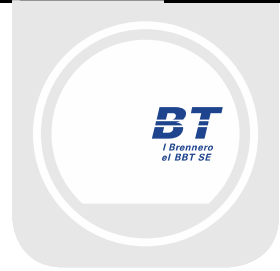




Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

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 CT5

Relazione di calcolo CT5



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

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

Mandataria



Mandante



Mandante



Mandante



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

Datum / Data

Name / Nome

Gesellschaft / Società

Bearbeitet / Elaborato

30.01.2015

A. Battaglia / M. Falanesca

Pini Swiss

Geprüft / Verificato

30.01.2015

D. Merlini

Pini Swiss



Name / Nome  
R. Zurlo

Name / Nome  
K. Bergmeister

Projekt-kilometer /  
Chilometro progetto  
von / da 32.0+88  
bis / a 54.0+15  
bei / al

Projekt-kilometer /  
Chilometro opera  
von / da 45.3+75  
bis / a 45.3+75  
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

22918

21

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
10	Definitive Abgabe / 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

<b>1</b>	<b>EINFÜHRUNG</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALKENNWERTE</b>	
<b>2</b>	<b>MATERIALI</b> .....	<b>8</b>
2.1	SPRITZBETON	
2.1	BETONCINO PROIETTATO .....	8
2.2	ANKER	
2.2	ANCORAGGI .....	8
2.3	BETON	
2.3	CALCESTRUZZO.....	8
2.4	BEWEHRUNGSSTAHL	
2.4	ACCIAIO DA ARMATURA.....	9
<b>3</b>	<b>GEOTECHNISCHES MODELL</b>	
<b>3</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO</b> .....	<b>10</b>
3.1	GEOLOGIE UND GEOMECHANIK	
3.1	GEOLOGIA E GEOMECCANICA.....	10
3.2	TRENNFLÄCHENORIENTIERUNG	
3.2	ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ .....	11
3.2.1	Trennflächenparameter	
3.2.1	Parametri delle discontinuità .....	12
<b>4</b>	<b>GEBIRGSVERHALTEN</b>	
<b>4</b>	<b>COMPORAMENTO DELLA ROCCIA</b> .....	<b>12</b>
4.1	ABSCHÄTZUNG DES GEBIRGSVERHALTENS	
4.1	VALUTAZIONE DEL COMPORAMENTO DELLA ROCCIA.....	12
<b>5</b>	<b>AUßENSCHALE</b>	
<b>5</b>	<b>RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE</b> .....	<b>14</b>
5.1	BRUCHKÖRPERANALYSE	
5.1	ANALISI DEI BLOCCHI.....	14
5.1.1	Gebirgslast bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten	
5.1.1	Carichi dell'ammasso altamente fratturato .....	14
5.1.2	Nachweisverfahren	
5.1.2	Procedura di verifica.....	14
5.1.3	Untersuchte Fälle und Ergebnisse	
5.1.3	Casi analizzati e risultati .....	15
5.2	ANALYSE DER AUSBRUCHPHASEN	
5.2	ANALISI DELLE FASI DI SCAVO .....	15
5.2.1	Ausbruchsquerschnitt CT5-T2	
5.2.1	Sezione CT5-T2 .....	16
5.2.2	Bildendes Gebirgsmodell	
5.2.2	Modello costitutivo dell'ammasso .....	17
5.2.3	Eigenschaften der Außenschale	
5.2.3	Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase .....	18
5.2.4	Laststufe	
5.2.4	Step di carico.....	19
5.2.5	Nachweisverfahren	
5.2.5	Procedura di verifica.....	20
5.2.6	Ergebnisse	
5.2.6	Risultati.....	20

5.2.7	Ausbruchquerschnitte CT5-T2	
5.2.7	Sezione CT5-T3 .....	20
5.2.8	Bildendes Gebirgsmodell	
5.2.8	Modello costitutivo dell'ammasso .....	21
5.2.9	Eigenschaften der Außenschale	
5.2.9	Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase .....	22
5.2.10	Laststufe	
5.2.10	Step di carico .....	23
5.2.11	Nachweisverfahren	
5.2.11	Procedura di verifica .....	24
5.2.12	Ergebnisse	
5.2.12	Risultati .....	25
5.3	UNTERSUCHUNG DER STANDSICHERHEIT DER ORTBRUST	
5.3	ANALISI DELLA STABILITÀ DEL FRONTE .....	25
5.3.1	Nachweisverfahren	
5.3.1	Procedura di verifica .....	25
5.3.2	Ergebnisse	
5.3.2	Risultati .....	25
<b>6</b>	<b>INNENSCHALE</b>	
<b>6</b>	<b>RIVESTIMENTO DEFINITIVO .....</b>	<b>26</b>
6.1	STABWERKSMODELLE	
6.1	METODO DELLE REAZIONI IPERSTATICHE .....	26
6.2	INTERAKTION TRAGWERK-BAUGRUND	
6.2	INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA .....	26
6.2.1	Modellierung der Bettung	
6.2.1	Rigidità radiale .....	27
6.2.2	Federkonstanten Auflagerbereich/Sohle	
6.2.2	Costante della molla nelle zone di appoggio / fondo .....	27
6.3	EINWIRKUNGEN	
6.3	ANALISI DEI CARICHI .....	28
6.3.1	Eigengewicht G1	
6.3.1	Peso proprio G1 .....	28
6.3.2	Oberleitung G2	
6.3.2	Catenaria G2 .....	28
6.3.3	Oberleitung G3	
6.3.3	Riempimento in cls al di sopra dell'arco rovescio G3 .....	29
6.3.4	Wasserdruck G4	
6.3.4	Pressione idraulica G4 .....	29
6.3.5	Gebirgslast G5	
6.3.5	Carico dell'ammasso G5 .....	29
6.3.6	Kriechen und Schwinden des Betons G6	
6.3.6	Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6 .....	30
6.3.7	Temperatur Q1	
6.3.7	Temperatura Q1 .....	31
6.3.8	Erdbebeneinwirkung E1	
6.3.8	Azione sismica E1 .....	31
6.3.9	Druck / Sog infolge Zugfahrt A1	
6.3.9	Pressione aerodinamica A1 .....	31
6.3.10	Anpralllast A2	
6.3.10	Urto A2 .....	31



