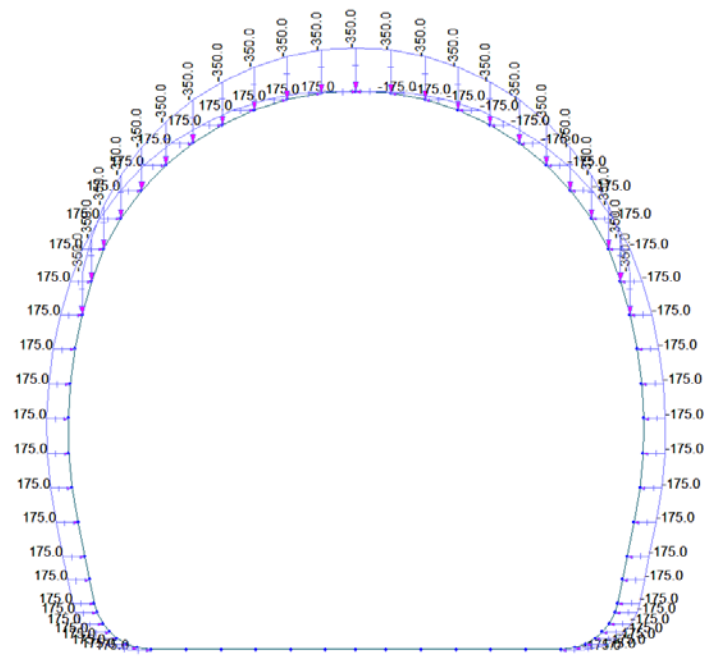


Figure 23 Load G5 A

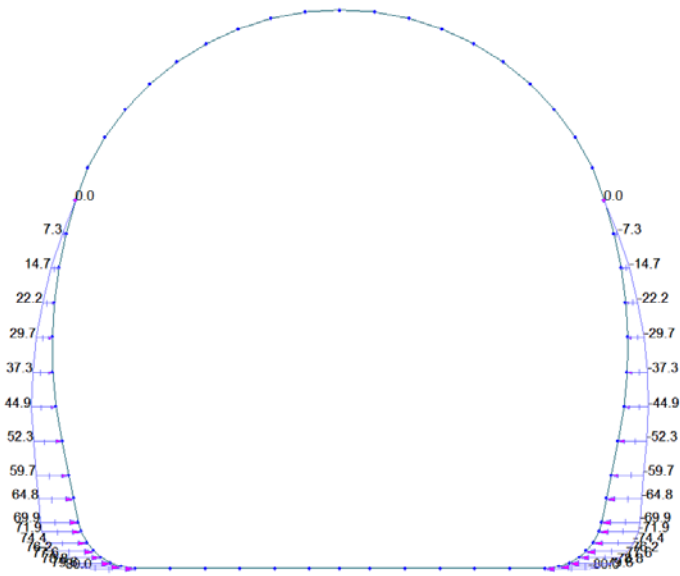


Figure 24 Load G5 B

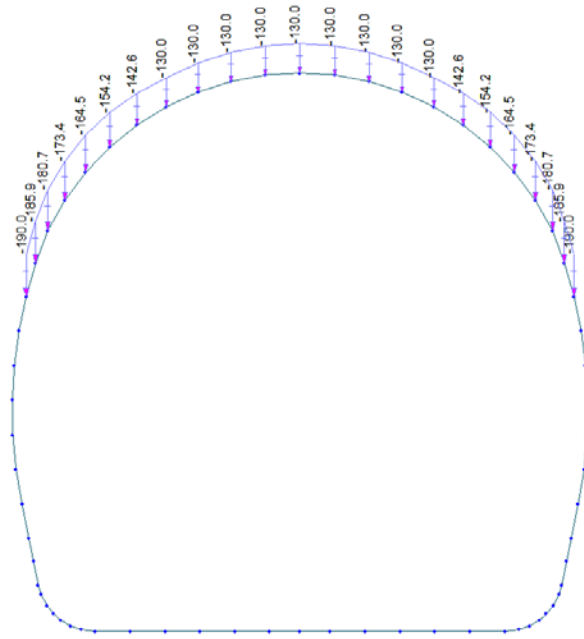


Figure 25 Load G5 C (Verticale)

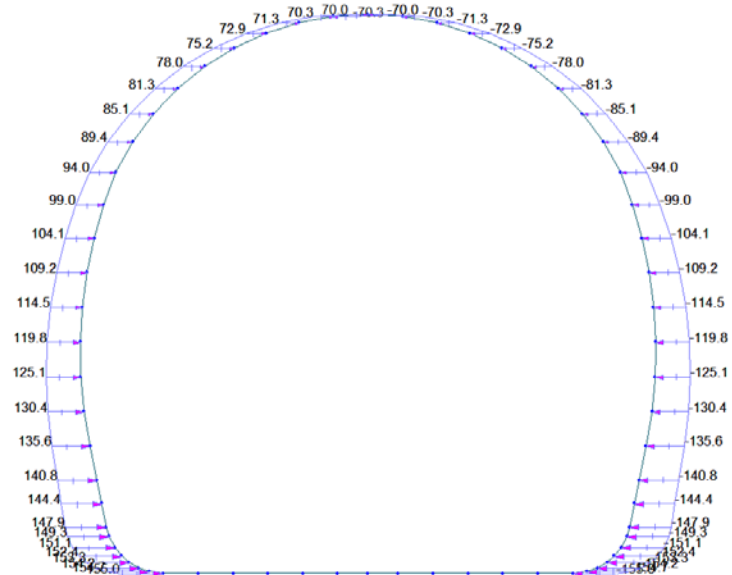


Figure 26 Load G5 C (Orizzontale)

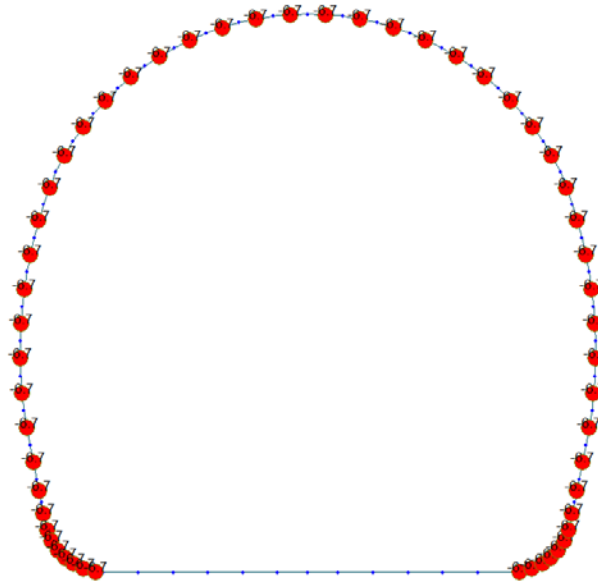


Figure 27 Load G6 SLU

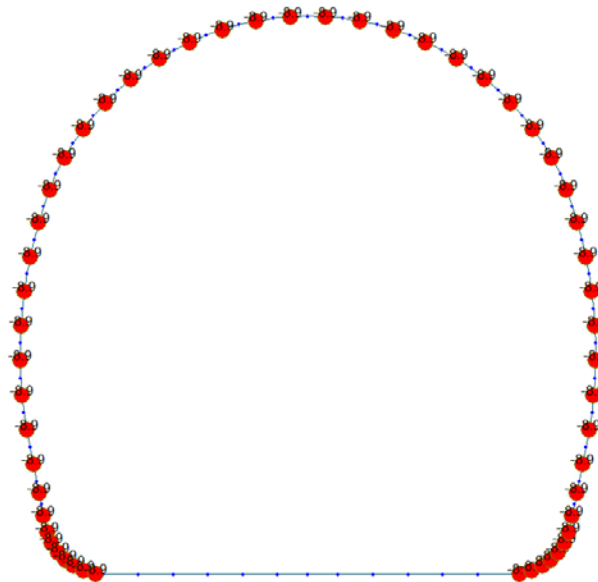


Figure 28 Load G6 SLE

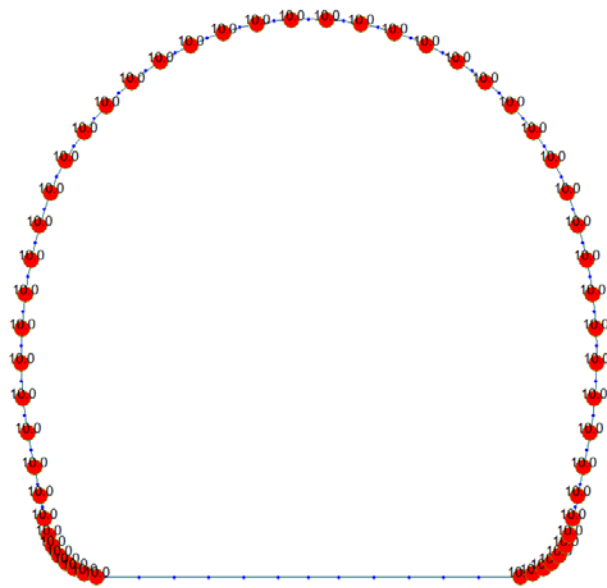


Figure 29 Q1 E (Costant temperature)

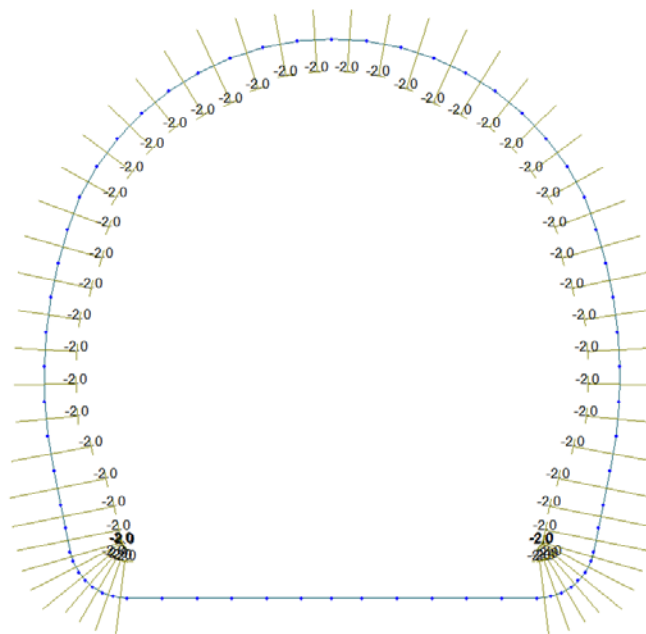


Figure 30 Load Q1 E (Temperature gradient)

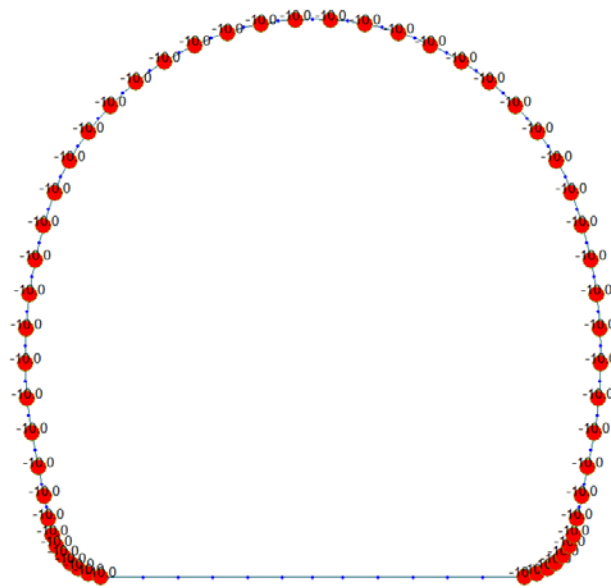


Figure 31 Load Q1 I (Constant temperature)

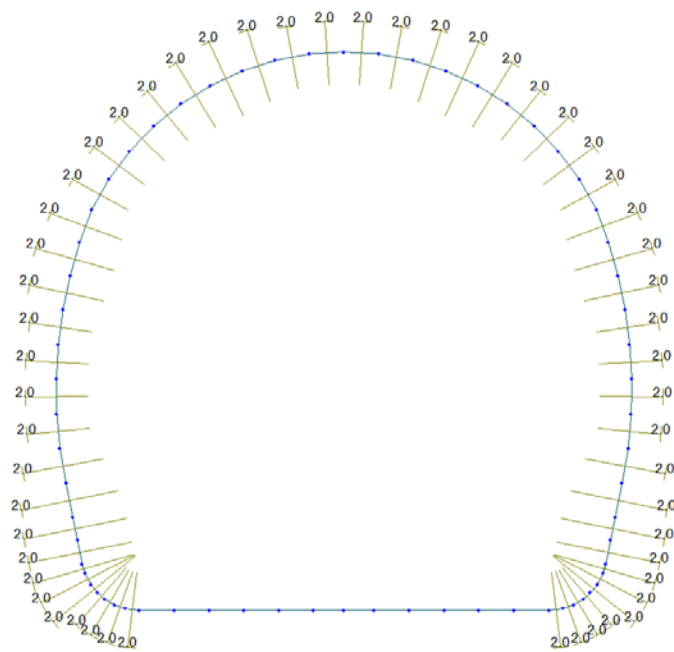


Figure 32 Load Q1 I (Temperature gradient)

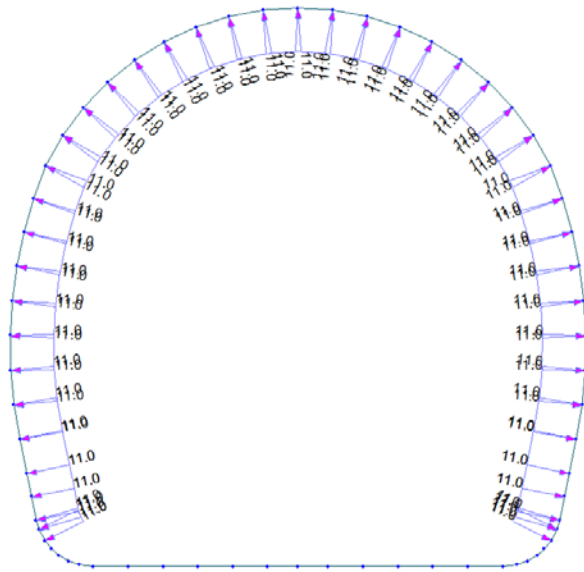


Figure 33 Load A1 Aspiration

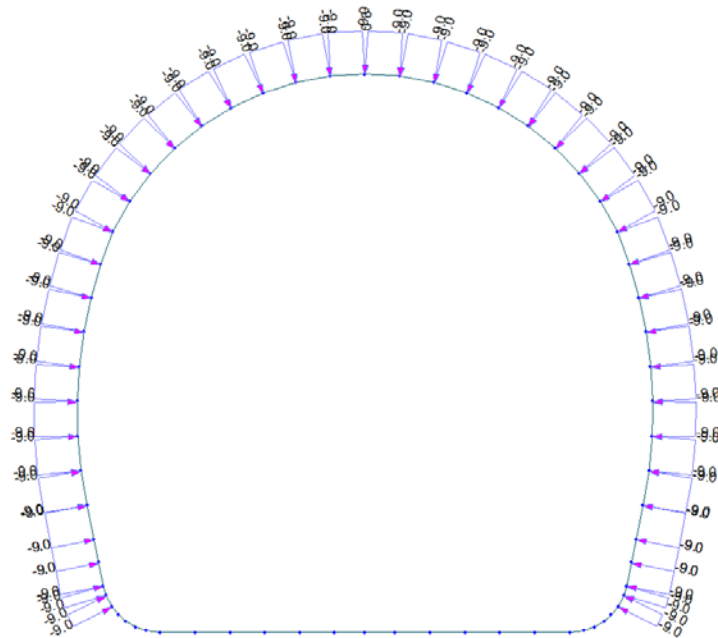


Figure 34 Load A Pression

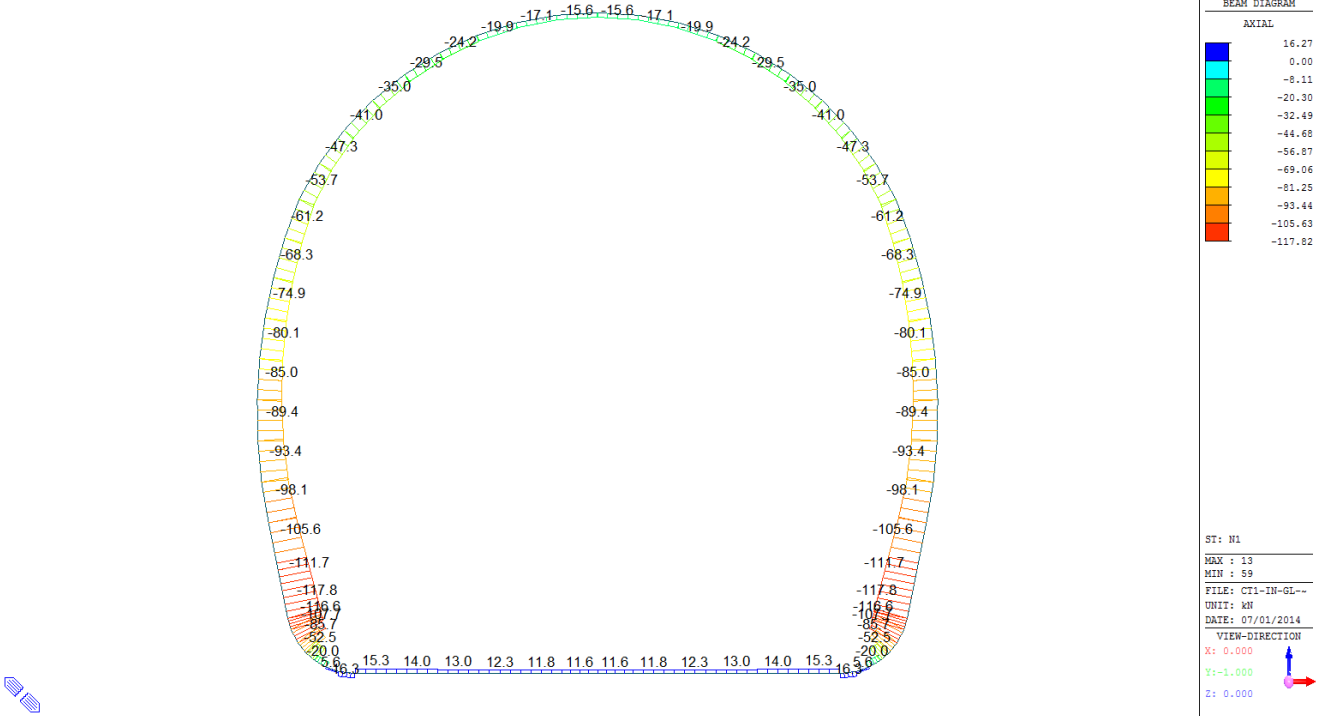
A.7.3. Load combinations

NUM	NAME	ACTIVE	TYPE	LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR)
1	1	Inactive	Add	G1(1.350) +	Q1 - E(1.500)	
2	2	Inactive	Add	G1(1.350) +	G6 - SLU(1.000) +	Q1 - I(1.500)
3	5 A	Inactive	Add	G1(1.350) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.350) + Q1 - E(1.500)	G5 - C (Verticale)(1.350)
4	5 B	Inactive	Add	G1(1.350) + + G5 - C (Orizzontale)(1.350) +	G5 - A(1.350) + Q1 - E(1.500)	G5 - C (Verticale)(1.000)
5	6 A	Inactive	Add	G1(1.350) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.350) + G6 - SLU(1.000) +	G5 - C (Verticale)(1.350) Q1 - I(1.500)
6	6 B	Inactive	Add	G1(1.350) + + G5 - C (Orizzontale)(1.350) +	G5 - A(1.350) + G6 - SLU(1.000) +	G5 - C (Verticale)(1.000) Q1 - I(1.500)
7	6 C	Inactive	Add	G1(1.350) + + Q1 - I(1.500)	G5 - B(1.350) +	G6 - SLU(1.000)
8	11	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + Q1 - E(0.600) +	G5 - C (Verticale)(1.000) A1 - P(1.000)
9	12	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + G6 - SLU(1.000) +	G5 - C (Verticale)(1.000) A1 - A(1.000)
10	21	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + Q1 - E(0.600)	G5 - C (Verticale)(1.000)
11	22	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + G6 - SLU(1.000)	G5 - C (Verticale)(1.000)
12	SLE - 1	Inactive	Add	G1(1.000) +	Q1 - E(1.000)	
13	SLE - 2	Inactive	Add	G1(1.000) +	G6 - SLE(1.000) +	Q1 - I(1.000)
14	SLE - 5A	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + Q1 - E(1.000)	G5 - C (Verticale)(1.000)
15	SLE - 5B	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + Q1 - E(1.000)	G5 - C (Verticale)(1.000)
16	SLE - 6A	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + G6 - SLE(1.000) +	G5 - C (Verticale)(1.000) Q1 - I(1.000)
17	SLE - 6B	Inactive	Add	G1(1.000) + + G5 - C (Orizzontale)(1.000) +	G5 - A(1.000) + G6 - SLE(1.000) +	G5 - C (Verticale)(1.000) Q1 - I(1.000)

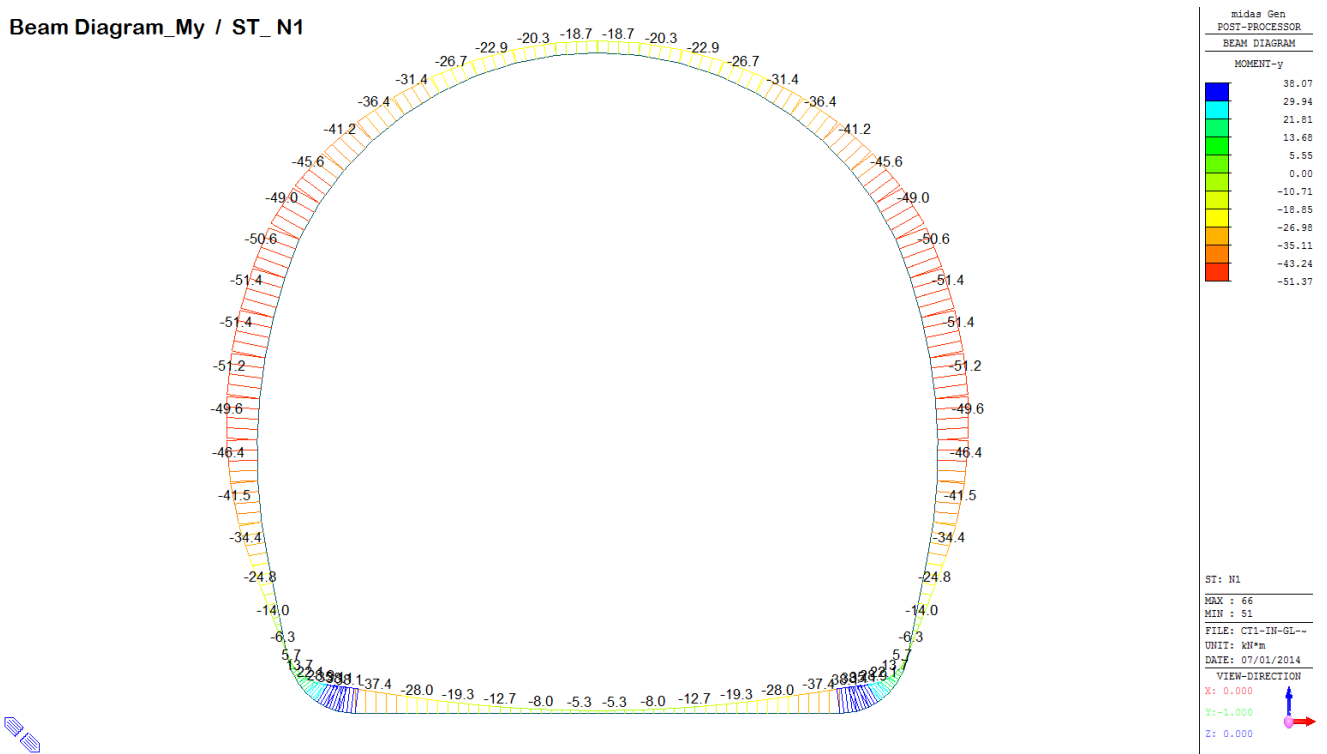
A.7.4. Output and check result for CT1-IN-GL-CM-T