6.3.11 Brand A3	
6.3.11 Incendio A3 .....	31
6.4 EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN	
6.4 COMBINAZIONE DI CARICO .....	33
6.5 NACHWEISVERFAHREN	
6.5 VERIFICHE .....	34
6.5.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	
6.5.1 Stati Limite Ultimi (SLU) .....	34
6.5.1.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
6.5.1.1 Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni .....	34
6.5.1.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
6.5.1.2 Coefficienti di combinazione delle azioni .....	34
6.5.1.3 Einwirkungskombinationen	
6.5.1.3 Combinazione delle azioni .....	34
6.5.1.4 Teilsicherheitsfaktoren Widerstand	
6.5.1.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze .....	34
6.5.1.5 Bemessung auf Biegung und Längskraft	
6.5.1.5 Verifica a pressoflessione .....	35
6.5.1.6 Bemessung Querkraft	
6.5.1.6 Verifica a taglio .....	35
6.5.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	
6.5.2 Stati Limite Esercizio (SLE) .....	37
6.5.2.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
6.5.2.1 Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni .....	37
6.5.2.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
6.5.2.2 Coefficienti di combinazione delle azioni .....	37
6.5.2.3 Lastfallkombinationen	
6.5.2.3 Combinazioni delle azioni .....	37
6.5.2.4 Teilsicherheitsfaktoren der Festigkeiten	
6.5.2.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze .....	37
6.5.2.5 Ermittlung der Verformungen	
6.5.2.5 Calcolo delle deformazioni .....	37
6.5.2.6 Begrenzung der Rissbreiten	
6.5.2.6 Limitazione dello spessore delle fessure .....	37
6.6 BAULICHE DURCHBILDUNG	
6.6 STRUTTURA COSTRUTTIVA .....	37
6.6.1 Expositionsklasse und Mindestbetondeckungen	
6.6.1 Classe di esposizione e copriferro minimo .....	37
6.6.2 Mindestbewehrung	
6.6.2 Armatura minima .....	38
6.7 ERGEBNISSE	
6.7 RISULTATI .....	39
<b>7 VERZEICHNISSE</b>	
<b>7 ELENCHI .....</b>	<b>40</b>
7.1 TABELLENVERZEICHNIS	
7.1 ELENCO DELLE TABELLE .....	40
7.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
7.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI .....	41
7.3 ANLAGENVERZEICHNIS	
7.3 ELENCO APPENDICI .....	41

7.4	REFERENZDOKUMENTE	
7.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	42
7.4.1	Eingangsdokumente	
7.4.1	Documenti in ingresso.....	42
7.4.1.1	Ausführungsprojekt Baulos Mauls 2-3	
7.4.1.1	Progetto Esecutivo Lotto Mules 2-3.....	42
7.4.1.2	Technische Projektaufbereitung	
7.4.1.2	Elaborazione tecnica del progetto .....	42
7.4.2	Normen und Richtlinien	
7.4.2	Normativa.....	42
7.4.3	Literatur	
7.4.3	Letteratura.....	43
<b>ANHANG 1 - GEOMECHANISCHE KARTEN</b>		
<b>APPENDICE 1 - SCHEDE GEOMECCANICHE.....</b>		<b>45</b>
<b>ANHANG 2 - KENNLINIENVERFAHREN</b>		
<b>APPENDICE 2 - CURVE CARATTERISTICHE.....</b>		<b>50</b>
<b>ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE</b>		
<b>APPENDICE 3 - ANALISI DEI BLOCCHI.....</b>		<b>53</b>
<b>ANHANG 4 - FEM- ANALYSEN DER AUßENSCHALE DES AUSBRUCHSQUERSCHNITTS CT5 T2</b>		
<b>APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE PER LA SEZIONE DI SCAVO CT5 T2.....</b>		<b>60</b>
<b>ANHANG 5 - FEM- ANALYSE DER AUßENSCHALE DES AUSBRUCHSQUERSCHNITTS CT5 T3</b>		
<b>APPENDICE 5 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE PER LA SEZIONE DI SCAVO CT5 T3.....</b>		<b>66</b>
<b>ANHANG 6 - FEM- ANALYSEN DER INNENSCHALE</b>		
<b>APPENDICE 6 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO .....</b>		<b>77</b>
<b>ANHANG 7 - FEM-ANALYSE DES KÜNSTLICHEN TUNNELS</b>		
<b>APPENDICE 7 - ANALISI FEM DELLA GALLERIA ARTIFICIALE .....</b>		<b>132</b>
<b>ANHANG 8 - FEM-ANALYSE STIRNWÄNDE DES CT5</b>		
<b>APPENDICE 8 - ANALISI FEM DELLE PARETI DI FONDO DEL CT5.....</b>		<b>162</b>
<b>1</b>	<b>BERECHNUNGSMODELL STRINWAND OST</b>	
<b>1</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO PARETE LATO EST.....</b>	<b>163</b>
1.1	NACHWEISVERFAHREN	
1.1	VERIFICHE .....	164
1.1.1	Traggrenzzustände (GZT) und Gebrauchsgrenzzustände (GZG)	
1.1.1	Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite di Esercizio (SLE) .....	164
1.1.1.1	Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen	
1.1.1.1	Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni .....	164
<b>2</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	
<b>2</b>	<b>RISULTATI MODELLAZIONE .....</b>	<b>165</b>
2.0.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	
2.1.1	Sollecitazioni Stati Limite Ultimi (SLU).....	165
<b>3</b>	<b>NACHWEISVERFAHREN</b>	
<b>3</b>	<b>VERIFICHE.....</b>	<b>166</b>
3.1	NACHWEIS GRENZZUSTÄNDE DER TRAGFÄHIGKEIT	
3.1	VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI.....	166
3.1.1	Biegenachweis	
3.1.1	Verifica a flessione .....	166

3.1.2	Prüfung auf Querkraft	
3.1.2	Verifica a taglio.....	167
3.2	NACHWEIS DER GRENZZUSTÄNDE DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT	
3.2	VERIFICHE STATI LIMITE D'ESERCIZIO .....	169
3.2.1	Einwirkungen	
3.2.1	Sollecitazioni agenti.....	169
3.2.2	Nachweis der Spannungen und Rissbildung	
3.2.2	Verifica delle tensioni e fessurazione .....	170
<b>4</b>	<b>BERECHNUNGSMODELL STIRNWAND WEST</b>	
<b>4</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO PARETE LATO OVEST.....</b>	<b>172</b>
4.1	NACHWEISVERFAHREN	
4.1	VERIFICHE .....	173
4.1.1	Traggrenzzustände (GZT) und Gebrauchsgrenzzustände (GZG)	
4.1.1	Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite di Esercizio (SLE) .....	173
4.1.1.1	Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen	
4.1.1.1	Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni .....	173
<b>5</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	
<b>5</b>	<b>RISULTATI MODELLAZIONE .....</b>	<b>174</b>
5.1	GRENZZUSTAND DER TRAGFÄHIGKEIT (GZT)	
5.1	SOLLECITAZIONI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) .....	174
<b>6</b>	<b>NACHWEISVERFAHREN</b>	
<b>6</b>	<b>VERIFICHE.....</b>	<b>176</b>
6.1	NACHWEIS GRENZZUSTAND DER TRAGFÄHIGKEIT	
6.1	VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI .....	176
6.1.1	Biegenachweis	
6.1.1	Verifica a flessione .....	176
6.1.2	Prüfung auf Querkraft	
6.1.2	Verifica a taglio.....	177
6.2	NACHWEIS GRENZZUSTAND DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT	
6.2	VERIFICHE STATI LIMITE D'ESERCIZIO .....	179
6.2.1	Einwirkungen	
6.2.1	Sollecitazioni agenti.....	179
6.2.2	Nachweis der Spannungen und Rissbreiten	
6.2.2	Verifica delle tensioni e fessurazione .....	181

## 1 EINFÜHRUNG

Das vorliegende Dokument beinhaltet die Erläuterung zur Bemessung der Außen- und Innenschalen der Querkaverne Trens - Querschlag Typ 5 (CT5), Kilometrierung km 45.3+75.0 (Oströhre), welche konventionell über eine Länge von 90m vorgetrieben wird. Wie in Abbildung 1 dargestellt, entwickeln sich der CT-5 hauptsächlich im Bereich der Amphibolite (geomechanische Zone 14 [1]) mit einer Überdeckung, die von 1095 m bis 1200 m reicht.

Der Ausbruchsquerschnitt in Ausbruchsklasse II, wird als CT5-T2 bezeichnet, und weist eine Ausbruchsquerschnittsfläche von 217.18 m<sup>2</sup> (Kalotte 137.03m<sup>2</sup> und Strosse 80.15 m<sup>2</sup>) auf. Es ist eine Ausbruchssicherung mit radialen Anker des Typs Dywidag mit Spreizköpfe ( $N_y \geq 760$  kN) oder mittels Selbstbohranker Typ R51N, Streckgrenze  $N_y \geq 630$ MPa, Länge 4/6 m (Kalotte/Strosse) mit Abstand  $p = 1.75$ m quer x 2.00m längs, vorgesehen. Der Spritzbeton hat eine nominale Stärke von 20 cm.

Der Ausbruchsquerschnitt in Ausbruchsklasse III, CT5-T3 genannt, weist eine Ausbruchsquerschnittsfläche von 247.85 m<sup>2</sup> (Kalotte 141.47 m<sup>2</sup>; Strosse 83.93 m<sup>2</sup>; Sohlgewölbe 22.45 m<sup>2</sup>) auf und sieht radiale Anker des Typs Dywidag mit Spreizköpfe ( $N_y \geq 760$  kN) oder Selbstbohranker Typ R51N, Streckgrenze  $N_y \geq 630$ MPa, Länge 6/8 m (Kalotte/Strosse) mit Abstand  $p = 1.5$ m quer x 1.5m längs als Ausbruchssicherung vor. Der Spritzbeton hat eine nominale Stärke von 30 cm.

## 1 INTRODUZIONE

La seguente relazione riporta il dimensionamento dei rivestimenti di prima fase e definitivi del Camerono trasversale di Trens (CT5), realizzato mediante avanzamento in scavo tradizionale in corrispondenza della progr. 45.3+75.0 (Canna Est) per una lunghezza di circa 90 m. Facendo riferimento alla Figura 1 [1], il CT5 si sviluppa all'interno del complesso delle Anfiboliti (zona geomeccanica 14 [1]) con coperture variabili da 1095 m a 1200 m.

La sezione prevista per affrontare lo scavo in classe II, è denominata CT5 T2, avente sezione di scavo 217.18 m<sup>2</sup> (calotta 137.03 m<sup>2</sup>; strozzo 80.15 m<sup>2</sup>), ancoraggi tipo Dywidag con testa a espansione ( $N_y \geq 760$  kN) o in alternativa barre autoperforanti R51N ( $N_y \geq 630$  kN) con lunghezza rispettivamente in strozzo/calotta di 4/6 m (passo trasversale 1.75 m e longitudinale 2.0 m, 2 maglie) e uno spessore di spritz-beton totale di 20 cm.

La sezione prevista per affrontare lo scavo in classe III, è denominata CT5 T3, avente sezione di scavo 247.85 m<sup>2</sup>, (calotta 141.47 m<sup>2</sup>; strozzo 83.93 m<sup>2</sup>; arco rovescio 22.45 m<sup>2</sup>), ancoraggi tipo dywidag con testa a espansione ( $N_y \geq 760$  kN) o in alternativa barre autoperforanti R51N ( $N_y \geq 630$  kN) con lunghezza rispettivamente in strozzo/calotta di 6/8 m (passo trasversale 1.5 m e longitudinale 1.5 m, 2 maglie) e uno spessore di spritz-beton totale di 30 cm.

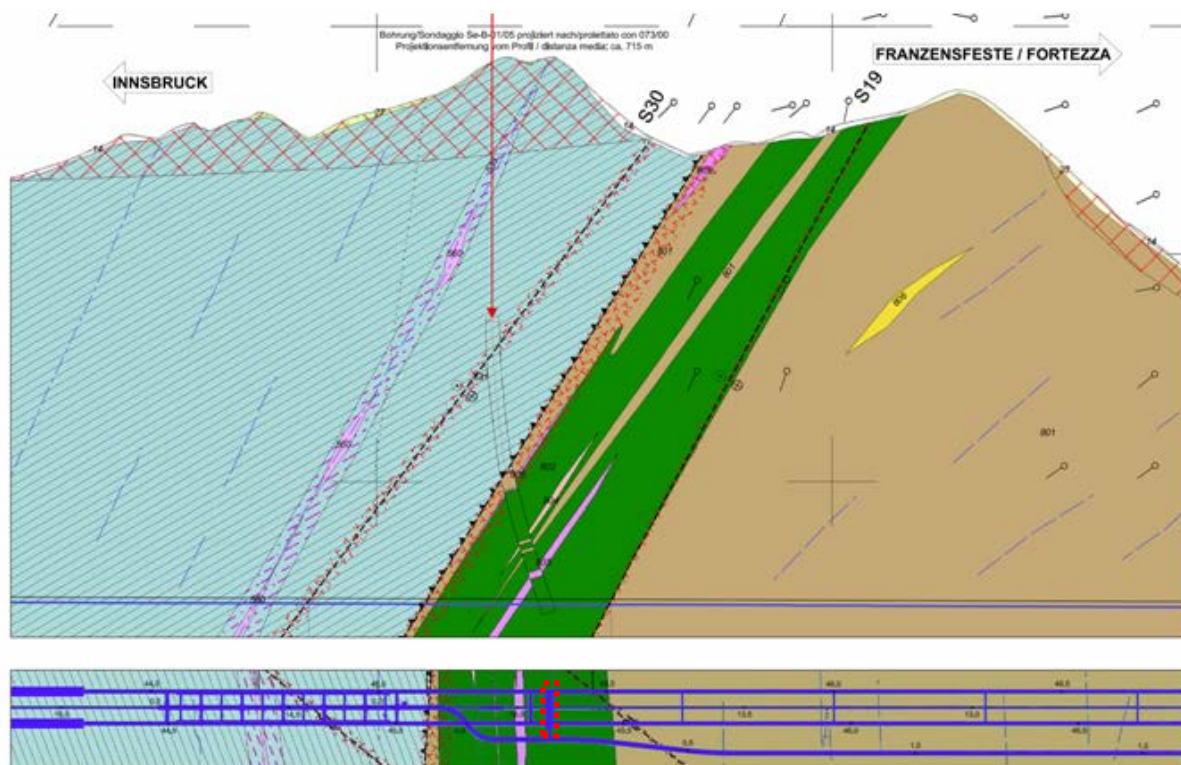


Abbildung 1: Auszug aus dem geomechanischen Längsprofil und des

Figura 1: Estratto del profilo geomeccanico longitudinale e della

geologischen Lageplans [3] [4] mit Angabe des Untersuchungsgebietes.