A.7.4.1. Load combination SLU 1

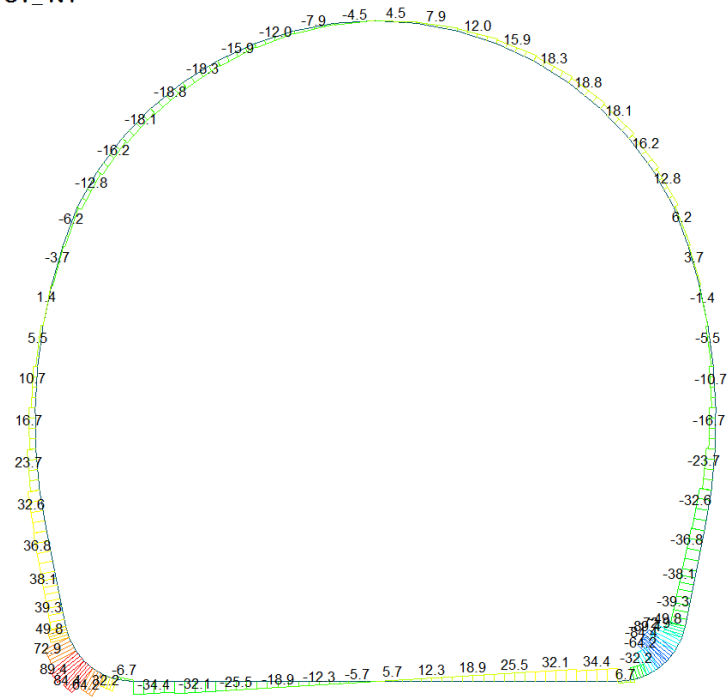
Beam Diagram_Fx / ST_N1



Beam Diagram_My / ST_N1



Beam Diagram_Fz / ST_N1



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

89.37
73.12
56.87
40.62
24.37
8.12
0.00
-24.37
-40.62
-56.87
-73.12
-89.37

ST: N1

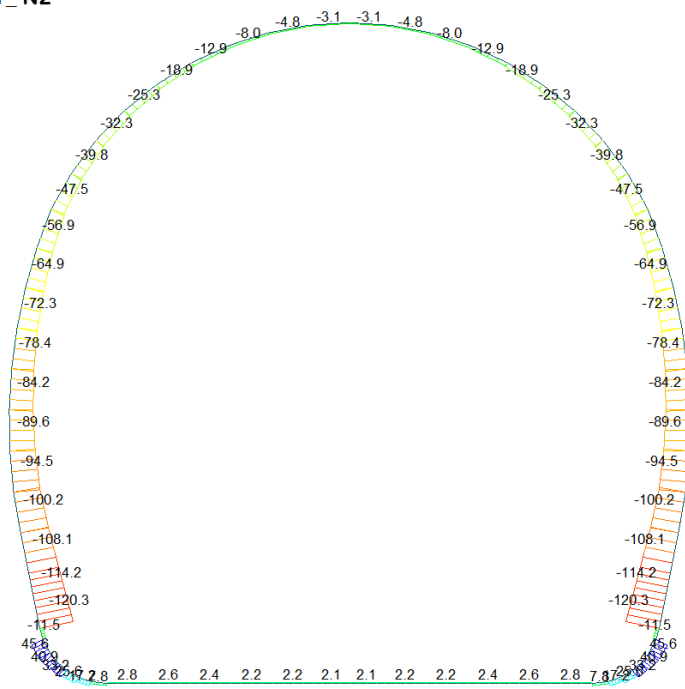
MAX : 62
MIN : 17

FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.7.4.2. Load combination SLU 2

Beam Diagram_Fx / ST_N2



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL

45.61
30.53
15.44
0.00
-14.72
-29.80
-44.88
-59.96
-75.05
-90.13
-105.21
-120.29

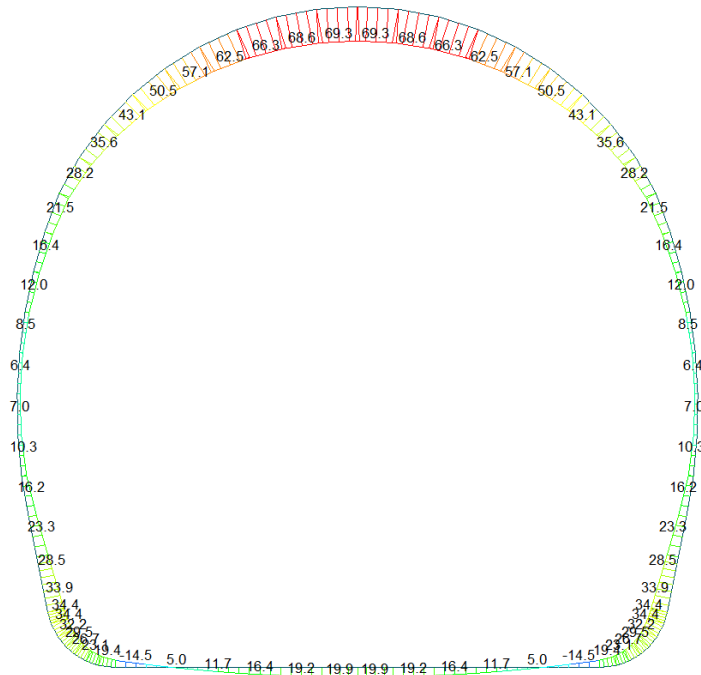
ST: N2

MAX : 18
MIN : 20

FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_My / ST_N2



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

69.34
61.71
54.08
46.46
38.83
31.21
23.58
15.96
8.33
0.00
-6.92
-14.55

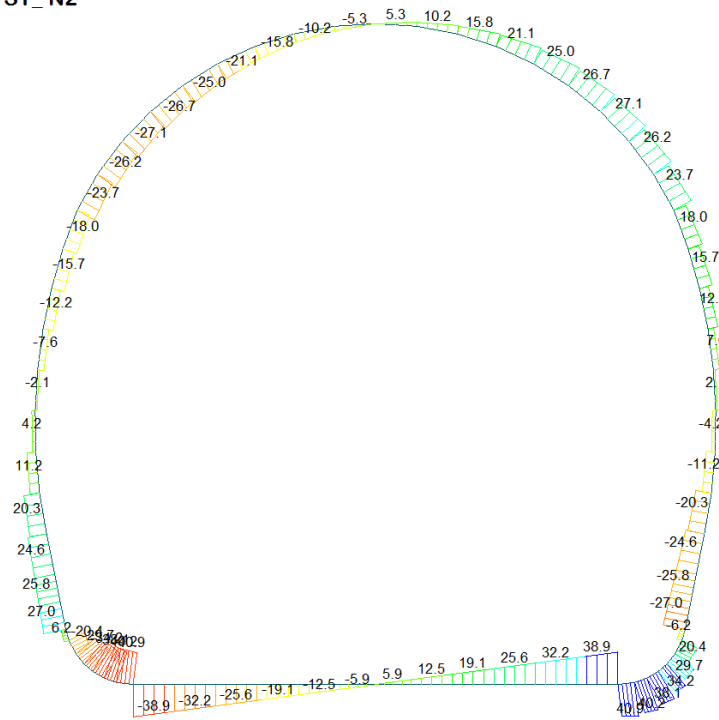
ST: N2

MAX : 39
MIN : 12

FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN*m
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N2



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

40.92
33.48
26.04
18.60
11.16
0.00
-3.72
-11.16
-18.60
-26.04
-33.48
-40.92

ST: N2

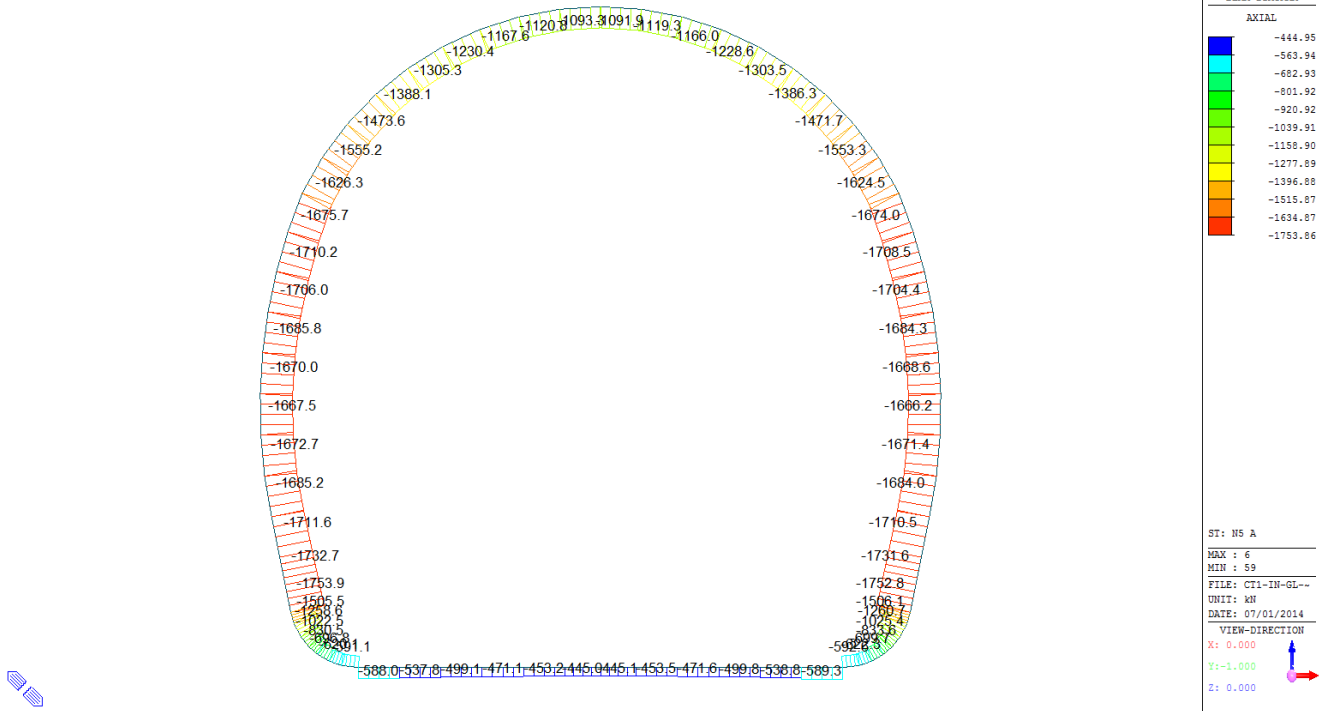
MAX : 13
MIN : 66

FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

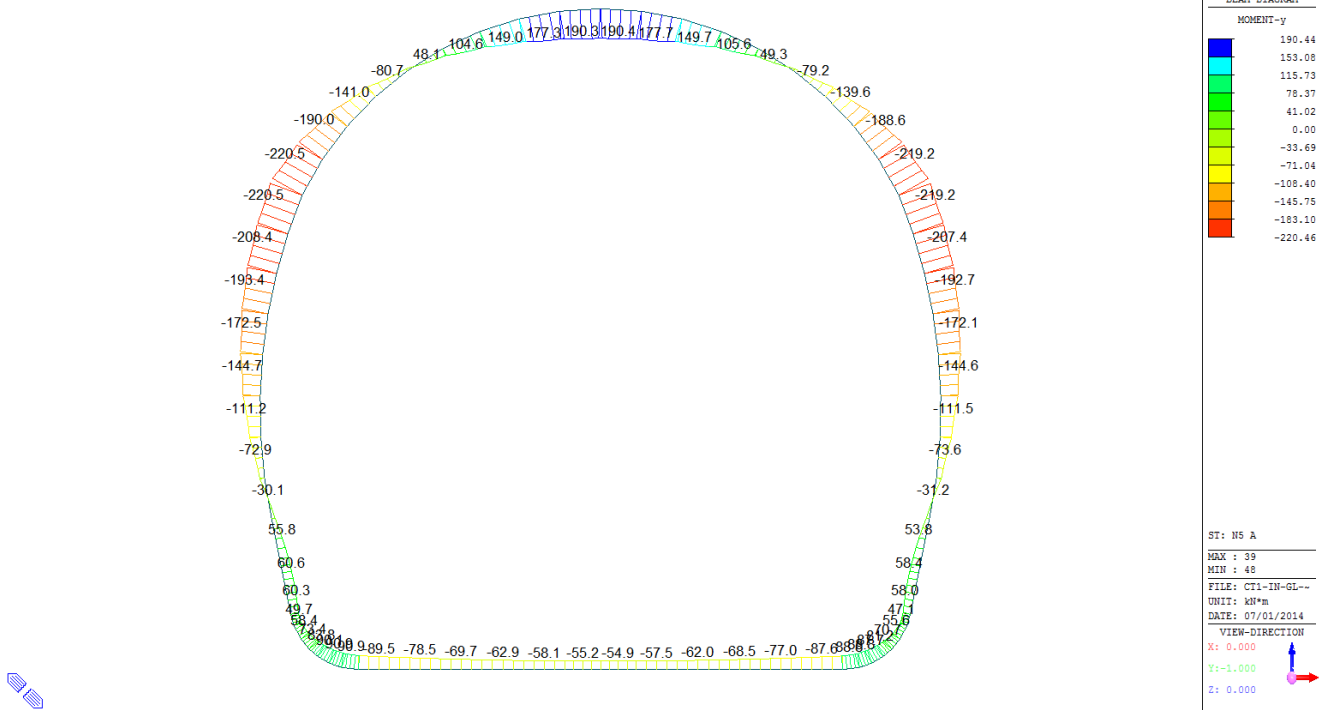
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.7.4.3. Load combination SLU 5A

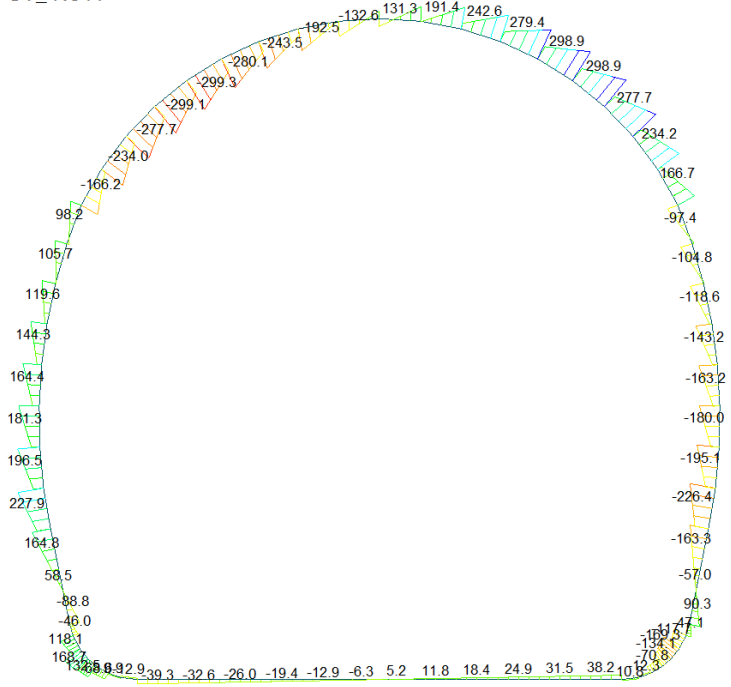
Beam Diagram_Fx / ST_N5 A



Beam Diagram_My / ST_N5 A



Beam Diagram_Fz / ST_N5 A



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

298.87
244.49
190.11
135.72
81.34
0.00
-27.43
-81.81
-136.20
-190.58
-244.96
-299.35

ST: N5 A

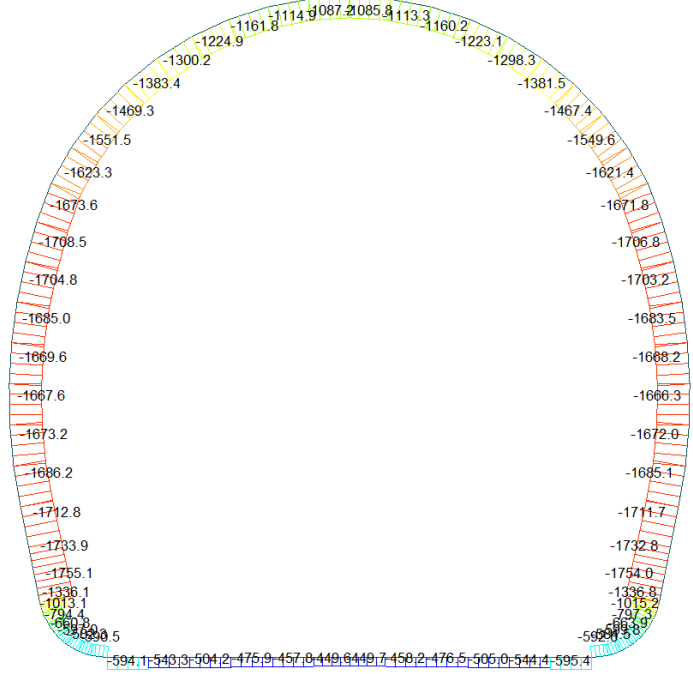
MAX : 35
MIN : 44

FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.7.4.4. Load combination SLU 6A

Beam Diagram_Fx / ST_N6 A



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL

-449.56
-568.24
-686.92
-805.60
-924.29
-1042.97
-1161.65
-1280.33
-1399.01
-1517.69
-1636.38
-1755.06

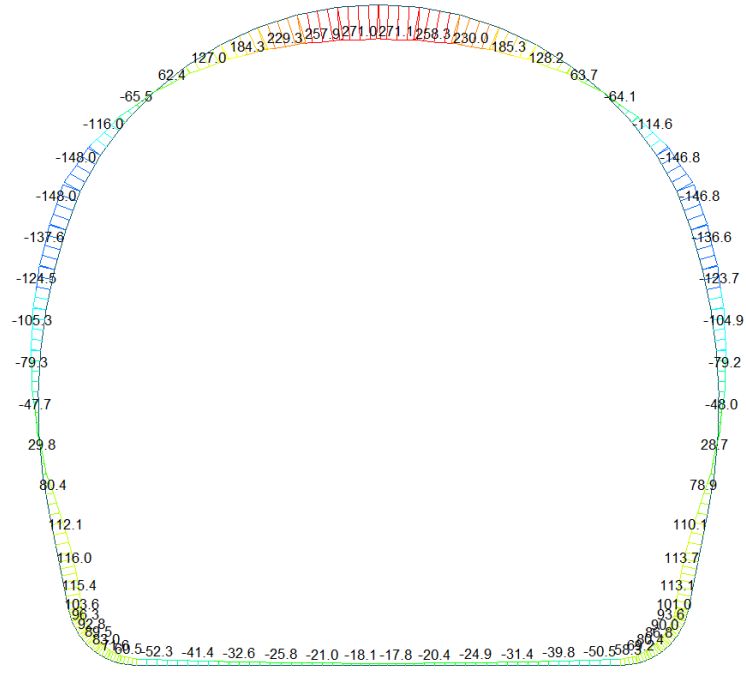
ST: N6 A

MAX : 6
MIN : 59

FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_My / ST_N6 A



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

271.12
233.01
194.91
156.81
118.70
80.60
42.50
0.00
-33.71
-71.81
-109.92
-148.02

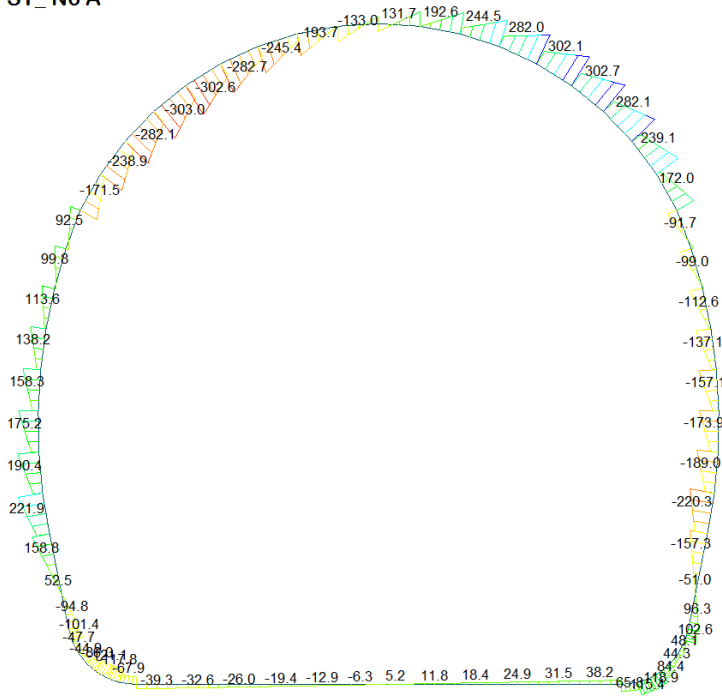
ST: N6 A

MAX : 39
MIN : 48

FILE: CTI-IN-GL--
UNIT: kN*m
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N6 A



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

302.71
247.65
192.59
137.53
82.47
0.00
-27.65
-82.71
-137.77
-192.83
-247.89
-302.95