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

Die Innenschale der untersuchten Querschnitte ist aus bewehrtem Beton C30/37, dessen Mindeststärke, unter Berücksichtigung der Bautoleranzen, 35cm im Bereich der Kalotte und 85cm im Bereich des Sohlgewölbes entspricht.

Il rivestimento definitivo è armato ed è costituito da calcestruzzo C30/37 con spessori minimi, che tengono conto delle tolleranze in fase di costruzione pari a 35 e 85 cm rispettivamente in calotta ed in platea di fondazione.

Im vorliegenden Bericht ist außerdem die Bemessung des künstlichen Tunnels mit einer Breite von 9.5m und 8.7m Höhe, welcher im Inneren des CT5 gebaut wird, enthalten. Die Betonschale des künstlichen Tunnels ist bewehrt und besteht aus Beton C30/37. Die Mindeststärken, welche die Bautoleranzen berücksichtigen, entsprechen 74cm in der Kalotte und 72cm im der Sohle.

Nel presente rapporto viene inoltre riportato il dimensionamento statico della galleria artificiale di 9.5 metri di larghezza per 8.7 di altezza che verrà realizzata all'interno del CT5. 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.

## 2 MATERIALKENNWERTE

## 2 MATERIALI

### 2.1 SPRITZBETON

### 2.1 BETONCINO PROIETTATO

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

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:

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

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

Hierbei sind:

Dove:

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

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

### 2.2 ANKER

### 2.2 ANCORAGGI

Es wird der Einsatz von Anker des Typs R51N und Dywidag SN 32 vorgesehen, mit folgenden Eigenschaften:

Si prevede l'utilizzo di ancoraggi tipo dywidag SN32 con testa a espansione e barre autopercoranti R51N aventi le seguenti caratteristiche:

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

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

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

Wobei:

Dove:

- $E_s$  = Elastizitätsmodul
- $N_y$  = Ermüdungslast der Niete

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

### 2.3 BETON

### 2.3 CALCESTRUZZO

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

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

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

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

Hierbei sind:

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

Dove:

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

#### 2.4 BEWEHRUNGSSTAHL

Folgende Betonstähle sind für die Bemessung der Außenschale heranzuziehen:

#### 2.4 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

Der Querkaverne Trens (Kilometrierung Oströhre 45.3+75.0) wird konventionell vorgetrieben und befinden sich hauptsächlich im Bereich der Amphibolite (geomechanische Zone 14[3] [4]) mit einer Überdeckung, die von 1095 m bis 1200 m reicht.

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

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

Tabelle 1 Homogenbereich

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

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

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

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

Wobei:

- $\gamma$  = spezifisches Gewicht des Gebirges
- $\sigma_{ci}$  = einaxiale Druckfestigkeit der Gesteinsmatrix
- $m_i$  = Krümmungsparameter aus triaxialem Druckversuch des Gebirgsmaterial
- $E_i$  = Verformungsmodul der Gesteinsmatrix

### 3 MODELLO GEOTECNICO

#### 3.1 GEOLOGIA E GEOMECCANICA

Il cunicolo trasversale CT5 in corrispondenza della progr. 45.3+75.0 (Canna Est) sono scavate in tradizionale e si sviluppano all'interno del complesso delle Anfiboliti (zona geomeccanica 14 [3] [4]) con coperture variabili da 1095 m a 1200 m.

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

Tabella 1: Zone geomeccaniche omogenee

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

Tabella 2: Caratterizzazione degli ammassi di ciascuna zona omogenea e distribuzione probabilistica delle diverse classi [2] (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:

- $\gamma$  è il peso di volume naturale dell'ammasso roccioso.
- $\sigma_{ci}$  è la resistenza a compressione monoassiale di matrice.
- $m_i$  è un parametro di curvatura dell'involuppo di rottura triassiale del materiale roccia.

- RMR = *Rock Mass Rating 1989*
- GSI = *Geological Strength Index*

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

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

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

Zone number	Rock mass name	Class [-]	Zone max overburden [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi_{peak}$ [°]	$\Phi_{res}$ [°]	$c_{peak}$ [MPa]	$c_{res}$ [MPa]	$E_{rm}$ [MPa]	$\Psi$ [°]
14	GA-BCA-A-10g	II	1200	27.8	42.21	33.15	4.887	2.900	21074	6.86
	GA-BCA-GS-10g	III		27.3	36.23	28.85	3.535	2.274	15528	4.53

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

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

Wobei:

- $\Phi_{peak}$  Reibungswinkel am Peak
- $\Phi_{res}$  Restreibungswinkel
- $c_{peak}$  Kohäsion am Peak
- $c_{res}$  Restkohäsion
- $E_{rm}$  Gebirgsmodul
- $\Psi$  Dilatanz

Dove:

- $\Phi_{peak}$  è l'angolo d'attrito di picco.
- $\Phi_{res}$  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.
- $\psi$  è la dilatanza.

### 3.2 TRENNFLÄCHENORIENTIERUNG

Auf Grund der verfügbaren Daten aus der Regelplanung [6] und [7] wurden die Trennflächen aus Tabelle 4 berücksichtigt.

### 3.2 ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ

Sulla base dei dati disponibili dalla progettazione di sistema [6] e [7] sono state considerate le discontinuità riportate in Tabella 4.

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

Tabelle 4 Lage der Trennflächen

Tabella 4 Giacitura delle discontinuità



### 3.2.1 Trennflächenparameter

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

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

## 4 GEBIRGSVERHALTEN

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

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

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

### 4.1 ABSCHÄTZUNG DES GEBIRGSVERHALTENS

Zur Abschätzung des Gebirgsverhaltens wurden die Dokumente [2] und [6] berücksichtigt. Für weitere Details verweist man auf den Bericht [2]. In der folgenden Tabelle werden die aus dem Gebirgskennlinienverfahren resultierenden Ergebnisse aufgezeigt. Auf der sicheren Seite liegend wurde der Ausbruchradius des gesamten Querschnitts (Kalotte und Strosse) berücksichtigt.

Zone number	Rock mass name	Class [-]	Zone max overburden	$C_f$ [cm]	$C_a$ [cm]	$C_r$ [cm]	$F_{plf}$ [m]	$F_{pla}$ [m]	$c_f/R$ [%]	$F_{plf}/R$ [-]	$c_r/R$ [%]	$F_{pla}/R$ [-]
14	GB-BCA-A-10g	II	1200 m	1.2	3.9	2.7	0	4.1	0.12	0.00	0.32	0.49
	GB-BCA-GS-10g	III		2.7	9.0	6.3	2.1	8.6	0.31	0.24	0.72	0.98

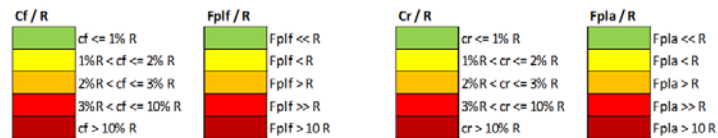


Tabelle 5 Ergebnisse Kennlinienverfahren.  $c_f$  = Ortsbrustkonvergenz,  $c_a$  = absolute Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht,  $c_r$  = relative Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht,  $F_{plf}$  = plastische Zone an der Ortsbrust,  $F_{pla}$  = plastische Zone Gleichgewicht,  $R$  = Ausbruchradius (mit 8.3m für CT5-T2 und 8.8m für CT5-T3 angenommen).

In Tabelle 6 ist ein Annahmekriterium [20] [21] aufgezeigt, welches der Einschätzung des Verhaltens der Ortsbrust in Abhängigkeit der Berechnungsergebnisse aus dem

### 3.2.1 Parametri delle discontinuità

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

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

## 4 COMPORTAMENTO DELLA ROCCIA

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

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

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

### 4.1 VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO DELLA ROCCIA

Per la valutazione del comportamento dell'ammasso roccioso in esame sono stati presi in considerazione i documenti [2] e [6]. Rimandando al Rapporto [2] per maggiori dettagli, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti dalle linee caratteristiche (Appendice 2), considerando cautelativamente il raggio di scavo dell'intera sezione di scavo (calotta e strozzo).

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,  $F_{plf}$  = fascia plastica al fronte,  $F_{pla}$  = fascia plastica all'equilibrio naturale,  $R$  = raggio di scavo (assunto pari a 8.3m per CT5-T2 e 8.8m per CT5-T3) [2].

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

Gebirgskennlinienverfahren dient (Konvergenz an der Ortsbrust und Ausdehnung der plastischen Zone an der Ortsbrust).

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 [20] [21]  $c_f$  = Ortsbrustkonvergenz;  $F_{plf}$  = Ausdehnung des plastischen Streifens an der Ortsbrust;  $R_{scavo} = r_{eq}$  = äquivalenter Ausbruchradius

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

Das Berechnungsergebnis zeigt, dass für das Gebirge GA-BCA-A-10g geringe Verformungs- und Stabilitätsprobleme (< 5 cm) zu erwarten sind. Das erwartete Verhalten des Hohlrums ist im Wesentlichen von elastischer Art mit einer plastischen Zone, dessen Ausmaß kleiner als der Ausbruchradius ist, und die Ortsbrust erweist sich als nahezu stabil.

Das Gebirge GA-BCA-GS-10g ist mit mitteldruckhaftem Gebirgsverhalten zu rechnen (radiale Konvergenzen < 10 cm). Man erwartet sich daher hauptsächlich ein elastisch-plastisches Verhalten des Hohlrums mit einer plastifizierten Zone, dessen Ausmaß dem Ausbruchradius entspricht, und die Ortsbrust erscheint nahezu stabil.

Für die Bemessung des Profiltyps CT5 T2 werden die Parameter des Gebirges GA-BCA-A-10g herangezogen, während für den Profiltyp CT5 T3, die Parameter des Gebirges GA-BCA-GS-10g verwendet werden.

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

Dall'analisi si evidenzia come per l'ammasso GA-BCA-A-10g si possono attendere basse problematiche deformative (<5 cm) e di stabilità. Il comportamento del cavo atteso è di tipo sostanzialmente elastico con fascia plastica, inferiore al raggio di scavo, e il fronte si presenta pressoché stabile.

Per quanto riguarda l'ammasso GA-BCA-GS-10g si può attendere un comportamento mediamente spingente (convergenze radiali totali <10 cm). Il comportamento del cavo atteso è di tipo sostanzialmente elasto-plastico con fascia plastica, inferiore al raggio di scavo, e il fronte si presenta pressoché stabile.

Per il dimensionamento del profilo tipo CT5 T2 vengono considerati i parametri dell'ammasso GA-BCA-A-10g mentre per il profilo tipo CT5 T3, i parametri dell'ammasso GA-BCA-GS-10g.

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

## 5 AUßENSCHALE

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

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

### 5.1 BRUCHKÖRPERANALYSE

#### 5.1.1 Gebirgslast bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten

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

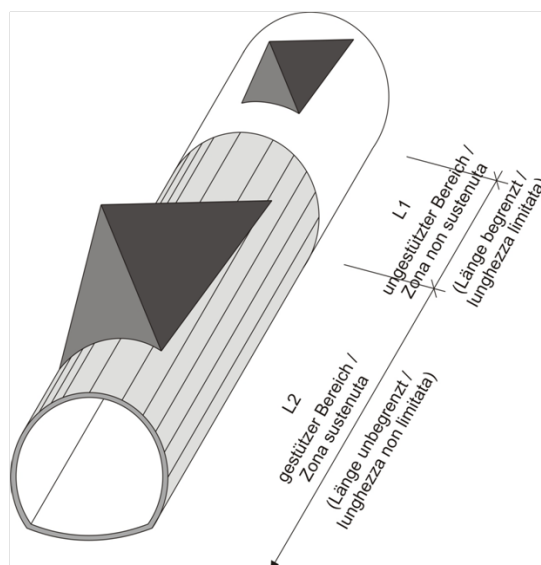


Abbildung 2 Qualitative Darstellung der Einwirkung aus dem Gebirge auf die Schale bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten

#### 5.1.2 Nachweisverfahren

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

## 5 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

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

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

### 5.1 ANALISI DEI BLOCCHI

#### 5.1.1 Carichi dell'ammasso altamente fratturato

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

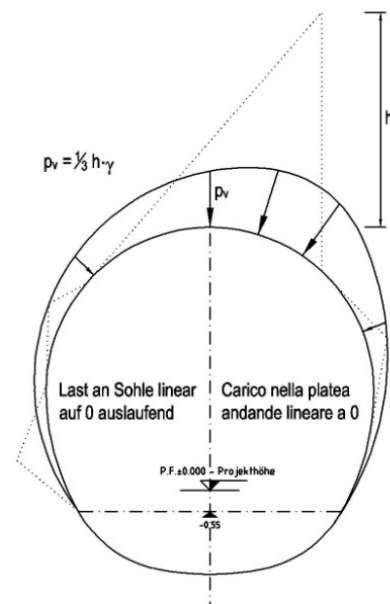


Figura 2 Rappresentazione qualitativa degli effetti dell'ammasso sul rivestimento, in caso di ammasso altamente fratturato

#### 5.1.2 Procedura di verifica

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

Die Trennflächenparameter  $c'$  und  $\phi'$  gehen als charakteristische Kennwerten in die Berechnungen ein.