ST: N6 A

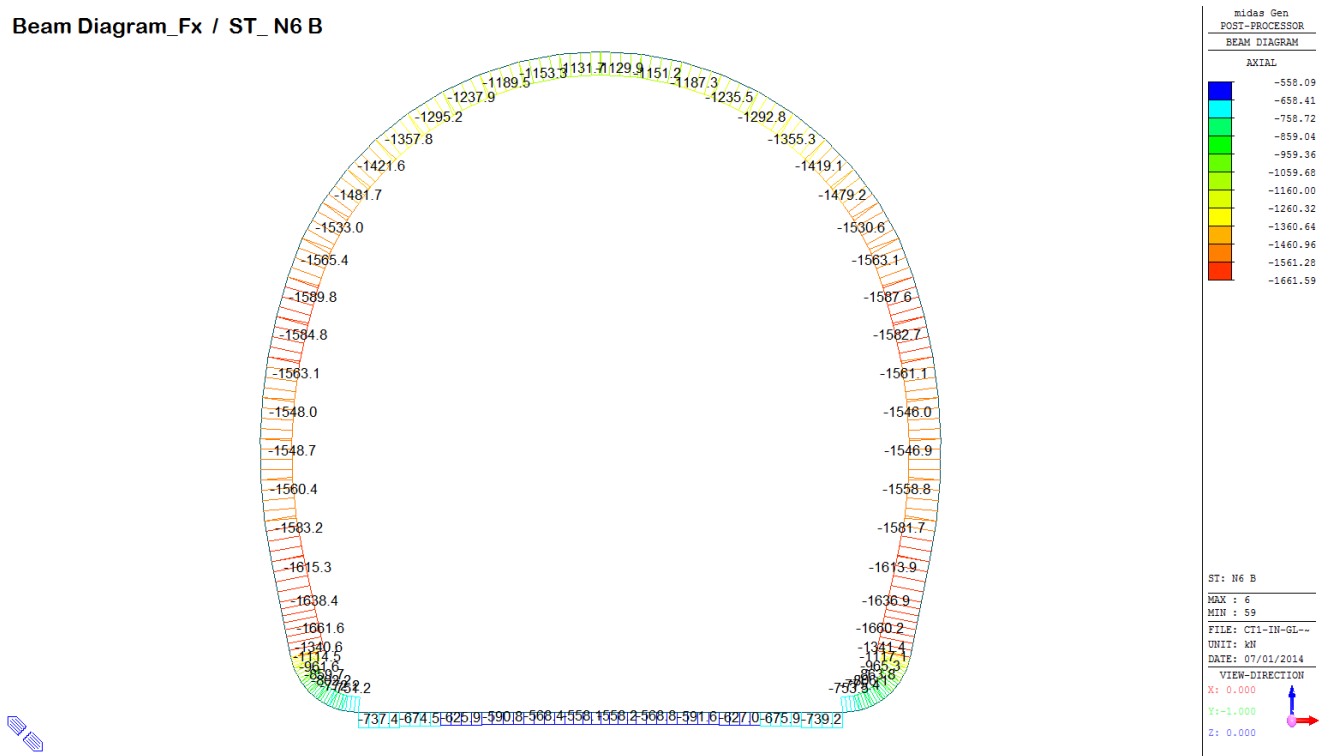
MAX : 34
MIN : 45

FILE: CTI-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

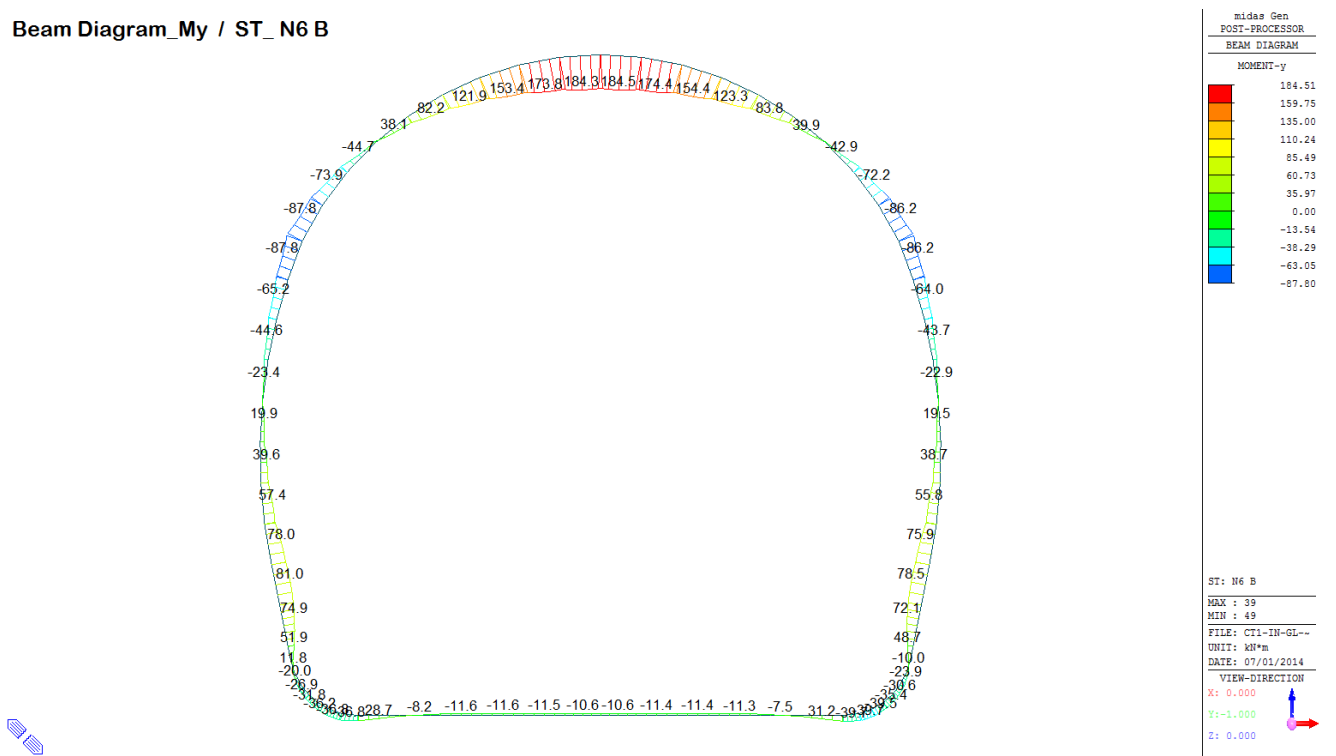
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.7.4.5. Load combination SLU 6B

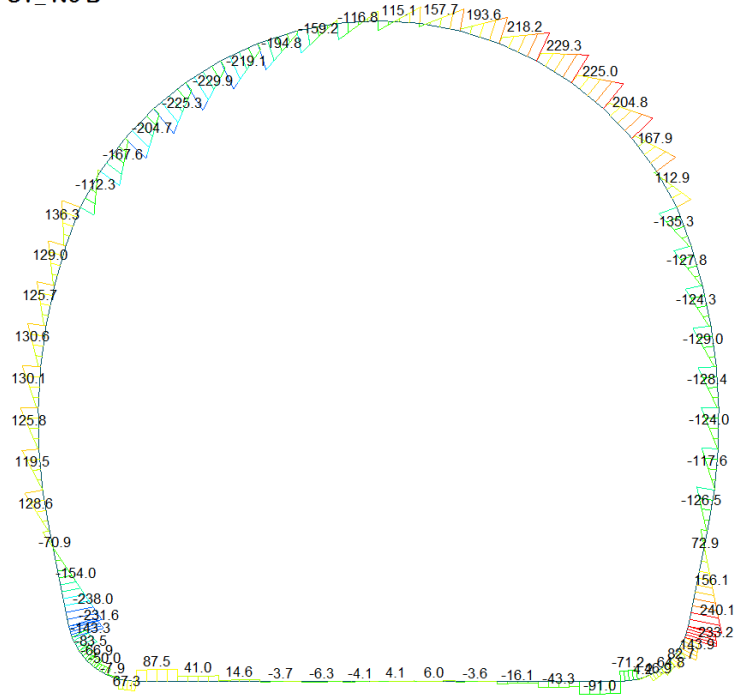
Beam Diagram_Fx / ST_N6 B



Beam Diagram_My / ST_N6 B



Beam Diagram_Fz / ST_N6 B



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

240.11
196.64
153.17
109.71
66.24
22.77
0.00
-64.16
-107.63
-151.09
-194.56
-238.02

ST: N6 B

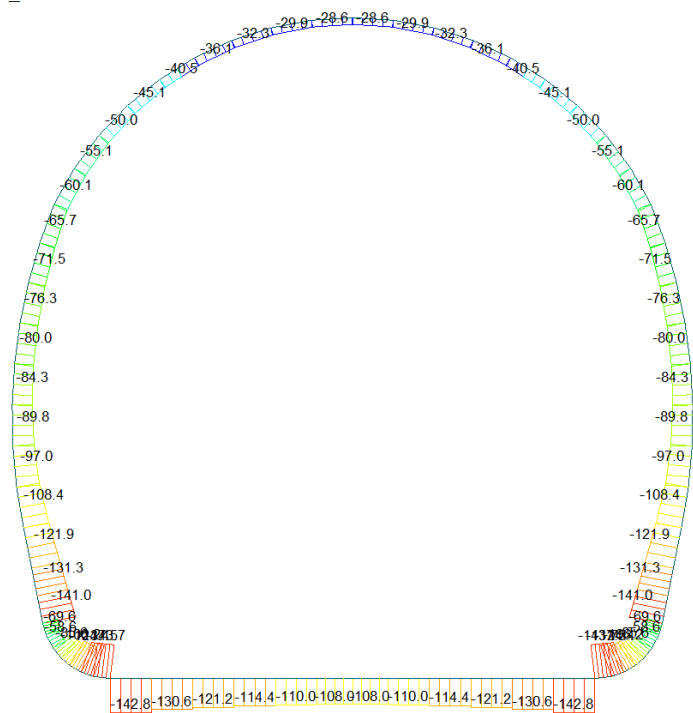
MAX : 20
MIN : 59

FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.7.4.6. Load combination SLU 6C

Beam Diagram_Fx / ST_N6 C



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL

-28.29
-38.78
-49.27
-59.76
-70.24
-80.73
-91.22
-101.71
-112.20
-122.69
-133.18
-143.67

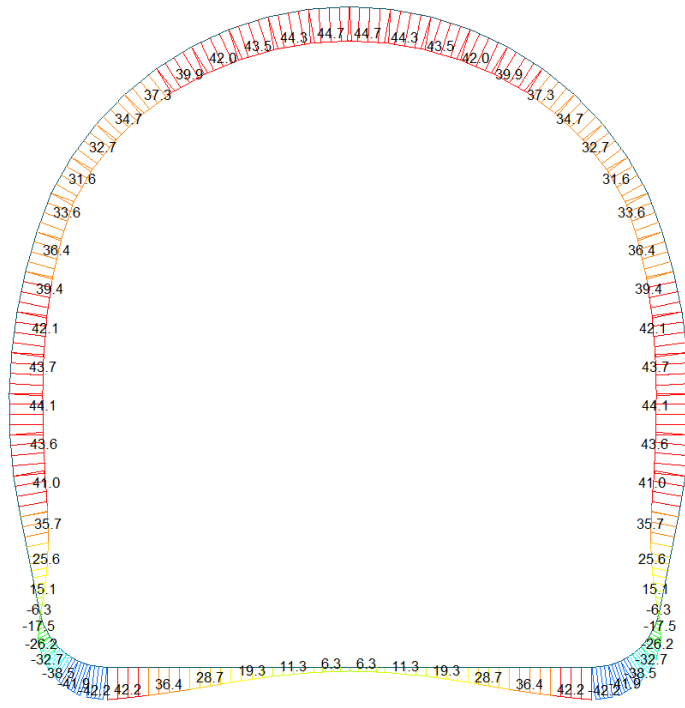
ST: N6 C

MAX : 99
MIN : 13

FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_My / ST_N6 C



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

44.71
36.80
28.90
21.00
13.10
5.19
0.00
-10.61
-18.52
-26.42
-34.32
-42.23

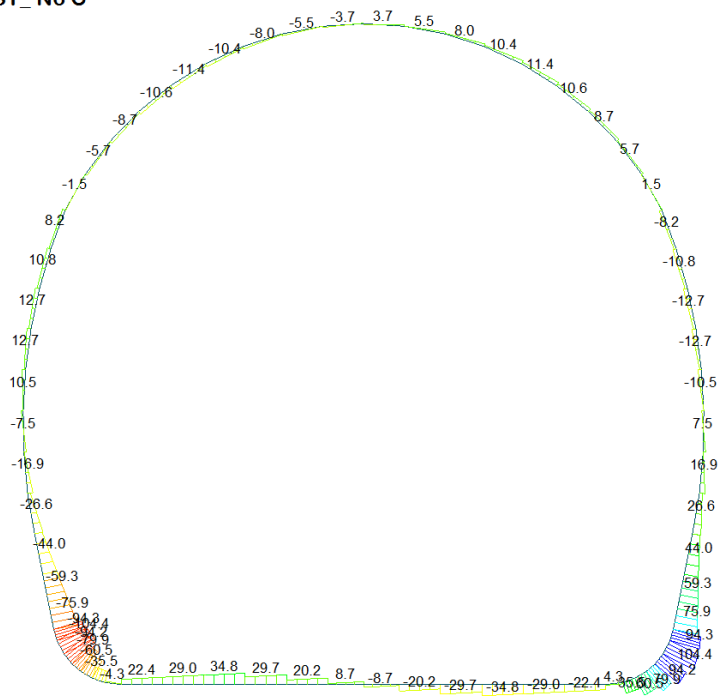
ST: N6 C

MAX : 39
MIN : 66

FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN*m
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N6 C



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

104.36
85.38
66.41
47.43
28.46
0.00
-9.49
-28.46
-47.43
-66.41
-85.38
-104.36

ST: N6 C

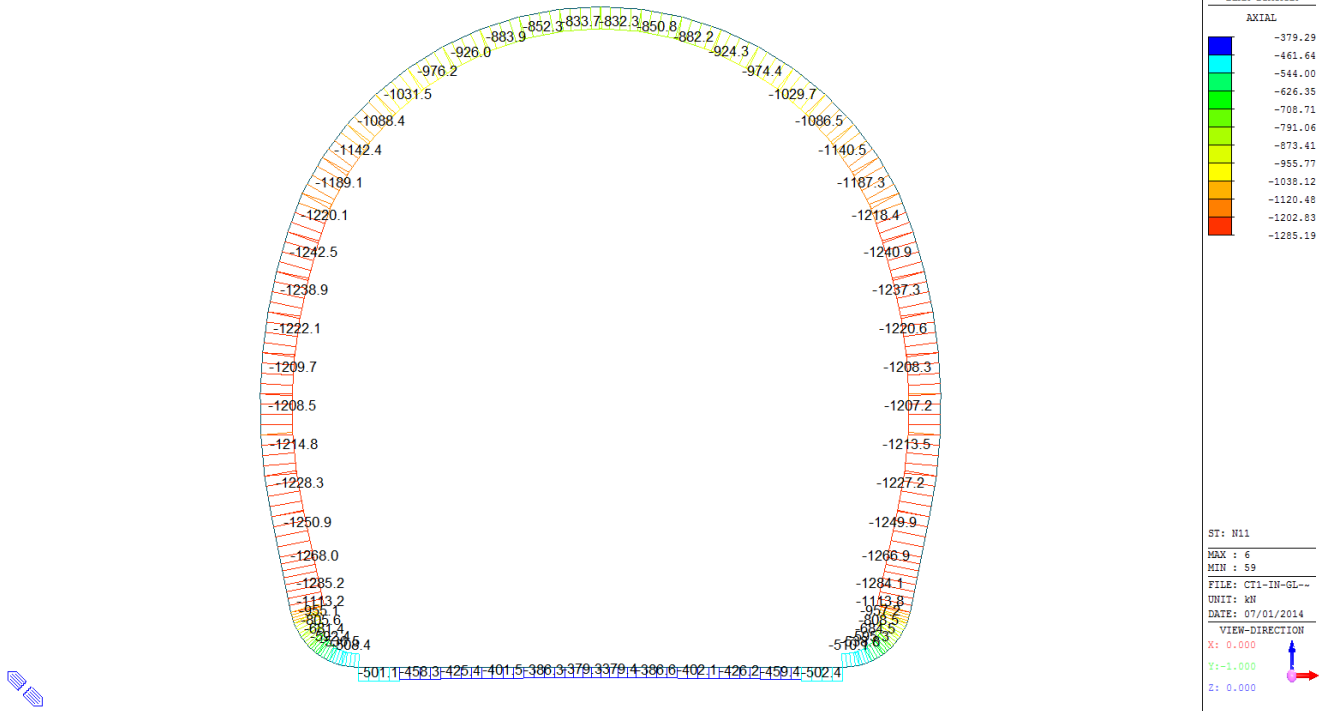
MAX : 18
MIN : 61

FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

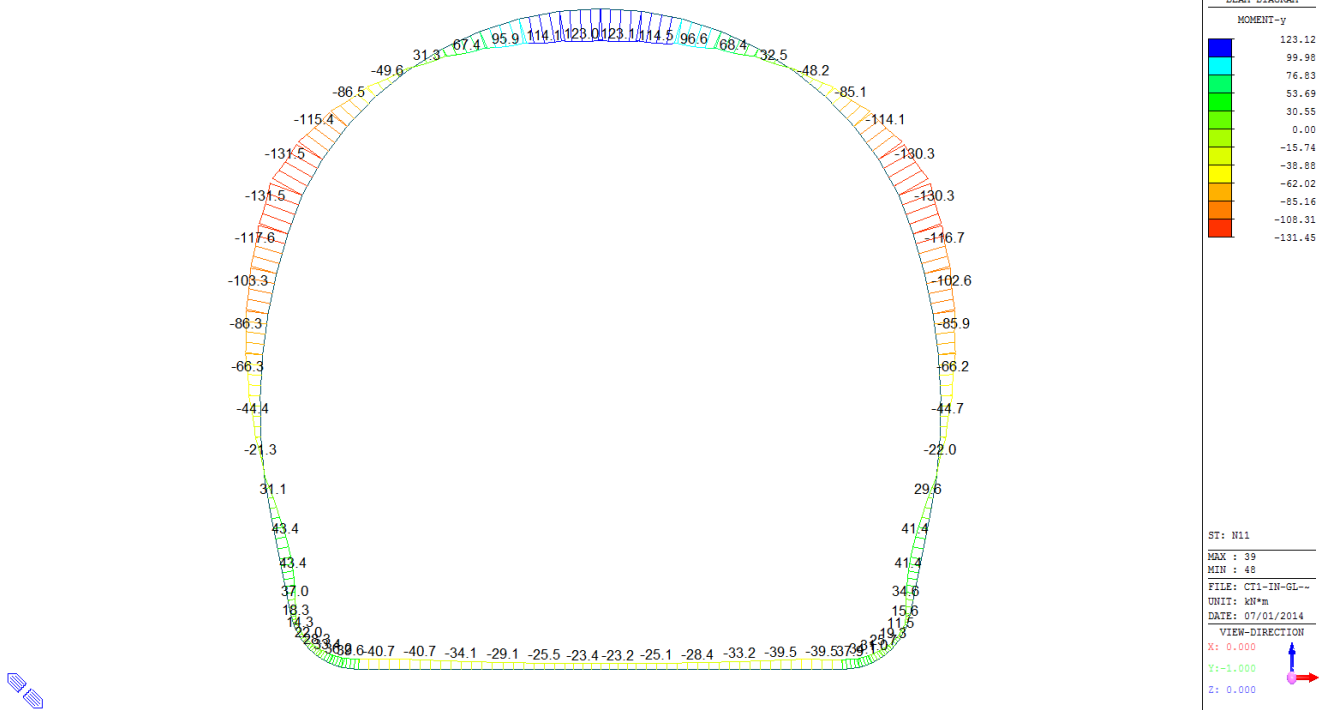
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.7.4.7. Load combination SLU 11

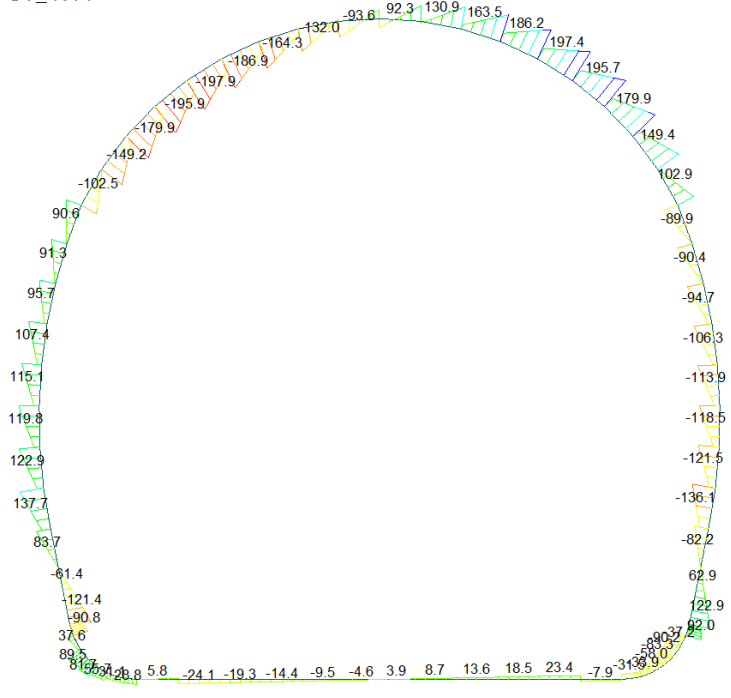
Beam Diagram_Fx / ST_N11



Beam Diagram_My / ST_N11



Beam Diagram_Fz / ST_N11



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

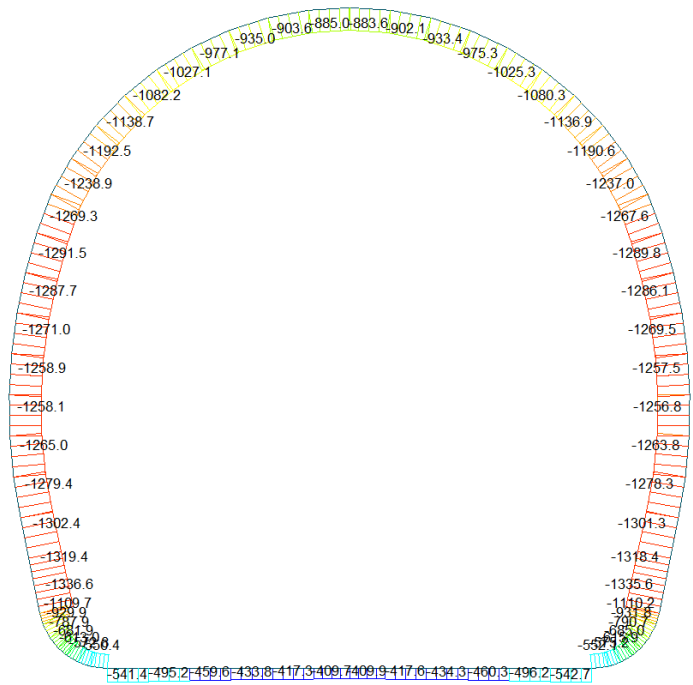
197.44
161.50
125.56
89.62
53.68
0.00
-18.20
-54.14
-90.08
-126.02
-161.96
-197.90