Für den Nachweis mittels Bruchkörperanalyse ist folgendes Sicherheitskonzept zu berücksichtigen.

Per l'analisi, si adottano i valori caratteristici  $c'$  e  $\phi'$  riportati al paragrafo 0.

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

$$E_d \leq R_d$$

Hierbei ist:

- $R_d$  = Bemessungswert Widerstand
- $E_d$  = Bemessungswert Einwirkung

Dove:

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

### 5.1.3 Untersuchte Fälle und Ergebnisse

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

Es werden zwei Arten von Nachweis geführt:

- Sektor L1: die Länge des Berechnungsmodells entspricht der Abschlagslänge (3.0m), 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 Dywidag SN 32 ( $N_{yd} = 760$  kN) von 6/8 Meter Länge mit Raster 1.50 m (längs) x 1.50 m (quer) vorgesehen.
- Sektor L2: Das Berechnungsmodell ist unendlich lang mit einer 15 cm dicken Spritzbetonschale und mit Ankern des Typs Typs Dywidag SN 32 ( $N_{yd} = 760$  kN) von 6/8 Meter Länge mit Raster 1.50 m (längs) x 1.50 m (quer) vorgesehen.

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  $\gamma_G$ , erreicht wird.

Die Analyse zeigte, dass die maximale Höhe der Blöcke kleiner als 1 m ist. Aus diesem Grund ist die Bruchkörperanalyse nicht entscheidend für die Bemessung des Innenrings.

## 5.2 ANALYSE DER AUSBRUCHPHASEN

Um abzuschätzen, welcher Lastfall, der Gebirgsdruck oder das Loslösen eines Bruchkörpers (Absatz 5.1), maßgebend ist, wurde eine Finite-Elemente-Berechnung mit dem Programm MIDAS GTS [30] durchgeführt. Dieses erlaubt es,

### 5.1.3 Casi analizzati e risultati

Le analisi sono state effettuate con il programma di calcolo UNWEDGE 3.0 considerando l'efficacia dei chiodi in funzione della loro inclinazione rispetto alla 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 (3.0m) aumentato cautelativamente di 0.5 metri con assenza di betoncino proiettato. Per garantire la stabilità dei cunei rocciosi si prevede l'installazione di ancoraggi tipo Dywidag con testa a espansione ( $N_y \geq 760$  kN) o in alternativa barre autoperforanti R51N ( $N_y \geq 630$  kN) di lunghezza 6.0/8.0 metri e maglia 1.50 m (longitudinale) x 1.50 m (trasversale).
- settore L2: lunghezza di analisi illimitata con presenza di uno strato di betoncino proiettato di 15 cm ancoraggi tipo dywidag con testa a espansione ( $N_y \geq 760$  kN) o in alternativa barre autoperforanti R51N ( $N_y \geq 630$  kN) di lunghezza 6.0/8.0 metri e maglia 1.50 m (longitudinale) x 1.50 m (trasversale).

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

Dall'analisi risulta che l'altezza massima dei blocchi è inferiore a 1m. Per questo motivo l'analisi a blocchi non risulta determinante ai fini del dimensionamento dell'anello interno.

## 5.2 ANALISI DELLE FASI DI SCAVO

Al fine di valutare se il carico d'ammasso è più o meno gravoso del carico dovuto al distacco di un blocco (paragrafo 5.1), è stata condotta un'analisi mediante il programma agli elementi finiti MIDAS GTS [30]. Quest'ultimo consente di

die Lastentwicklung und das Spannungs-Verformungsverhalten 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-Verformungsverhalten und der Festigkeit des Gebirges ist vom Ausbruch abhängig;
- Die Definition des Spannungszustands im Gebirge, vor dem Tunnelvortrieb ist erforderlich;
- Die einzelnen Ausbruchphasen sowie die entsprechende Ausbruchsicherung werden modelliert.

#### 5.2.1 Ausbruchsquerschnitt CT5-T2

Für die Bemessung des Ausbruchsquerschnitts CT5 T2 wurde der Querschnitt mit der höchsten Überdeckung im Bereich der untersuchten Strecke (H=1200m) berücksichtigt.

Aufgrund der Symmetrie der zu untersuchenden Problemstellung, erstreckt sich das Berechnungsmodell über eine Breite von 100 m ab den Grenzen der Hohlräume und über eine Höhe von 200 m, von denen 100 m unter und 100 m über der Schienenoberkante liegen. Durch die gewählten Modellabmessungen kann davon ausgegangen werden, dass eventuelle Randeinflüsse vernachlässigbar sind. Das Gebirge wurde mittels zweidimensionaler, quadratischer Elemente mit Abmessungen von ca. 200x200 cm diskretisiert. In der Nähe des Tunnels wird die Mesh verdichtet und die Elemente erreichen Abmessungen von 50x50 cm. Die gewählten Randbedingungen verhindern eine Verschiebung in beide Richtungen am unteren Modellrand und blockieren Verschiebungen in horizontaler Richtung an den vertikalen Modellrändern. Am oberen Modellrand wurde ein Druck aufgebracht, welcher der vorhandenen Bodenauflast (von Tunnel bis Geländeoberkante) entspricht.

sequire la storia di carico e il comportamento tensio-deformativo dell'ammasso roccioso durante tutte gli step per la realizzazione dell'opera.

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

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

#### 5.2.1 Sezione CT5-T2

Per il dimensionamento della sezione CT5 T2 si è considerata la sezione con la massima copertura nella tratta in esame (H=1200 m).

Il modello di calcolo, in virtù della simmetria del problema, si estende per 100 m in larghezza agli estremi della cavità, 100 m in altezza, di cui 100 m al di sotto del piano del ferro e 100 m al di sopra di quest'ultimo. Tali limiti sono sufficienti per ritenere trascurabili gli effetti di bordo. L'ammasso è stato discretizzato mediante elementi bidimensionali quadrati di dimensioni pari a circa 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.

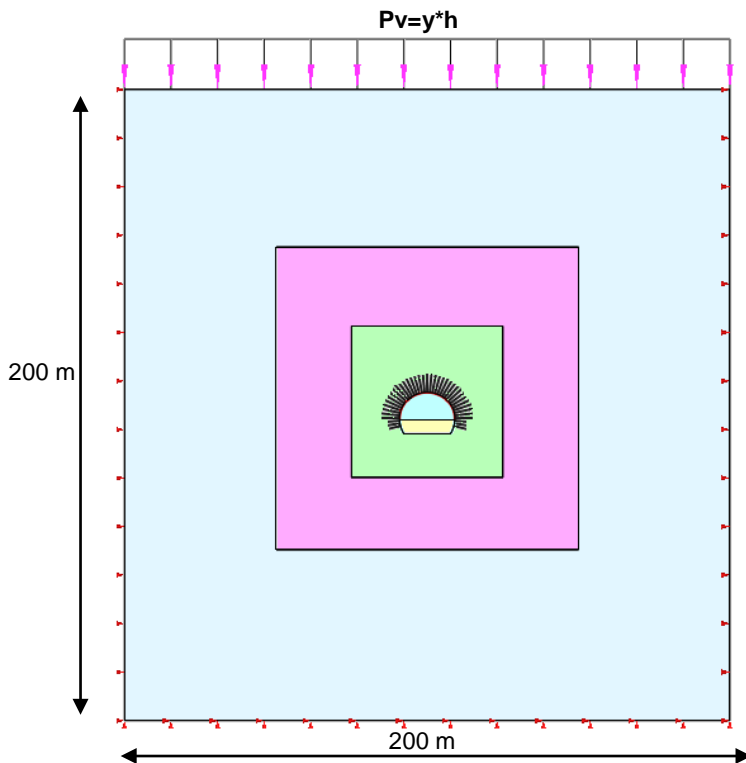


Abbildung 3: Analyseabschnitt CT5 T2

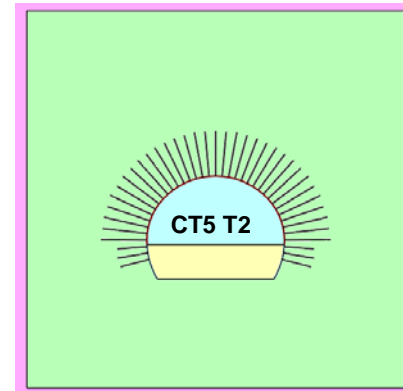


Figura 3: sezione di analisi CT5 T2

### 5.2.2 Bildendes Gebirgsmodell

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

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

Zone max überburden [m]	GSI	GSI <sub>res</sub>	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E_{rm}$ [MPa]	$\sigma_{ci}$ [MPa]	$\sigma_{cm}$ [MPa]	$m_i$ [-]	$m_{b, peak}$ [-]	$m_{b, res}$ [-]	$s_{, peak}$ [-]	$s_{, res}$ [-]
1200	56	26.44	27.8	21074	116	29.6	17	3.535	1.229	0.0075	0.0003

Tabelle 7: Berücksichtigte geomechanische Parameter

Die Auflagebedingungen am Modellrand sehen behinderte Verschiebungen in beiden Richtungen entlang der unteren Grenze sowie behinderte Verschiebungen in horizontaler Richtungen entlang der senkrechten Grenze vor. An der oberen Grenze des Modells wurde ein Druck aufgebracht, der der vor Ort vorhandenen Bodenauflast entspricht. Der Spannungszustand in-situ wurde gemäß den nachfolgenden Gleichungen ausgewertet:

### 5.2.2 Modello costitutivo dell'ammasso

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

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

Tabelle 7: Parametri geomeccanici considerati

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 il boundary verticali. Sul boundary superiore è applicata una pressione pari al peso del terreno presente in sito fino alla quota del piano campagna. Lo stato di sforzo in sito è stato valutato secondo le seguenti relazioni:

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

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

Wobei:

- Z = Abstand des allgemeinen Elements von der Geländeoberkante
- $K_0$  = Erdruchdruckbeiwert, gleich 0.75 angenommen.

Dove

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

### 5.2.3 Eigenschaften der Außenschale

Folgende Tabelle zeigt die Eigenschaften der Ausbruchsicherung für das Profil CT5-T2 auf:

	Anker Chiodature					Spritzbeton Betoncino proiettato		
	Tipo	$N_y$ [kN]	L [m]	$i_{long}$ [m]	$i_{trasv}$ [m]	Classe [-]	$S_{nominale}$ [cm]	$S_{minimo}$ [cm]
CT5 T2	Dywidag SN32	760	4/6	2	1.75	C30/37	20	15
	R51N	630	4/6	2	1.75			

Tabelle 8: Charakteristiken der Außenschale CT5-T2

Wie mit BBT SE vereinbart, werden die Anker im Berechnungsmodell mit einem Grenzwiderstand, welcher der Fließgrenze entspricht, die um den Widerstandsbeiwert ( $\gamma_R = 1.15$ ) und der Reibung ( $\gamma_R = 1.3$ ) faktorisiert wird, modelliert.

Die Anker werden durch spezifischen eindimensionalen Elementen (Truss) mit perfekt plastisch-elastischem Verhalten (Abbildung 4) und unter Berücksichtigung des Von Mises Bruchkriterium ( $N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 548$  kN) im Berechnungsmodell diskretisiert. Sie sind mit den Gitterknoten über eine Schnittstelle verbunden, wobei auf der sicheren Seite liegend ein Querwiderstands gleich 220 kN/m und eine tangentielle Steifigkeit von 16 MN/m/m [28] berücksichtigt werden.

Auf der sicheren Seite liegend wird die Innenschale in Spritzbeton vernachlässigt, da sie als bauliche Maßnahme den Schutz gegen das Ablösen von kleinen Felsenvolumen (siehe Anhang 3) sicherstellt.

### 5.2.3 Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase

La seguente tabella riporta le caratteristiche dei provvedimenti di messa in sicurezza per il profilo CT5 T2:

Tabella 8: Caratteristiche rivestimenti di prima fase CT5 T2

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

Gli ancoraggi, modellati cautelativamente come gli autoperforanti R51N, sono stati riprodotti con specifici elementi monodimensionali (Truss) aventi comportamento elastico perfettamente plastico (Figura 4) con criterio di rottura alla Von Mises ( $N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 548$  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) [28].