ST: N11
MAX : 35
MIN : 44
FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.7.4.8. Load combination SLU 12

Beam Diagram_Fx / ST_N12



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

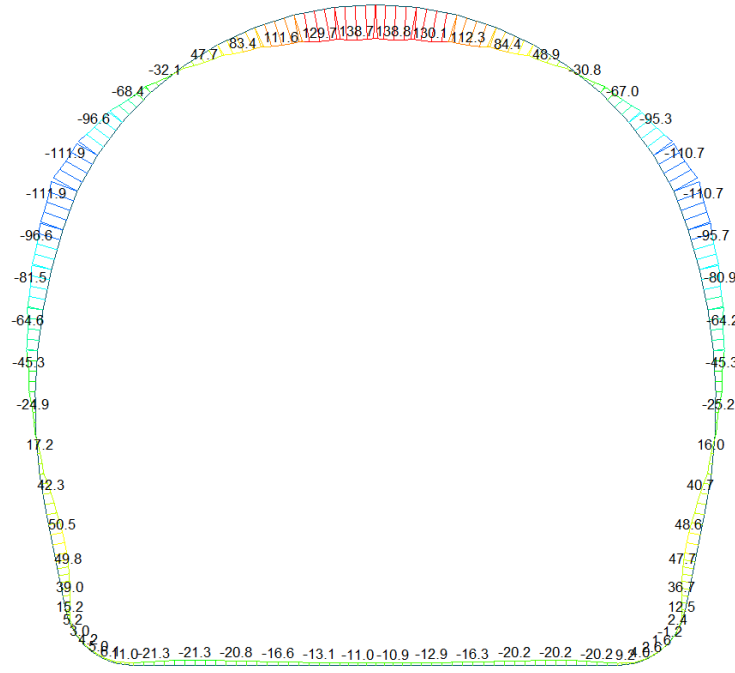
AXIAL

-409.75
-494.01
-578.28
-662.54
-746.80
-831.06
-915.33
-999.59
-1083.85
-1168.12
-1252.38
-1336.64

ST: N12
MAX : 6
MIN : 59
FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_My / ST_N12



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

138.79
116.00
93.22
70.43
47.65
24.86
0.00
-20.71
-43.50
-66.28
-89.07
-111.86

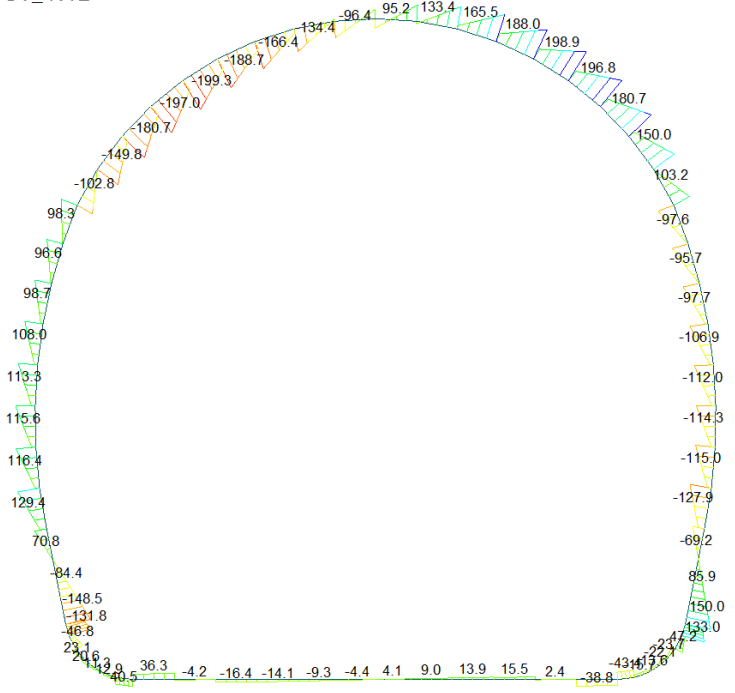
ST: N12

MAX : 39
MIN : 49

FILE: CTI-IN-GL--
UNIT: kN*m
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N12



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

198.86
162.66
126.46
90.27
54.07
0.00
-18.32
-54.52
-90.72
-126.91
-163.11
-199.31

ST: N12

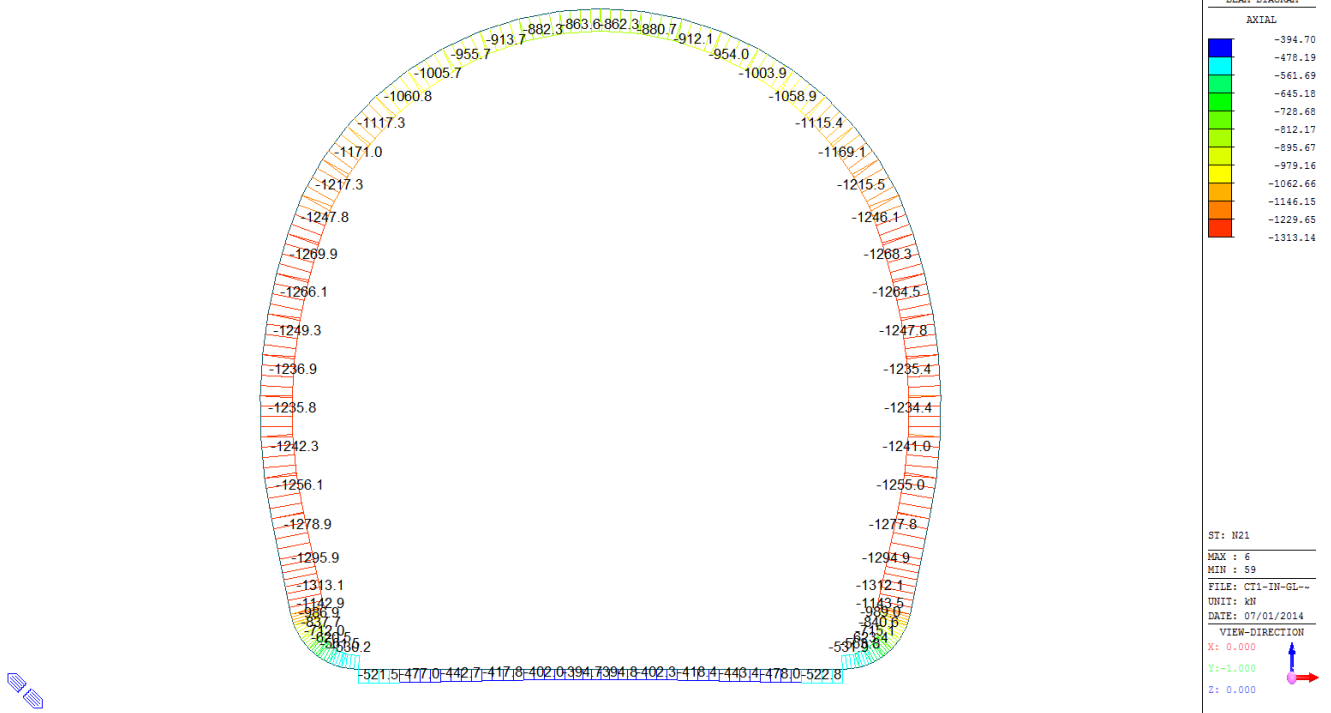
MAX : 35
MIN : 44

FILE: CTI-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

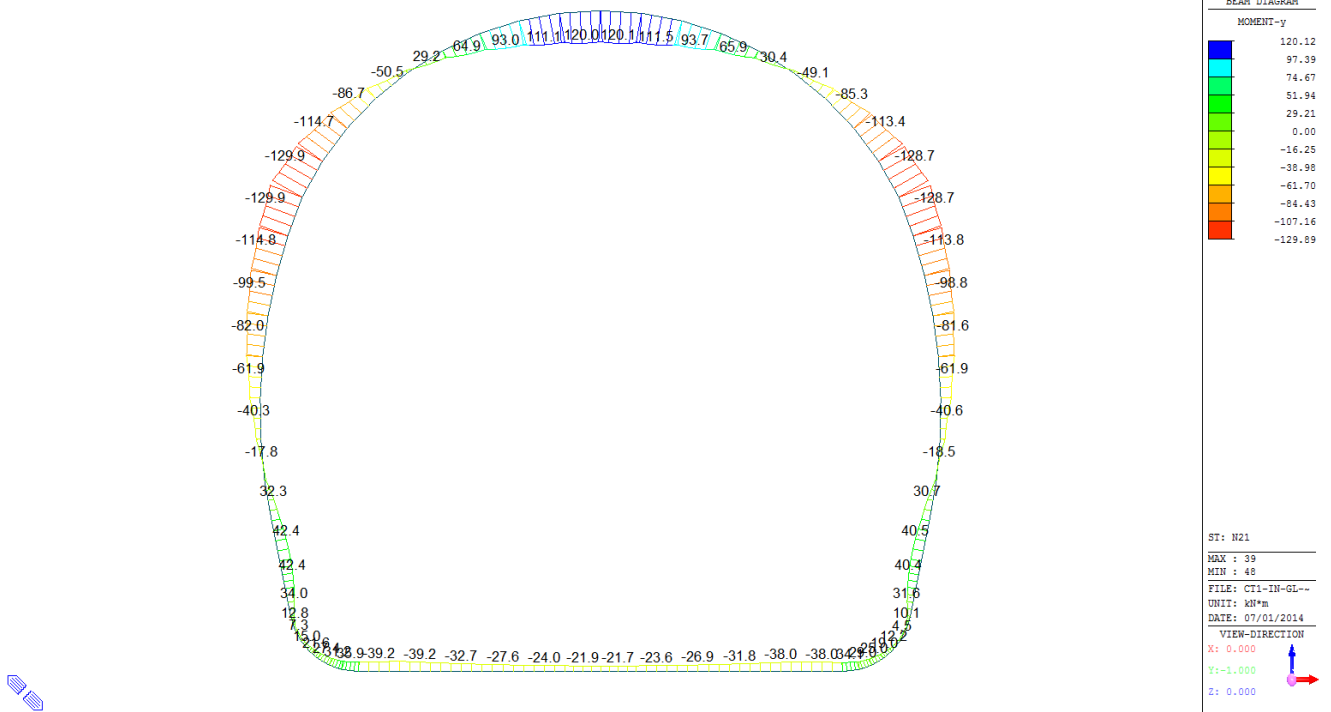
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.7.4.9. Load combination SLU 21

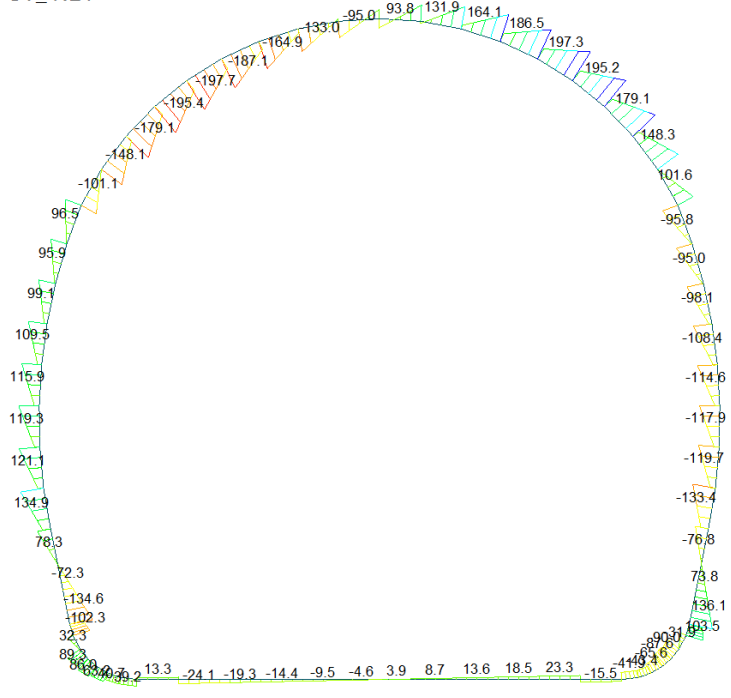
Beam Diagram_Fx / ST_N21



Beam Diagram_My / ST_N21



Beam Diagram_Fz / ST_N21



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

197.27
161.36
125.45
89.54
53.64
0.00
-18.18
-54.09
-90.00
-125.91
-161.82
-197.73

ST: N21

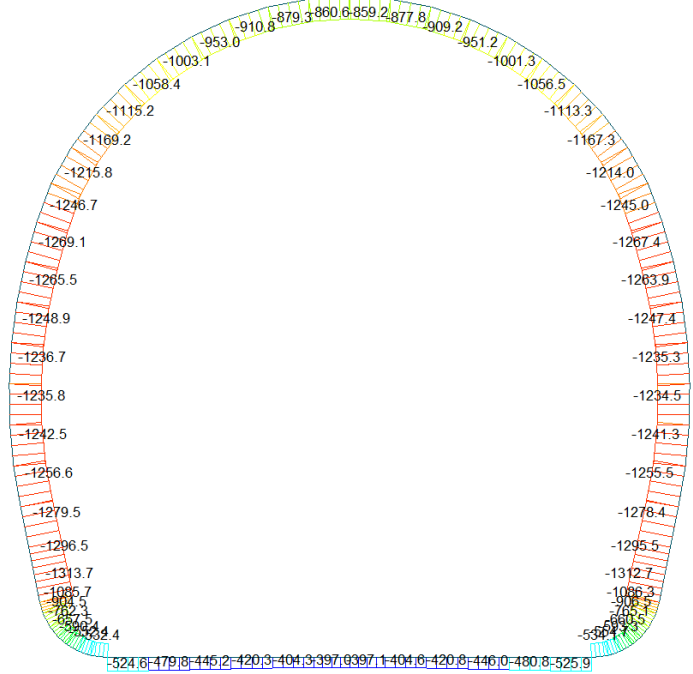
MAX : 35
MIN : 44

FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.7.4.10. Load combination SLU 22

Beam Diagram_Fx / ST_N22



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL

-396.99
-480.33
-563.67
-647.01
-730.35
-813.69
-897.03
-980.37
-1063.71
-1147.05
-1230.39
-1313.73

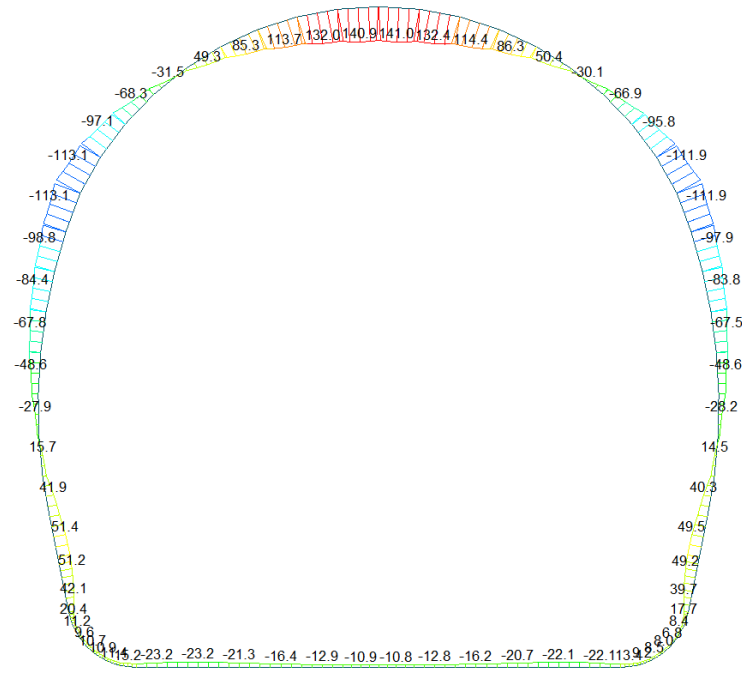
ST: N22

MAX : 6
MIN : 59

FILE: CT1-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_My / ST_N22



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

141.03
117.93
94.83
71.73
48.63
25.53
0.00
-20.67
-43.77
-66.87
-89.97
-113.07

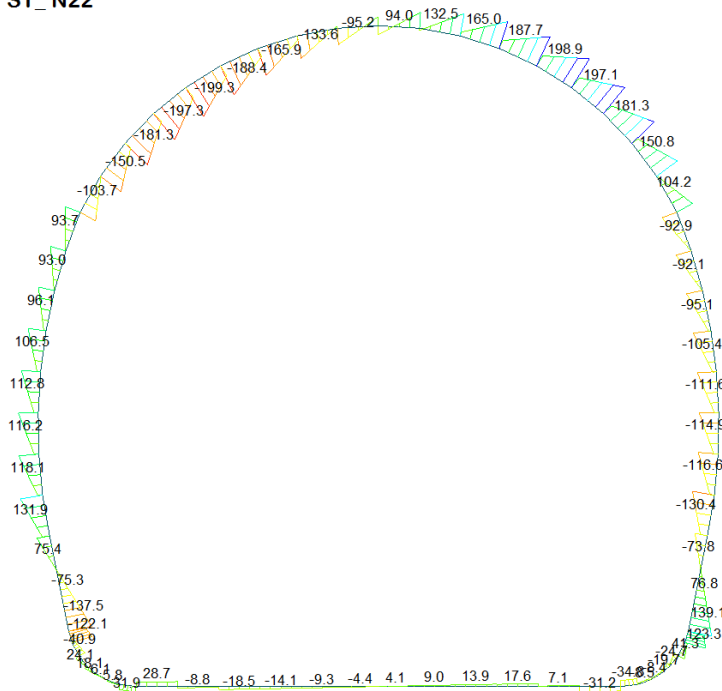
ST: N22

MAX : 39
MIN : 48

FILE: CTI-IN-GL--
UNIT: kN*m
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_Fz / ST_N22



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

198.88
162.68
126.48
90.28
54.08
0.00
-18.33
-54.53
-90.73
-126.93
-163.13
-199.34

ST: N22

MAX : 35
MIN : 44

FILE: CTI-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.7.4.11. Rebarred sections ratio checking

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 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 B	14-2-P14	10'526	587.994	89.455	0.000	329.970	-	87.506
2	1.00	0.65								0.097	0.097	0.000	0.265	-	0.265
2	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 B	14-2-P14	10'526	537.770	78.521	0.000	321.249	-	40.951
2	1.00	0.65								0.087	0.086	0.000	0.127	-	0.127
3	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	499.070	69.730	0.000	244.641	-	34.813
2	1.00	0.65								0.078	0.079	0.000	0.142	-	0.142
4	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	471.064	62.913	0.000	243.696	-	29.711
2	1.00	0.65								0.072	0.072	0.000	0.122	-	0.122
5	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	453.152	58.070	0.000	243.091	-	20.218
2	1.00	0.65								0.068	0.068	0.000	0.083	-	0.083
6	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	444.950	55.202	0.000	242.812	-	8.691
2	1.00	0.65								0.065	0.066	0.000	0.036	-	0.036
7	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	445.057	54.922	0.000	242.812	-	8.691
2	1.00	0.65								0.065	0.066	0.000	0.036	-	0.036
8	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	453.474	57.469	0.000	243.091	-	20.218
2	1.00	0.65								0.068	0.067	0.000	0.083	-	0.083
9	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	471.609	61.991	0.000	243.696	-	29.711
2	1.00	0.65								0.072	0.071	0.000	0.122	-	0.122
10	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	499.849	68.487	0.000	244.641	-	34.813
2	1.00	0.65								0.078	0.077	0.000	0.142	-	0.142
11	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 B	14-2-P14	10'526	538.800	76.957	0.000	321.442	-	43.331
2	1.00	0.65								0.085	0.086	0.000	0.135	-	0.135
12	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 B	14-2-P14	10'526	589.297	87.566	0.000	330.213	-	90.951
2	1.00	0.65								0.097	0.095	0.000	0.275	-	0.275
13	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	592.630	87.566	0.000	331.875	-	124.534
2	1.00	0.65								0.097	0.095	0.000	0.375	-	0.375
14	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	622.337	88.757	0.000	338.547	-	132.405
2	1.00	0.65								0.099	0.099	0.000	0.391	-	0.391
15	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	699.652	87.688	0.000	351.146	-	156.850
2	1.00	0.65								0.103	0.104	0.000	0.447	-	0.447
16	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	833.610	81.180	0.000	369.382	-	168.492
2	1.00	0.65								0.110	0.112	0.000	0.456	-	0.456
17	100 x 90		30.00	450.00	OK	N5 B	N5 A	14-2-P16	14'513	1202.630	35.667	0.000	437.297	-	169.324
5	1.00	0.90								0.088	0.089	0.000	0.387	-	0.387
18	100 x 90		30.00	450.00	OK	N5 B	N6 C	14-2-P16	14'513	1371.040	48.297	0.000	303.191	-	104.356
5	1.00	0.90								0.102	0.104	0.000	0.344	-	0.344
19	100 x 90		30.00	450.00	OK	N5 B	N6 B	14-2-P16	14'513	1515.580	50.008	0.000	484.921	-	233.177
5	1.00	0.90								0.112	0.113	0.000	0.481	-	0.481
20	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6 A	N6 B	14-2-P16	14'513	1732.770	113.075	0.000	530.085	-	240.107
5	1.00	0.90								0.138	0.141	0.000	0.453	-	0.453
21	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6 A	N6 B	14-2-P16	14'513	1732.770	113.075	0.000	526.796	-	156.052
5	1.00	0.90								0.138	0.141	0.000	0.296	-	0.296
22	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6 A	N5 A	14-2-P16	13'763	1711.720	110.129	0.000	518.977	-	163.256
4	1.00	0.85								0.145	0.146	0.000	0.315	-	0.315
23	100 x 70		30.00	450.00	OK	N6 A	N5 A	14-2-P14	11'276	1685.080	78.851	0.000	472.534	-	226.354
3	1.00	0.70								0.172	0.171	0.000	0.479	-	0.479
24	100 x 54		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 A	14-2-P14	8'876	1656.320	73.590	0.000	417.581	-	195.055
1	1.00	0.54								0.221	0.224	0.000	0.467	-	0.467
25	100 x 54		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 A	14-2-P14	8'876	1659.080	111.493	0.000	417.581	-	179.977
1	1.00	0.54								0.247	0.241	0.000	0.431	-	0.431
26	100 x 54		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 A	14-2-P14	8'876	1668.560	144.596	0.000	417.581	-	163.214
1	1.00	0.54								0.268	0.273	0.000	0.391	-	0.391
27	100 x 54		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 A	14-2-P14	8'876	1684.280	172.079	0.000	417.581	-	143.164
1	1.00	0.54								0.291	0.294	0.000	0.343	-	0.343
28	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	1704.400	192.703	0.000	447.254	-	132.865
2	1.00	0.65								0.241	0.239	0.000	0.297	-	0.297
29	100 x 70		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	11'276	1670.780	207.367	0.000	458.883	-	136.251
3	1.00	0.70								0.220	0.224	0.000	0.297	-	0.297
30	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	1630.070	219.239	0.000	439.952	-	143.524
2	1.00	0.65								0.249	0.252	0.000	0.326	-	0.326

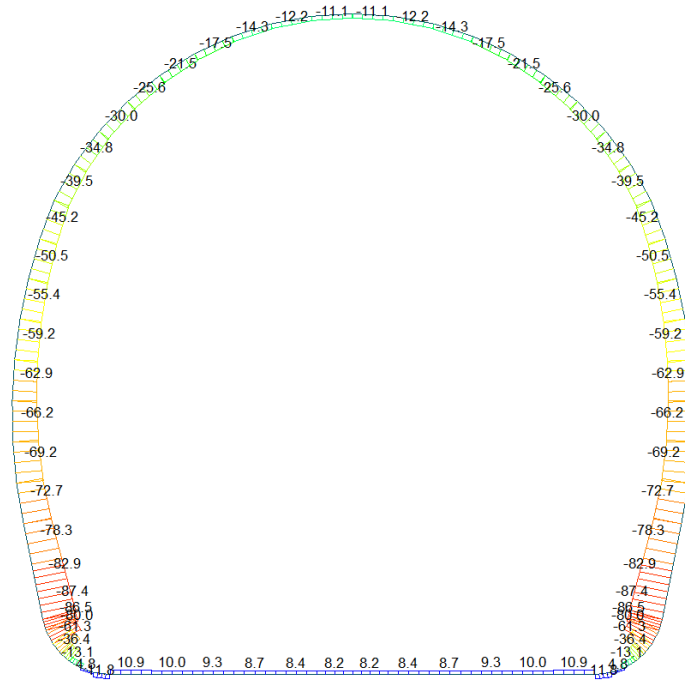
SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		f _{ck} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	CHECK	LOAD CB M-N iteration	LOAD CB V	Rebar	N _{Rdmax}	N _{Ed}	M _{Edy}	M _{Edz}	V _{Rdc}	V _{Rds}	V _{Ed}
SECTION	B _c (m)	H _c (m)								Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
61	100 x 90		30.00	450.00	OK	N5 B	N6 C	14-2-P16	14'513	1368.340	44.466	0.000	303.191	-	104.356
5	1.00	0.90								0.101	0.100	0.000	0.344	-	0.344
62	100 x 90		30.00	450.00	OK	N5 B	N5 A	14-2-P16	14'513	1176.090	44.466	0.000	436.887	-	168.651
5	1.00	0.90								0.088	0.087	0.000	0.386	-	0.386
63	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	830.529	83.769	0.000	368.806	-	166.358
2	1.00	0.65								0.111	0.112	0.000	0.451	-	0.451
64	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	696.836	90.061	0.000	350.604	-	153.669
2	1.00	0.65								0.104	0.105	0.000	0.438	-	0.438
65	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 A	14-2-P14	10'526	620.106	90.902	0.000	308.486	-	117.775
2	1.00	0.65								0.100	0.100	0.000	0.382	-	0.382
66	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	584.984	90.902	0.000	331.563	-	120.608
2	1.00	0.65								0.098	0.098	0.000	0.364	-	0.364

A.7.4.12. Rebared sections ratio checking for fire combinations load

SECTION CHECKING - FIRE COMBINATIONS LOAD															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		f _{ck} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	CHECK	LOAD CB M-N iteration	LOAD CB V	Rebar	N _{Rdmax}	N _{Ed}	M _{Edy}	M _{Edz}	V _{Rdc}	V _{Rds}	V _{Ed}
SECTION	B _c (m)	H _c (m)								Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
31(M+N) / 45(V)	100 x 54		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	10'565	1213.110	124.895	0.000	357.460	-	194.038
1	1.00	0.49								0.186	0.190	0.000	0.543	-	0.543
49(M+N) / 44(V)	100 x 65		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	12'765	1214.900	126.044	0.000	376.776	-	196.462
2	1.00	0.60								0.141	0.142	0.000	0.521	-	0.521
50(M+N) / 43(V)	100 x 70		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	13'765	1240.770	110.260	0.000	381.069	-	186.022
3	1.00	0.65								0.122	0.123	0.000	0.488	-	0.488
57(M+N) / 57(V)	100 x 85		30.00	360.00	OK	N22	N21	14-2-P16	16'999	1272.380	58.734	0.000	478.952	-	78.130
4	1.00	0.80								0.084	0.084	0.000	0.163	-	0.163
21(M+N) / 20(V)	100 x 90		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P16	17'999	1288.140	47.435	0.000	497.610	-	138.131
5	1.00	0.85								0.078	0.079	0.000	0.278	-	0.278

A.7.4.13. Load combination SLE 1

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 1

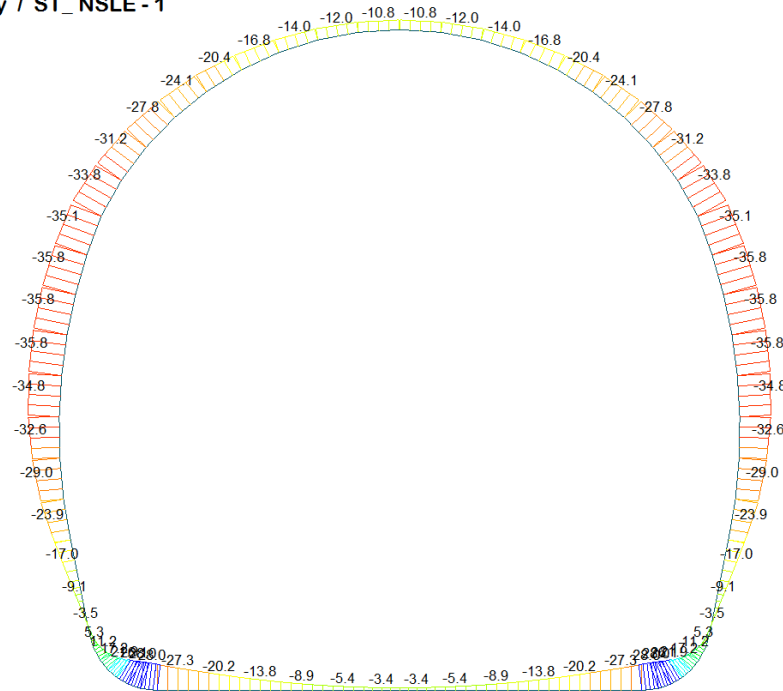


midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

AXIAL

ST: NSLE - 1
MAX : 13
MIN : 59
FILE: CTI-IN-GL--
UNIT: kN
DATE: 07/01/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

Beam Diagram_My / ST_NSLE - 1



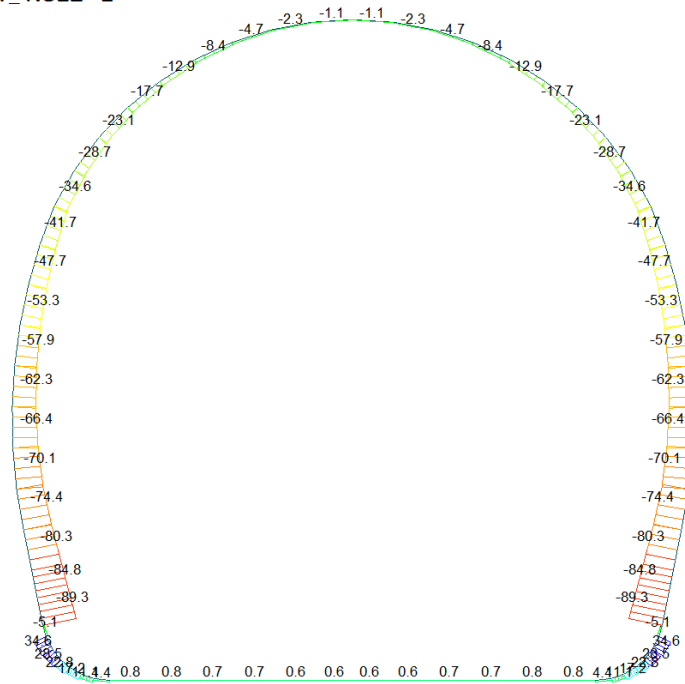
midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

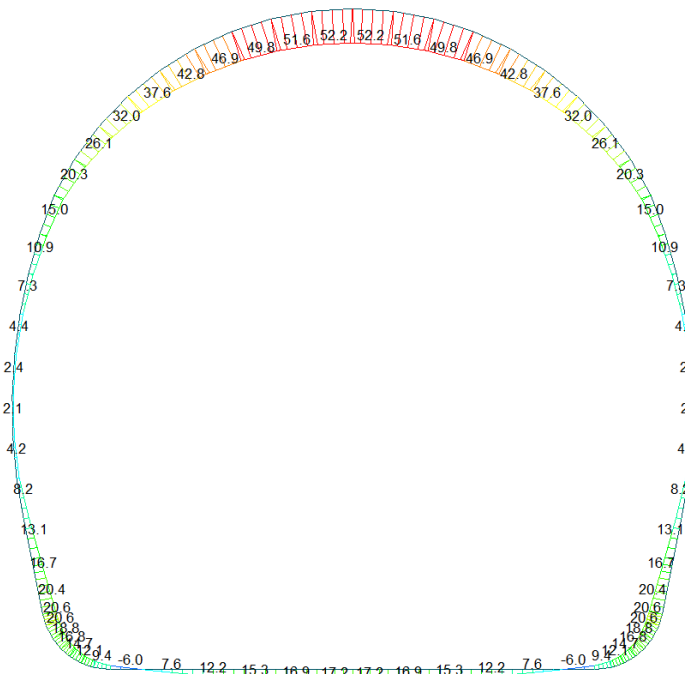
ST: NSLE - 1
MAX : 66
MIN : 50
FILE: CTI-IN-GL--
UNIT: kNm
DATE: 07/01/2014
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: -1.000
Z: 0.000

A.7.4.14. Load combination SLE 2

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 2

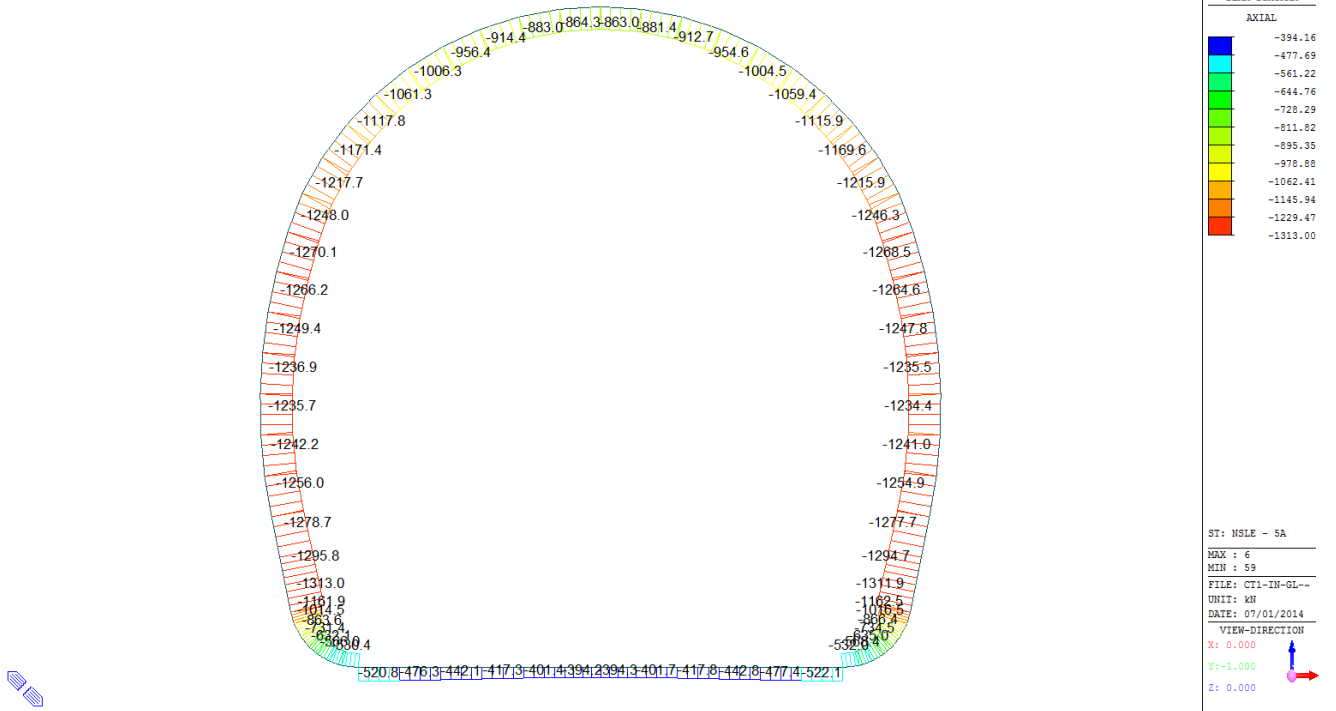


Beam Diagram_My / ST_NSLE - 2

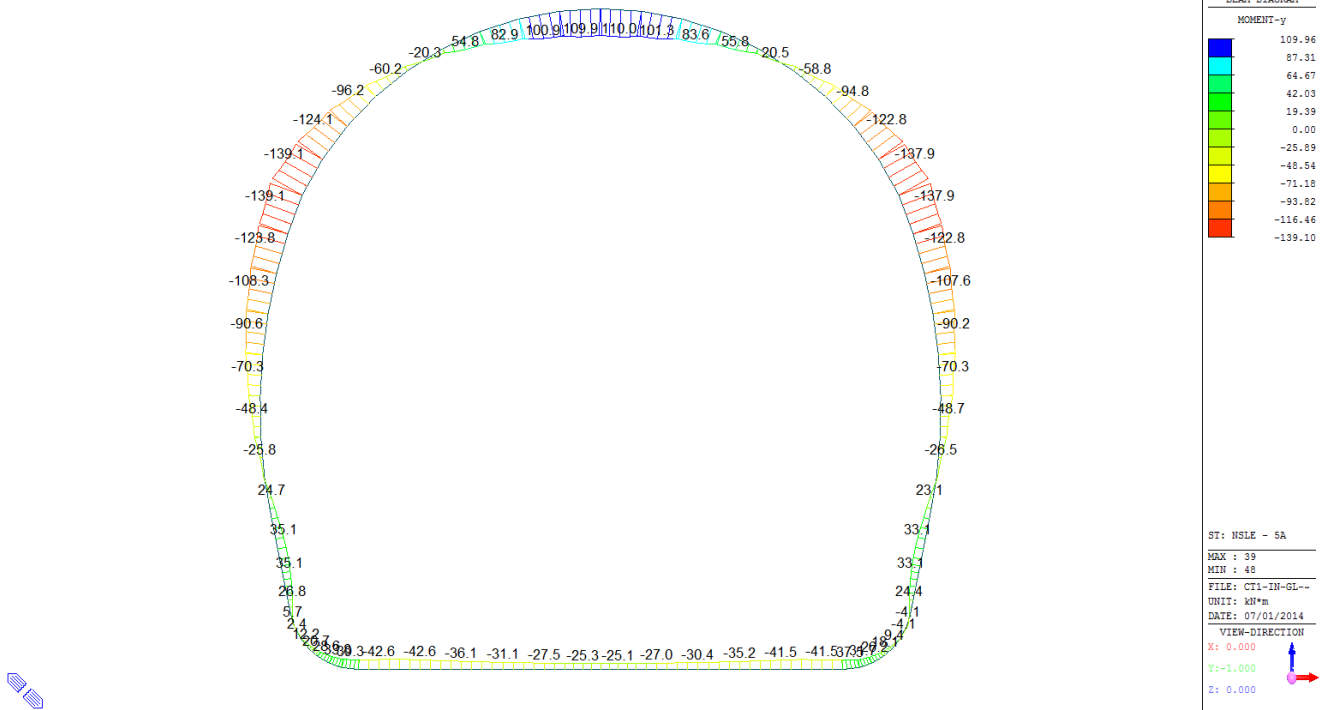


A.7.4.15. Load combination SLE 5A

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 5A

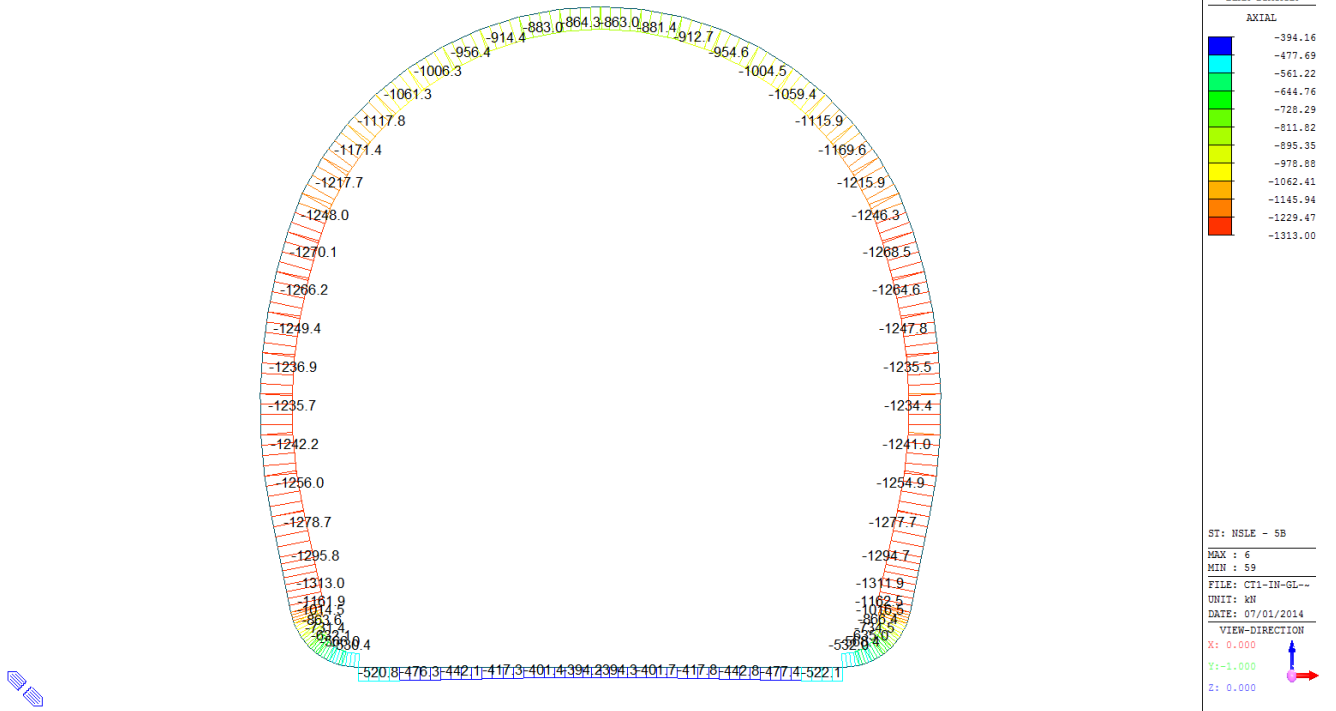


Beam Diagram_My / ST_NSLE - 5A

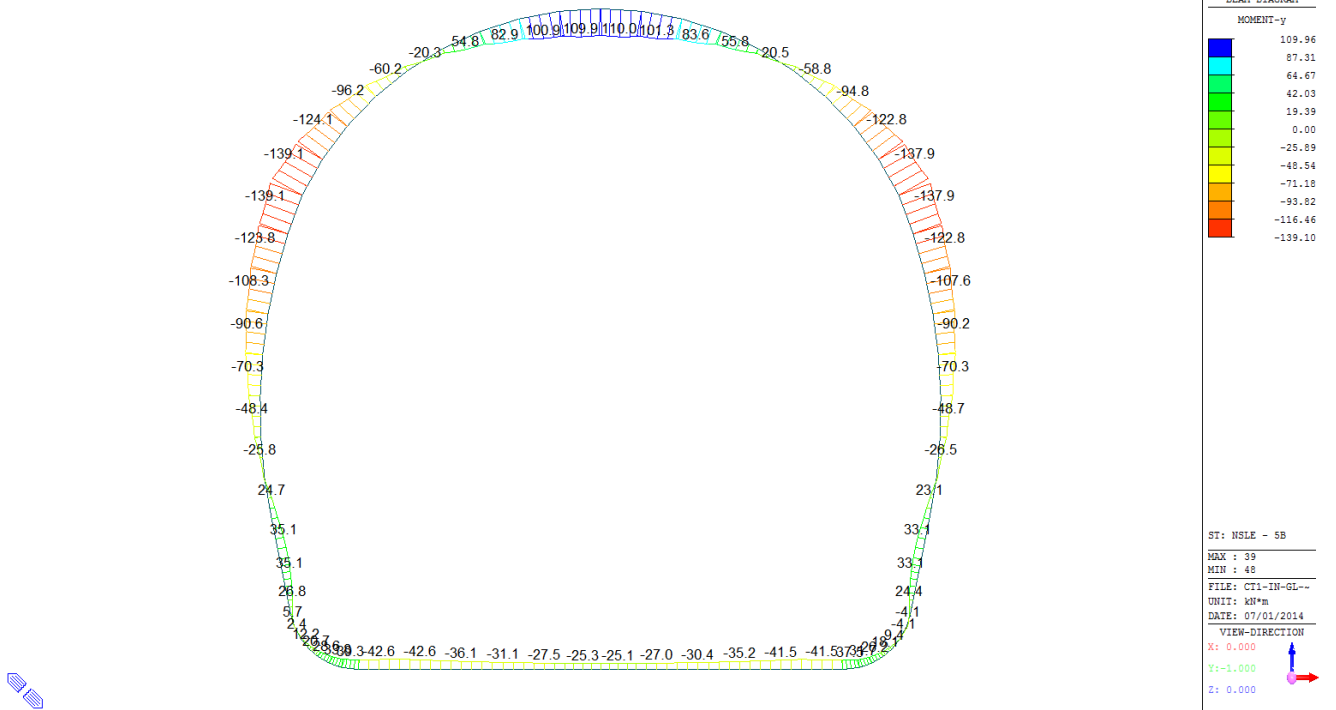


A.7.4.16. Load combination SLE 5B

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 5B

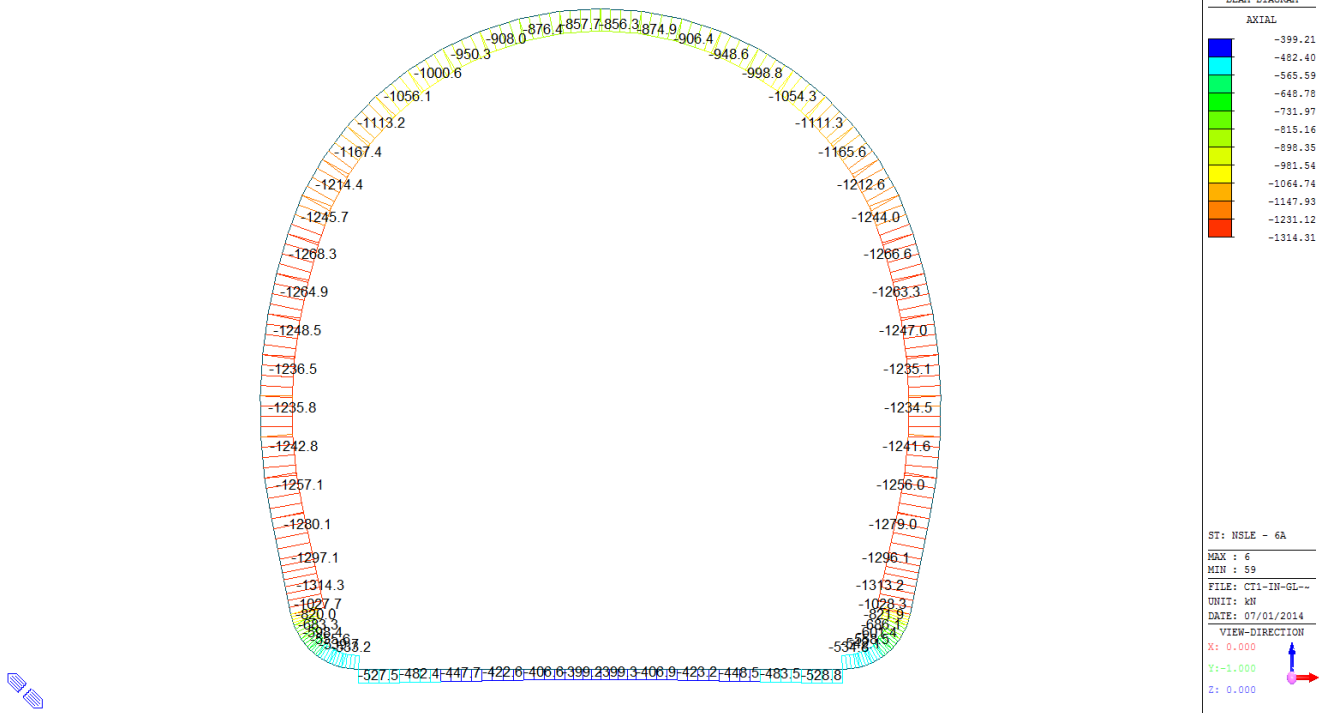


Beam Diagram_My / ST_NSLE - 5B

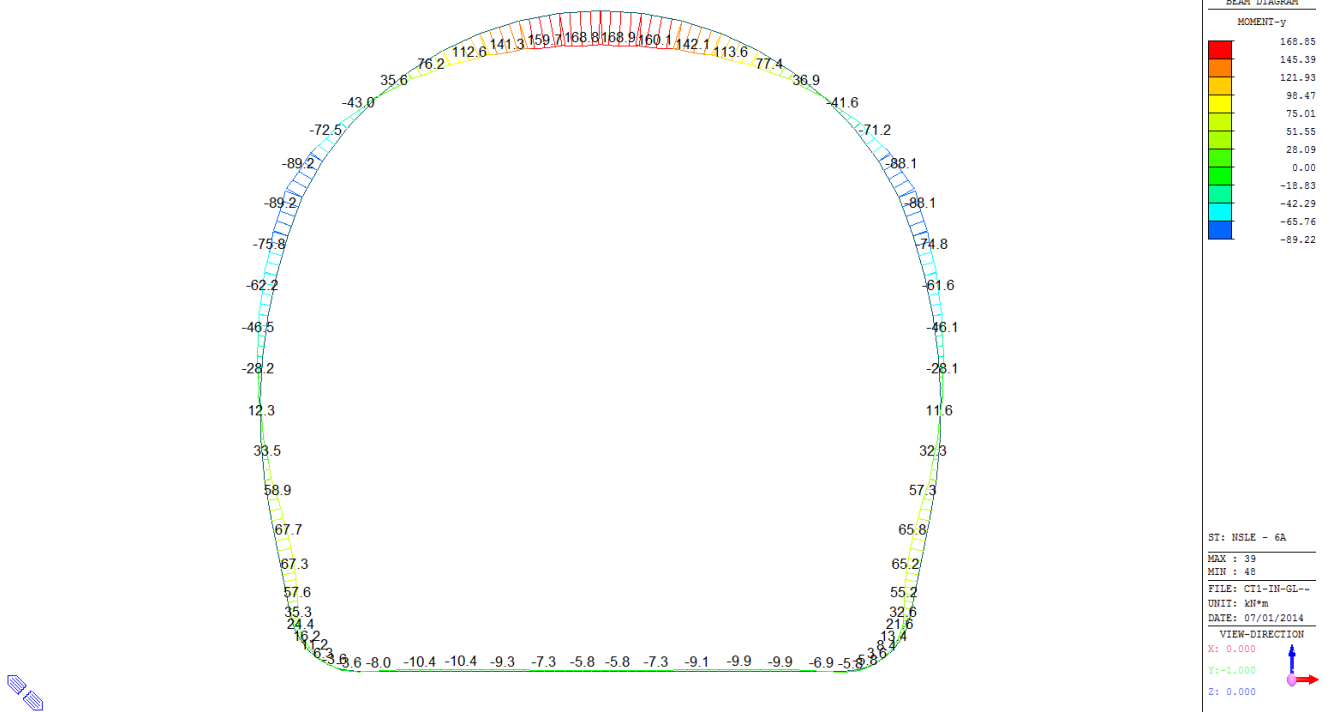


A.7.4.17. Load combination SLE 6A

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 6A

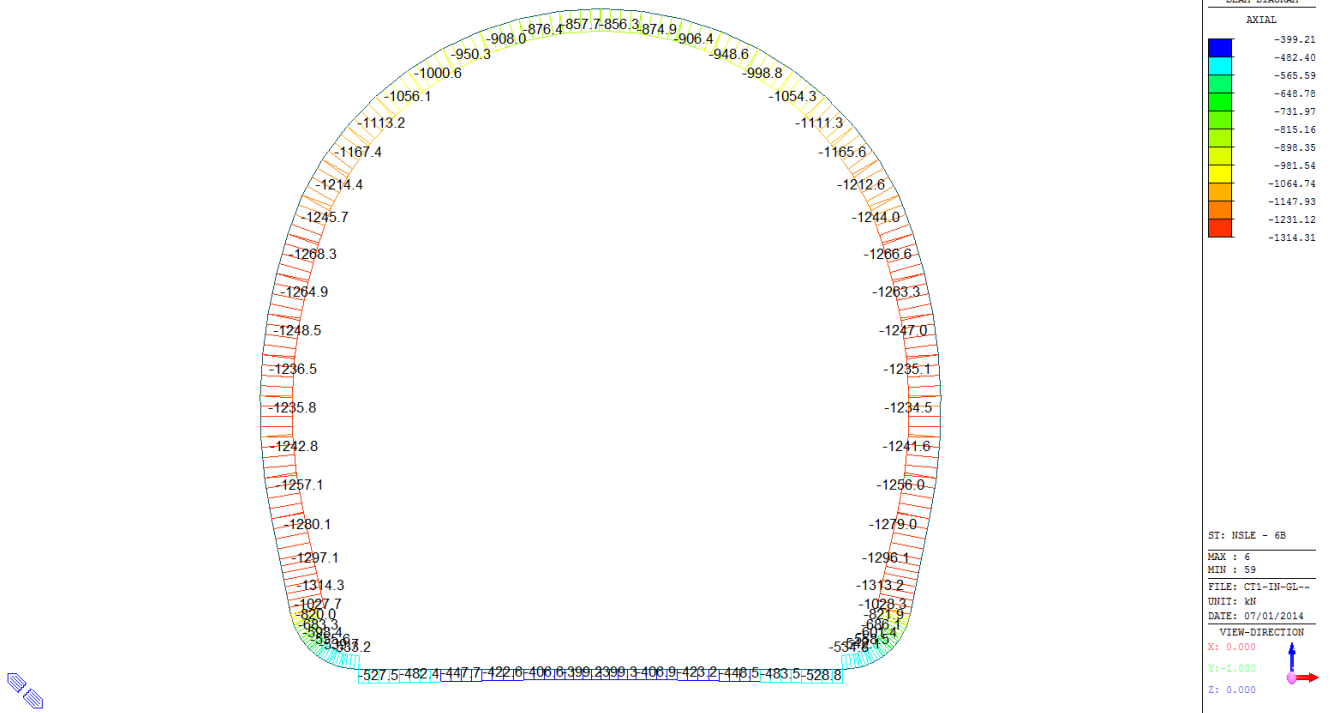


Beam Diagram_My / ST_NSLE - 6A

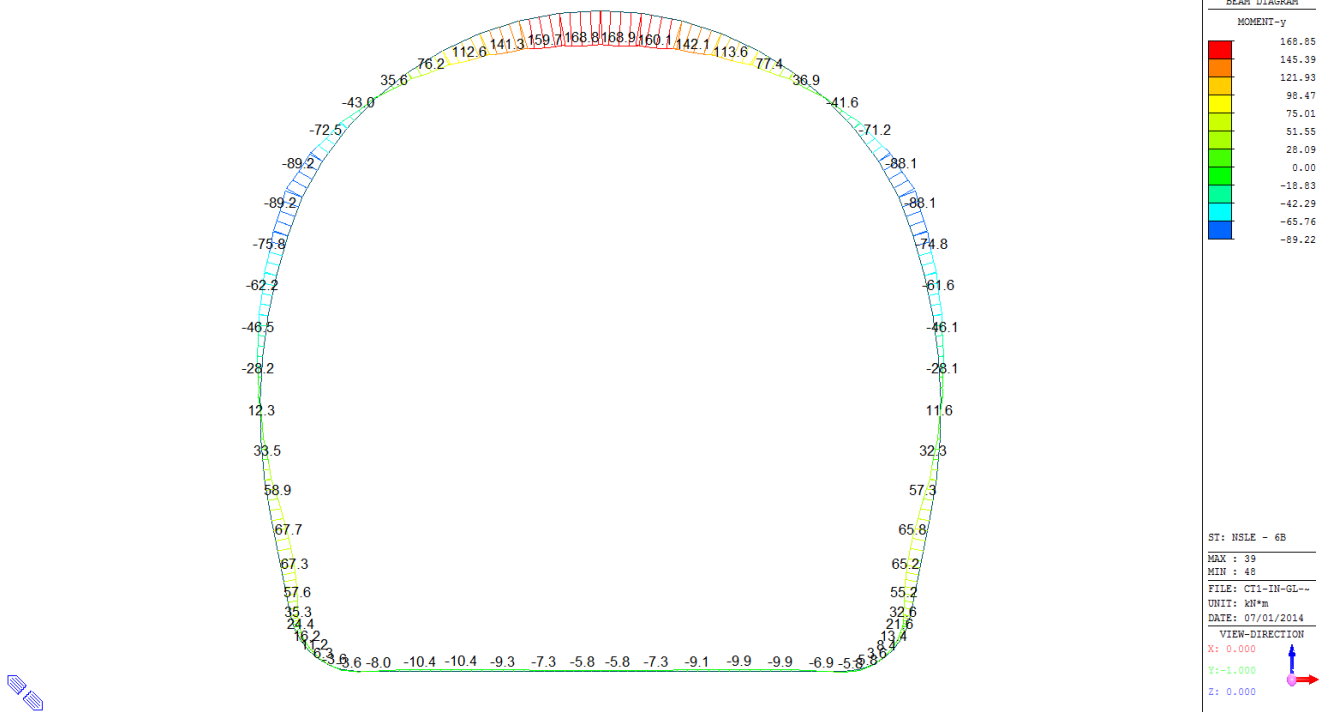


A.7.4.18. Load combination SLE 6B

Beam Diagram_Fx / ST_NSLE - 6B



Beam Diagram_My / ST_NSLE - 6B



A.7.4.19. Stress checking

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm ²]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm ²]	CHECK	σ_c, MAX [N/mm ²]	σ_c, Adm [N/mm ²]	CHECK	σ_s, MAX [N/mm ²]	σ_s, Adm [N/mm ²]	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)										
1	100 x 65		SLE - N5 A	0.40	2.90	OK	-1.41	-18.00	OK	1.85	360.00	OK
2	1.00	0.65										
2	100 x 65		SLE - N5 A	0.30	2.90	OK	-1.34	-18.00	OK	1.35	360.00	OK
2	1.00	0.65										
3	100 x 65		SLE - N5 A	0.21	2.90	OK	-1.19	-18.00	OK	0.90	360.00	OK
2	1.00	0.65										
4	100 x 65		SLE - N5 A	0.22	2.90	OK	-1.08	-18.00	OK	1.09	360.00	OK
2	1.00	0.65										
5	100 x 65		SLE - N5 A	0.24	2.90	OK	-1.01	-18.00	OK	1.20	360.00	OK
2	1.00	0.65										
6	100 x 65		SLE - N5 A	0.24	2.90	OK	-0.97	-18.00	OK	1.22	360.00	OK
2	1.00	0.65										
7	100 x 65		SLE - N5 A	0.24	2.90	OK	-0.96	-18.00	OK	1.22	360.00	OK
2	1.00	0.65										
8	100 x 65		SLE - N5 A	0.24	2.90	OK	-1.00	-18.00	OK	1.20	360.00	OK
2	1.00	0.65										
9	100 x 65		SLE - N5 A	0.22	2.90	OK	-1.07	-18.00	OK	1.09	360.00	OK
2	1.00	0.65										
10	100 x 65		SLE - N5 A	0.21	2.90	OK	-1.18	-18.00	OK	0.90	360.00	OK
2	1.00	0.65										
11	100 x 65		SLE - N5 A	0.30	2.90	OK	-1.32	-18.00	OK	1.35	360.00	OK
2	1.00	0.65										
12	100 x 65		SLE - N5 A	0.40	2.90	OK	-1.39	-18.00	OK	1.85	360.00	OK
2	1.00	0.65										
13	100 x 65		SLE - N5 A	0.42	2.90	OK	-1.35	-18.00	OK	1.89	360.00	OK
2	1.00	0.65										
14	100 x 65		SLE - N5 A	0.40	2.90	OK	-1.32	-18.00	OK	1.96	360.00	OK
2	1.00	0.65										
15	100 x 65		SLE - N5 A	0.35	2.90	OK	-1.35	-18.00	OK	1.74	360.00	OK
2	1.00	0.65										
16	100 x 65		SLE - N5 A	0.27	2.90	OK	-1.39	-18.00	OK	1.23	360.00	OK
2	1.00	0.65										
17	100 x 90		SLE - N5 B	0.17	2.90	OK	-1.03	-18.00	OK	0.55	360.00	OK
5	1.00	0.90										
18	100 x 90		SLE - N5 B	0.19	2.90	OK	-1.14	-18.00	OK	0.58	360.00	OK
5	1.00	0.90										
19	100 x 90		SLE - N5 B	0.15	2.90	OK	-1.37	-18.00	OK	0.78	360.00	OK
5	1.00	0.90										
20	100 x 90		SLE - N6 A	0.05	2.90	OK	-1.85	-18.00	OK	0.20	360.00	OK
5	1.00	0.90										
21	100 x 90		SLE - N6 A	0.03	2.90	OK	-1.90	-18.00	OK	0.08	360.00	OK
5	1.00	0.90										
22	100 x 85		SLE - N6 A	0.06	2.90	OK	-2.05	-18.00	OK	0.23	360.00	OK
4	1.00	0.85										
23	100 x 70		SLE - N6 A	0.20	2.90	OK	-2.50	-18.00	OK	0.91	360.00	OK
3	1.00	0.70										
24	100 x 54		SLE - N5 A	0.48	2.90	OK	-2.96	-18.00	OK	2.14	360.00	OK
1	1.00	0.54										
25	100 x 54		SLE - N5 A	0.56	2.90	OK	-3.28	-18.00	OK	2.52	360.00	OK
1	1.00	0.54										
26	100 x 54		SLE - N5 A	0.61	2.90	OK	-3.73	-18.00	OK	2.78	360.00	OK
1	1.00	0.54										
27	100 x 54		SLE - N5 A	0.63	2.90	OK	-4.17	-18.00	OK	2.92	360.00	OK
1	1.00	0.54										
28	100 x 65		SLE - N5 A	0.43	2.90	OK	-3.47	-18.00	OK	2.08	360.00	OK
2	1.00	0.65										
29	100 x 70		SLE - N5 A	0.37	2.90	OK	-3.28	-18.00	OK	1.80	360.00	OK
3	1.00	0.70										
30	100 x 65		SLE - N5 A	0.43	2.90	OK	-3.83	-18.00	OK	2.08	360.00	OK
2	1.00	0.65										

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 54		SLE - N5 A	0.62	2.90	OK	-5.09	-18.00	OK	2.90	360.00	OK
1	1.00	0.54										
32	100 x 54		SLE - N5 A	0.58	2.90	OK	-4.69	-18.00	OK	2.69	360.00	OK
1	1.00	0.54										
33	100 x 54		SLE - N5 A	0.62	2.90	OK	-4.02	-18.00	OK	2.94	360.00	OK
1	1.00	0.54										
34	100 x 54		SLE - N5 A	0.75	2.90	OK	-3.17	-18.00	OK	3.56	360.00	OK
1	1.00	0.54										
35	100 x 65		SLE - N6 A	0.59	2.90	OK	-2.58	-18.00	OK	2.96	360.00	OK
2	1.00	0.65										
36	100 x 70		SLE - N6 A	0.57	2.90	OK	-2.71	-18.00	OK	2.88	360.00	OK
3	1.00	0.70										
37	100 x 65		SLE - N6 A	0.70	2.90	OK	-3.38	-18.00	OK	3.53	360.00	OK
2	1.00	0.65										
38	100 x 54		SLE - N6 A	1.70	2.90	OK	-4.89	-18.00	OK	6.13	360.00	OK
1	1.00	0.54										
39	100 x 54		SLE - N6 A	1.84	2.90	OK	-5.00	-18.00	OK	6.84	360.00	OK
1	1.00	0.54										
40	100 x 54		SLE - N6 A	1.84	2.90	OK	-5.00	-18.00	OK	6.84	360.00	OK
1	1.00	0.54										
41	100 x 54		SLE - N6 A	1.69	2.90	OK	-4.88	-18.00	OK	6.07	360.00	OK
1	1.00	0.54										
42	100 x 65		SLE - N6 A	0.70	2.90	OK	-3.37	-18.00	OK	3.53	360.00	OK
2	1.00	0.65										
43	100 x 70		SLE - N6 A	0.57	2.90	OK	-2.70	-18.00	OK	2.88	360.00	OK
3	1.00	0.70										
44	100 x 65		SLE - N6 A	0.59	2.90	OK	-2.57	-18.00	OK	2.96	360.00	OK
2	1.00	0.65										
45	100 x 54		SLE - N5 B	0.75	2.90	OK	-3.20	-18.00	OK	3.56	360.00	OK
1	1.00	0.54										
46	100 x 54		SLE - N5 A	0.62	2.90	OK	-4.05	-18.00	OK	2.94	360.00	OK
1	1.00	0.54										
47	100 x 54		SLE - N5 A	0.58	2.90	OK	-4.72	-18.00	OK	2.69	360.00	OK
1	1.00	0.54										
48	100 x 54		SLE - N5 A	0.62	2.90	OK	-5.12	-18.00	OK	2.90	360.00	OK
1	1.00	0.54										
49	100 x 65		SLE - N5 A	0.43	2.90	OK	-3.85	-18.00	OK	2.08	360.00	OK
2	1.00	0.65										
50	100 x 70		SLE - N5 A	0.37	2.90	OK	-3.29	-18.00	OK	1.80	360.00	OK
3	1.00	0.70										
51	100 x 65		SLE - N5 A	0.43	2.90	OK	-3.49	-18.00	OK	2.08	360.00	OK
2	1.00	0.65										
52	100 x 54		SLE - N5 A	0.63	2.90	OK	-4.18	-18.00	OK	2.92	360.00	OK
1	1.00	0.54										
53	100 x 54		SLE - N5 A	0.61	2.90	OK	-3.74	-18.00	OK	2.78	360.00	OK
1	1.00	0.54										
54	100 x 54		SLE - N5 A	0.56	2.90	OK	-3.28	-18.00	OK	2.52	360.00	OK
1	1.00	0.54										
55	100 x 54		SLE - N5 A	0.48	2.90	OK	-2.99	-18.00	OK	2.14	360.00	OK
1	1.00	0.54										
56	100 x 70		SLE - N6 A	0.20	2.90	OK	-2.52	-18.00	OK	0.91	360.00	OK
3	1.00	0.70										
57	100 x 85		SLE - N6 A	0.06	2.90	OK	-2.06	-18.00	OK	0.23	360.00	OK
4	1.00	0.85										
58	100 x 90		SLE - N6 A	0.03	2.90	OK	-1.92	-18.00	OK	0.08	360.00	OK
5	1.00	0.90										
59	100 x 90		SLE - N6 A	0.05	2.90	OK	-1.87	-18.00	OK	0.20	360.00	OK
5	1.00	0.90										
60	100 x 90		SLE - N5 A	0.15	2.90	OK	-1.39	-18.00	OK	0.78	360.00	OK
5	1.00	0.90										

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]	
61	100 x 90		SLE - N5 B	0.19	2.90	OK	-1.15	-18.00	OK	0.58	360.00	OK
5	1.00	0.90										
62	100 x 90		SLE - N5 B	0.17	2.90	OK	-1.05	-18.00	OK	0.55	360.00	OK
5	1.00	0.90										
63	100 x 65		SLE - N5 A	0.27	2.90	OK	-1.42	-18.00	OK	1.23	360.00	OK
2	1.00	0.65										
64	100 x 65		SLE - N5 A	0.35	2.90	OK	-1.38	-18.00	OK	1.74	360.00	OK
2	1.00	0.65										
65	100 x 65		SLE - N5 A	0.40	2.90	OK	-1.35	-18.00	OK	1.96	360.00	OK
2	1.00	0.65										
66	100 x 65		SLE - N5 A	0.42	2.90	OK	-1.37	-18.00	OK	1.89	360.00	OK
2	1.00	0.65										

ANHANG 8 – FEM ANALYSE DES ANSCHLUSSBEREICHS CT1-IN-GL-CM-T

Der Anhang 8 enthält die geführten Nachweise für den Anschlussbereich CT1-IN-GL-CM-T im GZT und GZG.

APPENDICE 8 - ANALISI FEM DELLA ZONA D'INNESTO CT1-IN-GL-CM-T

L'appendice 8 contiene le verifiche secondo SLU e SLE della zona di innesto CT1-IN-GL-CM-T.

1 EINFÜHRUNG

Die nachfolgenden Kapitel wird die Bemessung der Stahlbetonkonstruktion im Anschlussbereich zwischen Querschlag CT1 44/2 und künstlichem Tunnel GL-CM-T aufgeführt.

2 BEMESSUNG INNENAUSBAU

Bei der Bemessung des Innenausbau im Anschlussbereich der Querschläge werden die lang- und kurzfristigen Belastungssituationen, die bereits für die Bemessung des Haupttunnels verwendet wurden, herangezogen. Diese sind aus den jeweiligen statischen Berechnungen in Abhängigkeit der geomechanischen Charakterisierung des Gebirges zu entnehmen.

Unter Bezugnahme auf diese Lasten, erfolgt die Bemessung des Innenausbau in 2 Nachweissituationen:

- 1) In einer ersten Phase, die dem Ausbruch des Querschlags entspricht, ist es notwendig, die Stabilität des Tunnels auch in Zusammenhang mit der Außenschale der unversehrten Tunnelabschnitte kurzfristig sicherzustellen;
- 2) In einer zweiten Phase, bei der Vervollständigung der Stahlbetonkonstruktion im Anschlussbereich des Querschlags, muss die langfristige Belastungssituation ausgeglichen werden.

3 INNENAUSBAU

Die Gesamtheit der Lasten wirkt sowohl auf den Innenausbau des Haupttunnel als auch auf jenen des Querschlags. Der Haupttunnel wird als beidseitig eingespannter Balken diskretisiert. Im Anschlussbereich zwischen Haupttunnel und Querschlag, wird angenommen, dass die Lastabtragung über die zwei seitlich angeordneten Widerlagern und somit dem unversehrten Querschnitt des Haupttunnels erfolgt. Dieses Modell bedingt eine Biegebeanspruchung im Stützträger aufgrund des Eigengewichts des Ausbruchkegels, der sich unmittelbar oberhalb des Stützträgers ergibt. Die Erkennung des Ausbruchkegels erfolgt unter Berücksichtigung des hypothetischen Verlaufs der abgeleiteten Spannungen aufgrund des Vorhandenseins des Stützträgers, der eine Neigung von 45° zur Senkrechten aufweist. Die Last wird als gleichmäßig auf den Stützträger verteilt angenommen. Man vermutet eine wirksame Höhe des Stützträgers von 1.20 m.

Die Bemessung des Innenausbau erfolgt in drei Phasen:

- 1) Bemessung des Stützträgers;
- 2) Nachweis des Innenausbau des vollständigen

1 INTRODUZIONE

Nei seguenti capitoli si riporta il dimensionamento dei rivestimenti definitivi dell'innesto del cunicolo trasversali CT1 44/2 con la GL-CM-T

2 DIMENSIONAMENTO DEI RIVESTIMENTI

Il dimensionamento del rivestimento della galleria all'innesto con i cunicoli trasversali si basa sulle considerazioni dei carichi utilizzati per il dimensionamento della galleria corrente, a breve e nel lungo termine, secondo quanto riportato nelle relazioni di calcolo specifiche e sulla base della caratterizzazione geomeccanica.

Con riferimento a tali carichi, il dimensionamento dei rivestimenti presenta due momenti di verifica:

- 1) in prima fase, corrispondente allo scavo del cunicolo trasversale, è necessario garantire la stabilità della galleria nel breve termine, anche in collaborazione con il rivestimento di prima fase dei tratti di galleria a sezione integra;
- 2) in seconda fase, corrispondente al completamento della struttura in c.a. nella zona di innesto e del cunicolo trasversale, si deve equilibrare la totalità dei carichi di lungo termine.

3 RIVESTIMENTI DEFINITIVI

La totalità del carico viene trasferito al rivestimento della galleria completo del getto del rivestimento del cunicolo trasversale. La schematizzazione utilizzata per le gallerie di linea prevede un architrave incastrata alle estremità, in corrispondenza della sezione di galleria principale tagliata dal cunicolo trasversale, e sostenuta dai due ritti, posti lateralmente al cunicolo trasversale e costituiti dalle parti di galleria principale integra. Tale modello comporta uno stato di sollecitazione flessionale nell'architrave conseguente al carico costituito dal peso proprio della campana di distacco localizzata immediatamente sopra l'architrave stessa. L'individuazione della campana di distacco avviene considerando un andamento ipotetico delle tensioni deviate a causa della presenza dell'architrave avente un'inclinazione di 45° rispetto alla perpendicolare. Il carico viene considerato agente come uniformemente ripartito sull'architrave. Si ipotizza un'altezza collaborante dell'architrave pari a 0.50 m.

Il dimensionamento dei rivestimenti definitivi si compone di tre fasi:

Tunnelschnitts angrenzend am Querschlag;

- 3) Nachweis des Innenausbaus des Querschlags.

Für die Hypothesen und Berechnungsmodelle des Querschlags CT1 verweist man auf den Bericht 06-H61-OP-070-KST-D0700-22915.

3.1 BEMESSUNG DES STÜTZTRÄGERS

Der Ausbruchkegel weist eine Fläche von 9.5 m² auf, multipliziert mit der Mächtigkeit des Gewölbes und der Wichte des Stahlbetons erhält man eine charakteristische und gleichmäßig verteilte Last von 32 kN/m.

Unter Berücksichtigung einer Spannweite des Stützträgers von L = 4.5 m erhält man Beanspruchungen am Lager und in der Mitte gleich

$$\begin{cases} M_{inc} = \frac{N \cdot L^2}{12} \\ V_{inc} = \frac{N \cdot L}{2} \end{cases} \quad \begin{cases} M_{mezz} = \frac{N \cdot L^2}{24} \\ V_{mezz} = 0 \end{cases}$$

Nachfolgend sind die Biegebeanspruchungen am Stützträger im GZT aufgeführt:

$$M_{inc} = 72.56 \text{ kNm}$$

$$M_{mezz} = 36.28 \text{ kNm}$$

Nachfolgend sind die Biegebeanspruchungen am Stützträger im GZG aufgeführt:

$$M_{inc} = 53.74 \text{ kNm}$$

$$M_{mezz} = 26.87 \text{ kNm}$$

Nachfolgend führt man die Schubbeanspruchungen am Stützträger im GZT an:

$$V_{inc} = 96 \text{ kN}$$

Berücksichtigt man die folgende Dimensionierung und Bewehrung des Stützträgers, so sind diese Beanspruchungen nachgewiesen:

- 1) Dimensionamento dell'architrave;
- 2) Verifica dei rivestimenti della galleria a sezione integra adiacente al cunicolo trasversale;
- 3) Verifica dei rivestimenti del cunicolo trasversale.

Per le ipotesi e i modelli di calcolo del cunicolo trasversale CT1 si rimanda al rapporto 06-H61-OP-070-KST-D0700-22915.

3.1 DIMENSIONAMENTO DELL'ARCHITRAVE

La campana di distacco presenta una superficie di 9.5 m², che moltiplicata per lo spessore della volta e il peso specifico del calcestruzzo armato restituisce un carico caratteristico uniformemente ripartito di 32 kN/m

Considerando la luce dell'architrave, pari a L = 4.5 m, le sollecitazioni all'incastro e in mezzera risultano pari a:

$$\begin{cases} M_{inc} = \frac{N \cdot L^2}{12} \\ V_{inc} = \frac{N \cdot L}{2} \end{cases} \quad \begin{cases} M_{mezz} = \frac{N \cdot L^2}{24} \\ V_{mezz} = 0 \end{cases}$$

Di seguito si riportano le sollecitazioni flettenti agenti sull'architrave per le verifiche SLU:

$$M_{inc} = 72.56 \text{ kNm}$$

$$M_{mezz} = 36.28 \text{ kNm}$$

Di seguito si riportano le sollecitazioni flettenti agenti sull'architrave per le verifiche SLE:

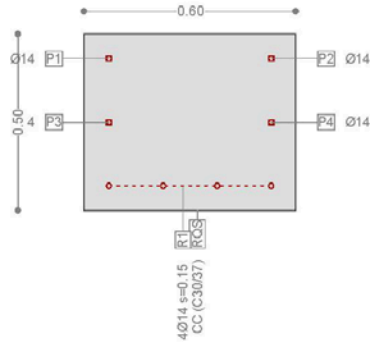
$$M_{inc} = 53.74 \text{ kNm}$$

$$M_{mezz} = 26.87 \text{ kNm}$$

Di seguito si riportano le sollecitazioni di taglio agenti sull'architrave per le verifiche SLU:

$$V_{inc} = 96 \text{ kN}$$

Tali sollecitazioni sono verificate considerando le seguenti dimensioni e armature dell'architrave:



Ultimate strength analysis Cross section (Girder): 100X60

Action forces / Efficiency factors: **eff(M,N) = 0.89 OK**

No.	AP	P	N [kN]	Bending and axial force		eff(M,N)	V _y [kN]	Shear forces and torsion		eff(V,T)	Complete CS eff(M,N,V,T)
				M _y [kNm]	M _x [kNm]			V _x [kN]	T [kNm]		
1	IULS		0	-72.6	0	0.89					
2	IULS		0	36.3	0	0.29					

Analysis-Parameters "IULS",

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 [-]
IULS	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
 σ-ε : SIA262 Fig 11 + Fig 15

Extreme stresses and strain (Results of run No 2)

Name	Class	y _q [m]	z _q [m]	ε [‰]	σ _d [N/mm ²]	γ [-]
RQS	C30/37	0.30	0.50	-2.6	-16.7	1.80
RQS	C30/37	-0.30	0	23.7	0	1.80
P2	B450C	0.23	0.43	1.1	218.9	1.20
R1	B450C	-0.23	0.07	20.0	375.0	1.20

Tabelle 17: Nachweisverfahren GZT Stützträger

Tabella 17: Verifiche SLU architrave

Die vorhandenen Schubwirkungen sind vernachlässigbar, aus diesem Grund wird kein Nachweise zur Querkraft geführt.

Non si reputano necessarie verifiche a taglio in quanto le sollecitazioni agenti sono trascurabili.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Nachweise des GZG des Stützträgers mit Überprüfung der Rissbildung am Feldbiegemoment angegeben:

Di seguito si riportano gli esiti delle verifiche secondo SLE dell'architrave con relativa verifica a fessurazione per il momento flettente agente in campata:

Extreme stresses and strain

Name	Class	y_q [m]	z_q [m]	ε [‰]	σ_d [N/mm ²]	γ [-]
RQS	C30/37	0.30	0.50	-0.1	-3.2	1.00
RQS	C30/37	-0.30	0	0.6	0	1.00
P2	B450C	0.23	0.43	-0.0	-1.2	1.00
R1	B450C	-0.23	0.07	0.5	94.8	1.00

Crack verification

Text	Value	Text	Value
Basic principles	EN 1992-1-1 7.3		
Cross section			
h	500.0 mm	Compression zone (uncracked)	250.0 mm
d	394.4 mm	h-d	105.6 mm
Cover c	63.0 mm	$h_{c,eff}$	83.3 mm
$A_{c,eff}$ Tension surface	50000 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_t	0.40
α_s (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	26.9 kNm
A_s (in tension surface)	616 mm ²	Stress in reinforcement σ_s	94.8 N/mm ²
Diameter \varnothing_{eq}	14.0 mm	$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}$ (7.9)	0.28 o/oo
ρ_{eff}	1.232 o/o	Crack spacing $s_{r,max}$ (7.11)	0.41 m
		Crack width w_k (7.8)	0.11 mm

Tabelle 18: Nachweise GZG Stützträger

3.2 NACHWEIS DES AUSBAUS

Die seitlichen Widerlager werden auf Druck und Biegung beansprucht, welche durch die normale Reaktion im Auflagerbereich des Stützträgers sowie durch den Spannungszustand (N,M) im unversehrten Tunnelquerschnitt bedingt sind.

Im Besonderen werden die Einwirkungen auf die seitlichen Widerlager durch die Erhöhung der vorhandenen Einwirkungen am laufenden Schnitt mittels folgendem Koeffizienten berechnet:

$$R = 1 + \frac{b/2}{L_{zona-rinf}}$$

Betrachtet man die Breite 'b' der Querschläge von ca. 5.5 m entspricht, und die Länge der verstärkten Zone entlang des laufenden Tunnels ' $L_{zona-rinf}$ '=4.5 m, so beträgt der Lasterhöhungsfaktor auf den Widerlagern:

$$R = 1.6$$

Der so berechnete Koeffizient R wurde auch verwendet, um den Innenausbau des Querschlags am Anschlussbereich CT1-IN zu bemessen (auf der sicheren Seite liegend für die ersten drei Abschlüge).

3.2.1 Nachweis Innenschale GL-CM-T

Tabella 18: Verifiche SLE architrave

3.2 VERIFICA DEI RIVESTIMENTI

I ritti laterali sono sollecitati da uno stato di pressoflessione, dovuto alla reazione normale d'appoggio dell'architrave oltre allo stato di sforzo (N,M) presente nel rivestimento integro.

In particolare, le azioni nei ritti laterali sono calcolate amplificando quelle presenti nella sezione corrente per il coefficiente:

$$R = 1 + \frac{b/2}{L_{zona-rinf}}$$

Considerando la larghezza di scavo 'b' dei cunicoli trasversali, pari a circa 5.5m, e la lunghezza della zona rinforzata lungo le gallerie correnti ' $L_{zona-rinf}$ '=4.5m, il coefficiente di amplificazione dei carichi sui ritti risulta uguale a:

$$R = 1.6$$

Il coefficiente R così calcolato è stato utilizzato per calcolare anche i rivestimenti definitivi della sezione del cunicolo trasversale in corrispondenza dell'innesto CT1-IN (cautelativamente primi 3 sfondi).

3.2.1 Verifica rivestimenti GL-CM-T

3.2.1.1 Nachweise GZT

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der Nachweisführung im GZT an den Widerlagern der GL-CM-T neben dem Anschlussbereich aufgeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass der Auflockerungsdruck für den Ausbruchsquerschnitt Klasse T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht wird.

3.2.1.1 Verifiche SLU

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLU svolte sui ritzi della GL-CM-T integra adiacente la zona di innesto. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente sulla sezione tipo maggiorato del fattore R=1.6.

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
14	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5B	N5A	14-2-P16	12'485	400.663	54.461	0.000	302.910	13.065	6.512
2	1.00	0.72								0.049	0.050	0.000	0.021	0.498	0.021
15	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'485	408.005	57.508	0.000	303.935	13.065	13.802
2	1.00	0.72								0.051	0.051	0.000	0.045	1.056	0.045
16	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'485	423.239	62.742	0.000	306.061	13.065	21.092
2	1.00	0.72								0.054	0.054	0.000	0.069	1.614	0.069
17	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'485	446.661	70.162	0.000	309.330	13.065	28.382
2	1.00	0.72								0.059	0.060	0.000	0.092	2.172	0.092
18	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	12'485	478.723	79.770	0.000	313.806	13.065	35.672
2	1.00	0.72								0.066	0.065	0.000	0.114	2.730	0.114
19	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	12'485	520.047	91.565	0.000	319.574	13.065	42.962
2	1.00	0.72								0.073	0.074	0.000	0.134	3.288	0.134
20	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N6C	14-2-P16	12'485	571.430	105.547	0.000	271.242	13.065	52.449
2	1.00	0.72								0.084	0.084	0.000	0.193	4.014	0.193
21	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N6C	14-2-P16	12'485	633.868	121.716	0.000	273.890	13.065	81.085
2	1.00	0.72								0.094	0.096	0.000	0.296	6.206	0.296
22	100 x 72		30.00	450.00	OK	N5A	N6C	14-2-P16	12'485	708.569	140.072	0.000	277.058	13.065	113.162
2	1.00	0.72								0.107	0.109	0.000	0.408	8.661	0.408
23	100 x 72		30.00	450.00	OK	N6C	N6C	14-2-P16	12'485	242.324	120.195	0.000	280.808	13.065	139.240
2	1.00	0.72								0.135	0.138	0.000	0.496	10.658	0.496
24	100 x 105		30.00	450.00	OK	N6C	N6C	14-2-P18	18'011	900.801	183.846	0.000	372.880	19.500	140.461
5	1.00	1.05								0.078	0.078	0.000	0.377	7.203	0.377
25	100 x 105		30.00	450.00	OK	N6C	N6B	14-2-P18	18'011	316.310	191.908	0.000	511.717	19.500	161.717
5	1.00	1.05								0.095	0.094	0.000	0.316	8.293	0.316
26	100 x 115		30.00	450.00	OK	N6C	N5B	14-2-P20	19'605	1004.990	243.387	0.000	501.999	21.450	179.149
6	1.00	1.15								0.081	0.081	0.000	0.357	8.352	0.357
27	100 x 115		30.00	450.00	OK	N6C	N6A	14-2-P20	19'605	1098.260	256.699	0.000	505.378	21.450	286.277
6	1.00	1.15								0.087	0.087	0.000	0.566	13.346	0.566
28	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P20	19'605	1375.460	256.699	0.000	607.186	21.450	231.835
6	1.00	1.15								0.099	0.099	0.000	0.382	10.808	0.382
29	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5B	N5B	14-2-P20	19'605	1739.960	245.745	0.000	656.201	21.450	293.852
6	1.00	1.15								0.114	0.112	0.000	0.448	13.699	0.448
30	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5B	N6C	14-2-P20	19'605	2215.220	215.665	0.000	390.168	21.450	182.267
6	1.00	1.15								0.132	0.133	0.000	0.467	8.497	0.467

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 115		30.00	450.00	OK	N5B	N6C	14-2-P20	19'605	2772.810	178.041	0.000	384.273	21.450	199.969
6	1.00	1.15								0.156	0.156	0.000	0.520	9.323	0.520
32	100 x 115		30.00	450.00	OK	N5B	N6C	14-2-P20	19'605	3368.590	150.375	0.000	385.666	21.450	198.433
6	1.00	1.15								0.182	0.185	0.000	0.515	9.251	0.515
33	100 x 115		30.00	450.00	OK	N6A	N6B	14-2-P20	19'605	3952.740	296.375	0.000	885.177	21.450	533.261
6	1.00	1.15								0.227	0.226	0.000	0.602	24.861	0.602
34	100 x 105		30.00	450.00	OK	N6A	N6B	14-2-P18	18'011	3921.040	369.191	0.000	811.880	19.500	695.006
5	1.00	1.05								0.263	0.261	0.000	0.856	35.641	0.856
35	100 x 105		30.00	450.00	OK	N6A	N6B	14-2-P18	18'011	3915.020	443.919	0.000	811.880	19.500	491.407
5	1.00	1.05								0.274	0.272	0.000	0.605	25.200	0.605
36	100 x 95		30.00	450.00	OK	N6A	N6B	14-2-P18	16'418	3897.230	476.575	0.000	738.255	17.550	337.875
4	1.00	0.95								0.313	0.313	0.000	0.458	19.252	0.458
37	100 x 95		30.00	450.00	OK	N6A	N6C	14-2-P16	16'151	3879.500	467.442	0.000	341.647	17.550	98.848
4	1.00	0.95								0.309	0.314	0.000	0.602	24.861	0.309
38	100 x 80		30.00	450.00	OK	N6A	N5A	14-2-P16	13'760	3879.500	467.442	0.000	627.072	14.625	243.593
3	1.00	0.80								0.396	0.389	0.000	0.388	16.656	0.388
39	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6A	N5A	14-2-P16	12'804	3863.340	416.798	0.000	582.297	13.455	380.584
1	1.00	0.74								0.418	0.413	0.000	0.654	28.286	0.418
40	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6B	N5A	14-2-P16	12'804	3682.580	374.301	0.000	582.297	13.455	516.603
1	1.00	0.74								0.391	0.383	0.000	0.887	38.395	0.383
41	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6B	N5A	14-2-P16	12'804	3666.490	273.122	0.000	582.297	701.730	669.342
1	1.00	0.74						0.353		0.358	0.000	1.149	0.954	0.353	
42	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'804	3801.250	310.807	0.000	582.297	701.730	685.725
1	1.00	0.74						0.376		0.376	0.000	1.178	0.977	0.376	
43	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'804	3811.660	532.385	0.000	582.297	701.730	700.788
1	1.00	0.74						0.456		0.458	0.000	1.203	0.999	0.456	
44	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'804	3853.210	687.832	0.000	582.297	701.730	679.293
1	1.00	0.74						0.529		0.529	0.000	1.167	0.968	0.529	
45	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5A	N5A	14-2-P16	12'804	3858.480	802.335	0.000	582.297	13.455	449.455
1	1.00	0.74						0.579		0.589	0.000	0.772	33.404	0.579	
46	100 x 80		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	13'760	3844.230	876.562	0.000	627.072	14.625	326.801
3	1.00	0.80								0.550	0.552	0.000	0.521	22.345	0.521
47	100 x 95		30.00	450.00	OK	N5A	N5B	14-2-P16	16'151	3810.470	912.054	0.000	738.255	17.550	218.537
4	1.00	0.95								0.411	0.420	0.000	0.296	12.452	0.296

3.2.1.2 Nachweise GZG

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der Nachweisführung im GZG an den Widerlagern der GL-CM-T neben dem Anschlussbereich aufgeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass der Auflockerungsdruck durch einen Faktor R=1.6 erhöht wird.

3.2.1.2 Verifiche SLE

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLE svolte sui ritti della GL-CM-T integra adiacente la zona di innesto. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente sulla sezione tipo maggiorato del fattore R=1.6.

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]		
14	100 x 72		SLE - NSA	0.16	2.90	OK	-0.75	-18.00	OK	0.64	360.00	OK
2	1.00	0.72										
15	100 x 72		SLE - NSA	0.16	2.90	OK	-0.78	-18.00	OK	0.62	360.00	OK
2	1.00	0.72										
16	100 x 72		SLE - NSA	0.14	2.90	OK	-0.85	-18.00	OK	0.64	360.00	OK
2	1.00	0.72										
17	100 x 72		SLE - NSA	0.16	2.90	OK	-0.94	-18.00	OK	0.74	360.00	OK
2	1.00	0.72										
18	100 x 72		SLE - NSA	0.17	2.90	OK	-1.06	-18.00	OK	0.75	360.00	OK
2	1.00	0.72										
19	100 x 72		SLE - NSA	0.18	2.90	OK	-1.21	-18.00	OK	0.74	360.00	OK
2	1.00	0.72										
20	100 x 72		SLE - NSA	0.30	2.90	OK	-1.40	-18.00	OK	1.29	360.00	OK
2	1.00	0.72										
21	100 x 72		SLE - NSA	0.44	2.90	OK	-1.62	-18.00	OK	1.97	360.00	OK
2	1.00	0.72										
22	100 x 72		SLE - NSA	0.60	2.90	OK	-1.87	-18.00	OK	2.75	360.00	OK
2	1.00	0.72										
23	100 x 72		SLE - N6B	0.77	2.90	OK	-2.15	-18.00	OK	3.61	360.00	OK
2	1.00	0.72										
24	100 x 105		SLE - N6B	0.46	2.90	OK	-1.41	-18.00	OK	2.25	360.00	OK
5	1.00	1.05										
25	100 x 105		SLE - N6B	0.57	2.90	OK	-1.54	-18.00	OK	2.72	360.00	OK
5	1.00	1.05										
26	100 x 115		SLE - N6B	0.49	2.90	OK	-1.39	-18.00	OK	2.32	360.00	OK
6	1.00	1.15										
27	100 x 115		SLE - N6B	0.46	2.90	OK	-1.49	-18.00	OK	2.48	360.00	OK
6	1.00	1.15										
28	100 x 115		SLE - NSA	0.39	2.90	OK	-1.66	-18.00	OK	2.13	360.00	OK
6	1.00	1.15										
29	100 x 115		SLE - NSA	0.29	2.90	OK	-1.83	-18.00	OK	1.57	360.00	OK
6	1.00	1.15										
30	100 x 115		SLE - NSA	0.29	2.90	OK	-2.02	-18.00	OK	0.94	360.00	OK
6	1.00	1.15										

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 115		SLE - NSA	0.28	2.90	OK	-2.24	-18.00	OK	1.02	360.00	OK
6	1.00	1.15										
32	100 x 115		SLE - NSA	0.20	2.90	OK	-2.62	-18.00	OK	1.10	360.00	OK
6	1.00	1.15										
33	100 x 115		SLE - N6A	0.05	2.90	OK	-3.38	-18.00	OK	0.19	360.00	OK
6	1.00	1.15										
34	100 x 105		SLE - N6A	0.06	2.90	OK	-4.13	-18.00	OK	0.21	360.00	OK
5	1.00	1.05										
35	100 x 105		SLE - N6A	0.05	2.90	OK	-4.58	-18.00	OK	0.15	360.00	OK
5	1.00	1.05										
36	100 x 95		SLE - N6A	0.04	2.90	OK	-5.56	-18.00	OK	0.07	360.00	OK
4	1.00	0.95										
37	100 x 95		SLE - N6A	0.03	2.90	OK	-7.22	-18.00	OK	-0.01	360.00	OK
4	1.00	0.95										
38	100 x 80		SLE - N6A	0.05	2.90	OK	-7.22	-18.00	OK	0.10	360.00	OK
3	1.00	0.80										
39	100 x 74		SLE - N6A	0.21	2.90	OK	-7.83	-18.00	OK	0.88	360.00	OK
1	1.00	0.74										
40	100 x 74		SLE - N6B	0.34	2.90	OK	-7.18	-18.00	OK	1.56	360.00	OK
1	1.00	0.74										
41	100 x 74		SLE - N6B	0.47	2.90	OK	-6.15	-18.00	OK	2.23	360.00	OK
1	1.00	0.74										
42	100 x 74		SLE - NSA	0.60	2.90	OK	-5.90	-18.00	OK	2.90	360.00	OK
1	1.00	0.74										
43	100 x 74		SLE - NSA	0.71	2.90	OK	-7.78	-18.00	OK	3.49	360.00	OK
1	1.00	0.74										
44	100 x 74		SLE - NSA	0.95	2.90	OK	-9.15	-18.00	OK	3.86	360.00	OK
1	1.00	0.74										
45	100 x 74		SLE - NSA	1.94	2.90	OK	-10.15	-18.00	OK	6.15	360.00	OK
1	1.00	0.74										
46	100 x 80		SLE - NSA	1.96	2.90	OK	-9.53	-18.00	OK	6.96	360.00	OK
3	1.00	0.80										
47	100 x 95		SLE - NSA	1.13	2.90	OK	-7.45	-18.00	OK	3.73	360.00	OK
4	1.00	0.95										

3.2.2 Nachweis Innenschale CT-IN

3.2.2.1 Nachweis GZT

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der Nachweisführung im GZT im Anschlussbereich CT1-IN aufgeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass der Auflockerungsdruck für den Ausbruchsquerschnitt Klasse T3 durch einen Faktor $R=1.6$ erhöht wird.

3.2.2 Verifica rivestimenti CT-IN

3.2.2.1 Verifiche SLU

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLU svolte sulla sezione CT1-IN integra. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per il profilo tipo CM-T3 maggiorato del fattore $R=1.6$.

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		f _{ck}	f _{yk}	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 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 B	14-2-P14	10'526	809.575	116.859	0.000	360.239	-	58.413
2	1.00	0.65								0.128	0.130	0.000	0.162	-	0.162
2	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 B	14-2-P14	10'526	740.394	105.925	0.000	245.945	-	28.962
2	1.00	0.65								0.117	0.118	0.000	0.118	-	0.118
3	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	687.079	97.134	0.000	244.641	-	34.813
2	1.00	0.65								0.108	0.109	0.000	0.142	-	0.142
4	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	648.486	90.317	0.000	243.696	-	29.711
2	1.00	0.65								0.101	0.102	0.000	0.122	-	0.122
5	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	623.790	85.475	0.000	243.091	-	20.218
2	1.00	0.65								0.097	0.097	0.000	0.083	-	0.083
6	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	612.461	82.607	0.000	242.812	-	8.691
2	1.00	0.65								0.093	0.095	0.000	0.036	-	0.036
7	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	612.568	82.327	0.000	242.812	-	8.691
2	1.00	0.65								0.093	0.095	0.000	0.036	-	0.036
8	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	624.113	84.874	0.000	243.091	-	20.218
2	1.00	0.65								0.097	0.096	0.000	0.083	-	0.083
9	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	649.031	89.396	0.000	243.696	-	29.711
2	1.00	0.65								0.101	0.101	0.000	0.122	-	0.122
10	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 C	14-2-P14	10'526	687.858	95.891	0.000	244.641	-	34.813
2	1.00	0.65								0.107	0.109	0.000	0.142	-	0.142
11	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 B	14-2-P14	10'526	741.424	104.362	0.000	245.945	-	28.962
2	1.00	0.65								0.116	0.117	0.000	0.118	-	0.118
12	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N6 B	14-2-P14	10'526	810.878	114.970	0.000	360.482	-	61.845
2	1.00	0.65								0.127	0.129	0.000	0.172	-	0.172
13	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	806.098	117.746	0.000	362.034	-	97.824
2	1.00	0.65								0.130	0.130	0.000	0.270	-	0.270
14	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	846.690	117.746	0.000	339.859	-	139.132
2	1.00	0.65								0.132	0.133	0.000	0.409	-	0.409
15	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	940.750	118.863	0.000	383.628	-	149.613
2	1.00	0.65								0.138	0.141	0.000	0.390	-	0.390
16	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	1114.040	113.564	0.000	407.714	-	185.984
2	1.00	0.65								0.149	0.152	0.000	0.456	-	0.456
17	100 x 90		30.00	450.00	OK	N5 B	N5 A	14-2-P16	14'513	1371.950	102.320	0.000	485.454	-	200.762
5	1.00	0.90								0.112	0.113	0.000	0.414	-	0.414
18	100 x 90		30.00	450.00	OK	N5 B	N6 C	14-2-P16	14'513	1700.550	84.621	0.000	303.191	-	104.356
5	1.00	0.90								0.131	0.130	0.000	0.344	-	0.344
19	100 x 90		30.00	450.00	OK	N5 B	N6 B	14-2-P16	14'513	2047.720	75.379	0.000	564.352	-	250.868
5	1.00	0.90								0.153	0.154	0.000	0.445	-	0.445
20	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6 A	N6 B	14-2-P16	14'513	2415.520	144.577	0.000	627.517	-	266.924
5	1.00	0.90								0.191	0.188	0.000	0.425	-	0.425
21	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6 A	N6 B	14-2-P16	14'513	2415.520	144.577	0.000	623.435	-	154.986
5	1.00	0.90								0.191	0.188	0.000	0.249	-	0.249
22	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6 A	N5 A	14-2-P16	13'763	2388.860	139.156	0.000	613.415	-	230.168
4	1.00	0.85								0.200	0.201	0.000	0.375	-	0.375
23	100 x 70		30.00	450.00	OK	N6 A	N5 A	14-2-P14	11'276	2355.510	93.937	0.000	534.053	-	317.343
3	1.00	0.70								0.235	0.233	0.000	0.594	-	0.594
24	100 x 54		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 A	14-2-P14	8'876	2321.080	96.531	0.000	417.581	-	272.580
1	1.00	0.54								0.308	0.306	0.000	0.653	-	0.653
25	100 x 54		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 A	14-2-P14	8'876	2327.100	149.309	0.000	417.581	-	250.823
1	1.00	0.54								0.340	0.338	0.000	0.601	-	0.601
26	100 x 54		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 A	14-2-P14	8'876	2342.460	195.196	0.000	417.581	-	227.023
1	1.00	0.54								0.376	0.368	0.000	0.544	-	0.544
27	100 x 54		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 A	14-2-P14	8'876	2366.610	233.141	0.000	417.581	-	198.929
1	1.00	0.54								0.402	0.407	0.000	0.476	-	0.476
28	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	2397.490	261.476	0.000	497.862	-	181.038
2	1.00	0.65								0.333	0.332	0.000	0.364	-	0.364
29	100 x 70		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	11'276	2354.100	281.472	0.000	534.053	-	178.956
3	1.00	0.70								0.310	0.304	0.000	0.335	-	0.335
30	100 x 65		30.00	450.00	OK	N5 A	N5 B	14-2-P14	10'526	2300.720	297.544	0.000	497.862	-	183.338
2	1.00	0.65								0.345	0.348	0.000	0.368	-	0.368

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der Nachweisführung im GZG im Anschlussbereich CT1-IN aufgeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass der Auflockerungsdruck für den Ausbruchsquerschnitt Klasse T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht wird.

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLE svolte sulla sezione CT1-IN integra. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per il profilo tipo CM-T3 maggiorato del fattore R=1.6.

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm ²]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm ²]	CHECK	σ_c, MAX [N/mm ²]	σ_c, Adm [N/mm ²]	CHECK	σ_s, MAX [N/mm ²]	σ_s, Adm [N/mm ²]	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)										
1	100 x 65		SLE - N5 A	0.40	2.90	OK	-1.92	-18.00	OK	1.85	360.00	OK
2	1.00	0.65										
2	100 x 65		SLE - N5 A	0.30	2.90	OK	-1.81	-18.00	OK	1.35	360.00	OK
2	1.00	0.65										
3	100 x 65		SLE - N5 A	0.21	2.90	OK	-1.65	-18.00	OK	0.90	360.00	OK
2	1.00	0.65										
4	100 x 65		SLE - N5 A	0.22	2.90	OK	-1.53	-18.00	OK	1.09	360.00	OK
2	1.00	0.65										
5	100 x 65		SLE - N5 A	0.24	2.90	OK	-1.45	-18.00	OK	1.20	360.00	OK
2	1.00	0.65										
6	100 x 65		SLE - N5 A	0.24	2.90	OK	-1.40	-18.00	OK	1.22	360.00	OK
2	1.00	0.65										
7	100 x 65		SLE - N5 A	0.24	2.90	OK	-1.40	-18.00	OK	1.22	360.00	OK
2	1.00	0.65										
8	100 x 65		SLE - N5 A	0.24	2.90	OK	-1.44	-18.00	OK	1.20	360.00	OK
2	1.00	0.65										
9	100 x 65		SLE - N5 A	0.22	2.90	OK	-1.52	-18.00	OK	1.09	360.00	OK
2	1.00	0.65										
10	100 x 65		SLE - N5 A	0.21	2.90	OK	-1.64	-18.00	OK	0.90	360.00	OK
2	1.00	0.65										
11	100 x 65		SLE - N5 A	0.30	2.90	OK	-1.80	-18.00	OK	1.35	360.00	OK
2	1.00	0.65										
12	100 x 65		SLE - N5 A	0.40	2.90	OK	-1.90	-18.00	OK	1.85	360.00	OK
2	1.00	0.65										
13	100 x 65		SLE - N5 A	0.42	2.90	OK	-1.92	-18.00	OK	1.89	360.00	OK
2	1.00	0.65										
14	100 x 65		SLE - N5 A	0.40	2.90	OK	-1.92	-18.00	OK	1.96	360.00	OK
2	1.00	0.65										
15	100 x 65		SLE - N5 A	0.35	2.90	OK	-1.99	-18.00	OK	1.74	360.00	OK
2	1.00	0.65										
16	100 x 65		SLE - N5 A	0.27	2.90	OK	-2.09	-18.00	OK	1.23	360.00	OK
2	1.00	0.65										
17	100 x 90		SLE - N5 B	0.17	2.90	OK	-1.51	-18.00	OK	0.55	360.00	OK
5	1.00	0.90										
18	100 x 90		SLE - N5 B	0.19	2.90	OK	-1.67	-18.00	OK	0.58	360.00	OK
5	1.00	0.90										
19	100 x 90		SLE - N5 B	0.15	2.90	OK	-2.04	-18.00	OK	0.78	360.00	OK
5	1.00	0.90										
20	100 x 90		SLE - N6 A	0.05	2.90	OK	-2.63	-18.00	OK	0.20	360.00	OK
5	1.00	0.90										
21	100 x 90		SLE - N6 A	0.03	2.90	OK	-2.66	-18.00	OK	0.08	360.00	OK
5	1.00	0.90										
22	100 x 85		SLE - N6 A	0.06	2.90	OK	-2.86	-18.00	OK	0.23	360.00	OK
4	1.00	0.85										
23	100 x 70		SLE - N6 A	0.20	2.90	OK	-3.41	-18.00	OK	0.91	360.00	OK
3	1.00	0.70										
24	100 x 54		SLE - N5 A	0.48	2.90	OK	-4.05	-18.00	OK	2.14	360.00	OK
1	1.00	0.54										
25	100 x 54		SLE - N5 A	0.56	2.90	OK	-4.74	-18.00	OK	2.52	360.00	OK
1	1.00	0.54										
26	100 x 54		SLE - N5 A	0.61	2.90	OK	-5.40	-18.00	OK	2.78	360.00	OK
1	1.00	0.54										
27	100 x 54		SLE - N5 A	0.63	2.90	OK	-6.01	-18.00	OK	2.92	360.00	OK
1	1.00	0.54										
28	100 x 65		SLE - N5 A	0.43	2.90	OK	-4.98	-18.00	OK	2.08	360.00	OK
2	1.00	0.65										
29	100 x 70		SLE - N5 A	0.37	2.90	OK	-4.67	-18.00	OK	1.80	360.00	OK
3	1.00	0.70										
30	100 x 65		SLE - N5 A	0.43	2.90	OK	-5.41	-18.00	OK	2.08	360.00	OK
2	1.00	0.65										

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm ²]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm ²]	CHECK	σ_c, MAX [N/mm ²]	σ_c, Adm [N/mm ²]	CHECK	σ_s, MAX [N/mm ²]	σ_s, Adm [N/mm ²]	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)										
31	100 x 54		SLE - N5 A	0.86	2.90	OK	-7.19	-18.00	OK	2.90	360.00	OK
1	1.00	0.54										
32	100 x 54		SLE - N5 A	0.58	2.90	OK	-6.57	-18.00	OK	2.69	360.00	OK
1	1.00	0.54										
33	100 x 54		SLE - N5 A	0.62	2.90	OK	-5.53	-18.00	OK	2.94	360.00	OK
1	1.00	0.54										
34	100 x 54		SLE - N5 A	0.75	2.90	OK	-4.25	-18.00	OK	3.56	360.00	OK
1	1.00	0.54										
35	100 x 65		SLE - N6 A	0.59	2.90	OK	-3.56	-18.00	OK	2.96	360.00	OK
2	1.00	0.65										
36	100 x 70		SLE - N6 A	0.57	2.90	OK	-3.78	-18.00	OK	2.88	360.00	OK
3	1.00	0.70										
37	100 x 65		SLE - N6 A	0.94	2.90	OK	-4.76	-18.00	OK	3.53	360.00	OK
2	1.00	0.65										
38	100 x 54		SLE - N6 A	2.44	2.90	OK	-6.92	-18.00	OK	8.87	360.00	OK
1	1.00	0.54										
39	100 x 54		SLE - N6 A	2.66	2.90	OK	-7.08	-18.00	OK	9.94	360.00	OK
1	1.00	0.54										
40	100 x 54		SLE - N6 A	2.66	2.90	OK	-7.08	-18.00	OK	9.94	360.00	OK
1	1.00	0.54										
41	100 x 54		SLE - N6 A	2.43	2.90	OK	-6.91	-18.00	OK	8.82	360.00	OK
1	1.00	0.54										
42	100 x 65		SLE - N6 A	0.92	2.90	OK	-4.75	-18.00	OK	3.53	360.00	OK
2	1.00	0.65										
43	100 x 70		SLE - N6 A	0.57	2.90	OK	-3.77	-18.00	OK	2.88	360.00	OK
3	1.00	0.70										
44	100 x 65		SLE - N6 A	0.59	2.90	OK	-3.55	-18.00	OK	2.96	360.00	OK
2	1.00	0.65										
45	100 x 54		SLE - N5 B	0.75	2.90	OK	-4.28	-18.00	OK	3.56	360.00	OK
1	1.00	0.54										
46	100 x 54		SLE - N5 A	0.62	2.90	OK	-5.56	-18.00	OK	2.94	360.00	OK
1	1.00	0.54										
47	100 x 54		SLE - N5 A	0.58	2.90	OK	-6.60	-18.00	OK	2.69	360.00	OK
1	1.00	0.54										
48	100 x 54		SLE - N5 A	0.88	2.90	OK	-7.22	-18.00	OK	2.90	360.00	OK
1	1.00	0.54										
49	100 x 65		SLE - N5 A	0.43	2.90	OK	-5.43	-18.00	OK	2.08	360.00	OK
2	1.00	0.65										
50	100 x 70		SLE - N5 A	0.37	2.90	OK	-4.68	-18.00	OK	1.80	360.00	OK
3	1.00	0.70										
51	100 x 65		SLE - N5 A	0.43	2.90	OK	-4.99	-18.00	OK	2.08	360.00	OK
2	1.00	0.65										
52	100 x 54		SLE - N5 A	0.63	2.90	OK	-6.03	-18.00	OK	2.92	360.00	OK
1	1.00	0.54										
53	100 x 54		SLE - N5 A	0.61	2.90	OK	-5.41	-18.00	OK	2.78	360.00	OK
1	1.00	0.54										
54	100 x 54		SLE - N5 A	0.56	2.90	OK	-4.74	-18.00	OK	2.52	360.00	OK
1	1.00	0.54										
55	100 x 54		SLE - N5 A	0.48	2.90	OK	-4.04	-18.00	OK	2.14	360.00	OK
1	1.00	0.54										
56	100 x 70		SLE - N6 A	0.20	2.90	OK	-3.43	-18.00	OK	0.91	360.00	OK
3	1.00	0.70										
57	100 x 85		SLE - N6 A	0.06	2.90	OK	-2.88	-18.00	OK	0.23	360.00	OK
4	1.00	0.85										
58	100 x 90		SLE - N6 A	0.03	2.90	OK	-2.68	-18.00	OK	0.08	360.00	OK
5	1.00	0.90										
59	100 x 90		SLE - N6 A	0.05	2.90	OK	-2.65	-18.00	OK	0.20	360.00	OK
5	1.00	0.90										
60	100 x 90		SLE - N5 A	0.15	2.90	OK	-2.06	-18.00	OK	0.78	360.00	OK
5	1.00	0.90										
61	100 x 90		SLE - N5 B	0.19	2.90	OK	-1.69	-18.00	OK	0.58	360.00	OK
5	1.00	0.90										
62	100 x 90		SLE - N5 B	0.17	2.90	OK	-1.53	-18.00	OK	0.55	360.00	OK
5	1.00	0.90										
63	100 x 65		SLE - N5 A	0.27	2.90	OK	-2.12	-18.00	OK	1.23	360.00	OK
2	1.00	0.65										
64	100 x 65		SLE - N5 A	0.35	2.90	OK	-2.02	-18.00	OK	1.74	360.00	OK
2	1.00	0.65										
65	100 x 65		SLE - N5 A	0.40	2.90	OK	-1.95	-18.00	OK	1.96	360.00	OK
2	1.00	0.65										
66	100 x 65		SLE - N5 A	0.42	2.90	OK	-1.94	-18.00	OK	1.89	360.00	OK
2	1.00	0.65										

3.3 NACHWEIS DES AUSBAUS - BRAND

3.3.1 Nachweis des Ausbaus GL-CM-T

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse im GZT mit außerordentlichen Einwirkungen im Brandfall angeführt im Bereich der Widerlager der unversehrten GL-CM-T angrenzend an den Anschlussbereich. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Typenprofil T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

3.3 VERIFICA DEI RIVESTIMENTI - INCENDIO

3.3.1 Verifica rivestimenti GL-CM-T

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLU accidentale per il caso incendio svolte sui ritti della GL-CM-T integra adiacente la zona di innesto. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo T3 maggiorato del fattore R=1.6.

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
45(M+N) / 43(V)	100 x 74		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P16	15'616	3031.160	524.878	0.000	688.673	-	626.110
1	1.00	0.69								0.353	0.356	0.000	0.909	-	0.909
23(M+N) / 23(V)	100 x 72		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P16	15'191	710.408	85.722	0.000	374.980	-	49.689
2	1.00	0.67								0.070	0.071	0.000	0.133	-	0.133
46(M+N) / 46(V)	100 x 80		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P16	16'891	3022.630	586.584	0.000	716.438	-	263.410
3	1.00	0.75								0.334	0.335	0.000	0.368	-	0.368
36(M+N) / 36(V)	100 x 95		30.00	360.00	OK	N21	N22	12-2-P18	20'158	3003.650	616.823	0.000	766.864	--	212.740
4	1.00	0.90								0.253	0.259	0.000	0.277	-	0.277
35(M+N) / 34(V)	100 x 105		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P18	22'455	3071.340	294.804	0.000	808.145	-	496.351
5	1.00	1.00								0.167	0.169	0.000	0.614	-	0.614
33(M+N) / 33(V)	100 x 115		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P20	24'864	3102.760	127.563	0.000	862.898	-	361.429
6	1.00	1.10								0.134	0.136	0.000	0.419	-	0.419

3.3.2 Nachweis des Ausbaus CT1-IN

Nachfolgend werden für den Querschnitt CT1-IN in tabellarischer Form die Ergebnisse im GZT mit außerordentlichen Einwirkungen im Brandfall angeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass der Auflockerungsdruck für den Querschnitt GL-CM-T durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

3.3.2 Verifica rivestimenti CT1-IN

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLU accidentale per il caso incendio svolte sulla sezione tipo CT1-IN integra. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente su un profilo tipo GL-CM-T maggiorato del fattore R=1.6.

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
31(M+N) / 45(V)	100 x 54		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	10'565	1940.976	199.832	0.000	357.460	-	310.461
1	1.00	0.49								0.298	0.304	0.000	0.869	-	0.869
49(M+N) / 44(V)	100 x 65		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	12'765	1943.840	201.670	0.000	376.776	-	314.339
2	1.00	0.60								0.226	0.227	0.000	0.834	-	0.834
50(M+N) / 43(V)	100 x 70		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	13'765	1985.232	176.416	0.000	381.069	-	297.635
3	1.00	0.65								0.195	0.197	0.000	0.781	-	0.781
57(M+N) / 57(V)	100 x 85		30.00	360.00	OK	N22	N21	14-2-P16	16'999	2035.808	93.974	0.000	478.952	-	125.007
4	1.00	0.80								0.134	0.134	0.000	0.261	-	0.261
21(M+N) / 20(V)	100 x 90		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P16	17'999	2061.024	75.896	0.000	497.610	-	221.010
5	1.00	0.85								0.125	0.126	0.000	0.445	-	0.445