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

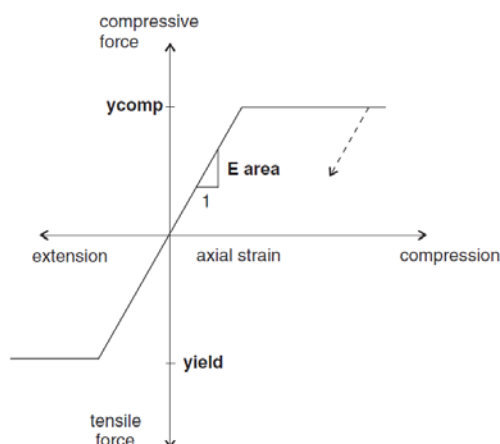


Abbildung 4: Kraft-Verformungsverhalten der Anker-Elemente

#### 5.2.4 Laststufe

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

Figura 4: Comportamento sforzo-deformazione per gli ancoraggi

#### 5.2.4 Step di carico

Dopo una prima fase di inizializzazione del modello, necessaria per calcolare l'equilibrio iniziale, lo scavo del CT5 viene simulato mediante l'utilizzo delle Forze Fittizie di Scavo, di seguito denominate FFS. La percentuale di tali forze è definita sulla base dei risultati delle Linee Caratteristiche (vedasi Appendice 2).

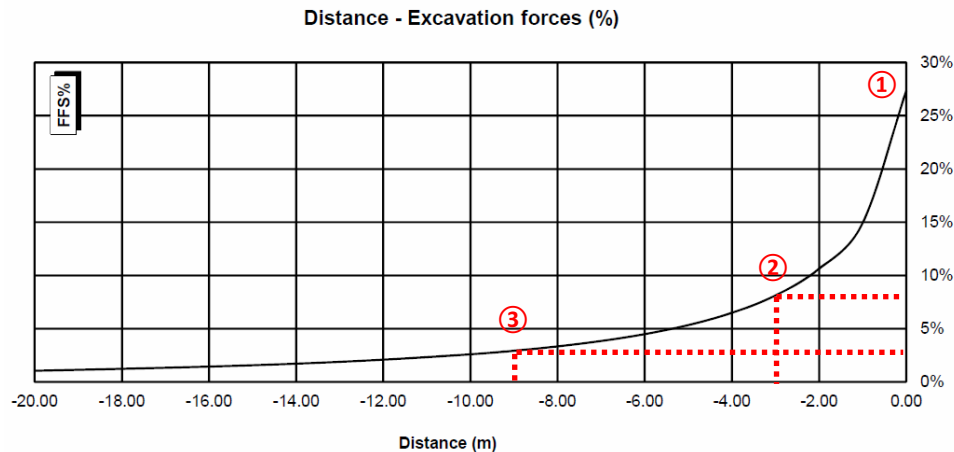


Abbildung 5: FFS an der Ortsbrust und bei Einbau der Anker

Nachfolgend sind die Berechnungsstufen zusammengefasst:

- 0) Geostatische Ausgangslage mit Bestimmung der Geometrie, der Randbedingungen, der Schichtung und der geostatischen Ausgangsspannungen;
- 1) Reduktion der FFS bis zum Wert, den sie an der Ortsbrust annehmen (FFS =27%);
- 2) Reduktion der FFS bis zum Wert, den sie beim Einbau der Anker (Erste Raster) einnehmen (3.0 m von der Ortsbrust entfernt) (FFS =8%);
- 3) Modellierung der Anker (Erste Raster) im Berechnungsmodell und Reduktion der FFS =3% bei 9.0 m ab der Ortsbrust (3 Abschläge);
- 4) Modellierung der Anker im Berechnungsmodell (zweites Raster) und Annullierung der FFS (FFS =0%);
- 5) Entfernung der Außenschale und Simulation der Langzeitkonfiguration mit Einbau der Innenschale. Letztere ist mit der Mesh mittels eines Schnittstellenelements mit normaler, dem Gebirge entsprechenden Steifigkeit und tangentialer Steifigkeit gleich Null verbunden. Dieses Schnittstellenelement ermöglicht es, neben der Bestimmung der Einwirkungen auf die Innenschale, die Wirkung der Abdichtungsschicht zwischen den zwei Schalen zu berücksichtigen, indem es die

Figura 5: FFS al fronte e all'installazione delle chiodature

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 (FFS=27%);
- 2) riduzione delle FFS al momento di installazione della prima maglia di ancoraggi (3 m dal fronte) (FFS=8%);
- 3) introduzione nel modello numerico della prima maglia di ancoraggi radiali e riduzione delle FFS=3% fino a 9 m dal fronte (3 avanzamenti);
- 4) introduzione della seconda maglia di ancoraggi e annullamento delle FFS (FFS=0%);
- 5) Rimozione del rivestimento di prima fase e simulazione della configurazione a lungo termine con l'installazione del rivestimento definitivo. Quest'ultimo  collegato alla mesh mediante un elemento interfaccia avente rigidezza normale pari a quella dell'ammasso e rigidezza tangenziale nulla. Quest'ultimo elemento, oltre a consentire di valutare le pressioni che agiscono sul rivestimento definitivo, consente di considerare l'effetto del pacchetto di impermeabilizzazione presente tra i due rivestimenti, annullando le tensioni tangenziali.



tangentialen Spannungen annulliert.

### 5.2.5 Nachweisverfahren

Gemäß den NTC 2008 werden die Einwirkungen auf die Außenschale, welche aus dem FEM Modell resultieren, um  $\gamma_G = 1,30$  erhöht und die Querschnittswiderstände um  $\gamma_c = 1,50$  sowie  $\gamma_s = 1,15$  reduziert.

Die Nachweise gelten erfüllt, wenn folgende Ungleichung verifiziert ist:

$$E_d \leq R_d$$

Hierbei ist:

- $R_d$  = Bemessungswert Widerstand
- $E_d$  = Bemessungswert Einwirkung

Wie in Abs. 5.2.3. beschrieben wurde im FEM Modell die Spritzbetonschale vernachlässigt. Aus diesem Grund erreichen die Anker zwar die Streckgrenze ( $N_{yd} = 548$  kN), aber überschreiten die axiale Verformungsgrenze, die vorsichtshalber auf 5% gesetzt wurde, nicht.

### 5.2.6 Ergebnisse

Die im Anhang 4 aufgezeigten Analysen bestätigen, dass das Gebirgsverhalten durch reduzierte Konvergenzen (absolute Konvergenzen < 40 mm und relative Konvergenzen ohne Spritzbeton ca. 25 mm) und durch die Bildung einer plastischen Zone mit maximaler Ausdehnung von ca. 374 m gekennzeichnet ist.

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

Der vom Gebirge ausgeübte Druck auf die Innenschale, bei Ausfall der Anker, beträgt 180 kPa.

### 5.2.7 Ausbruchquerschnitte CT5-T2

Für die Bemessung des Regelprofils CT5 T2 wurde der Querschnitt mit der höchsten Überdeckung im Bereich der untersuchten Strecke (H=1200m) berücksichtigt.

Aufgrund der Symmetrie der zu untersuchenden Problemstellung, erstreckt sich das Berechnungsmodell über eine Breite von 100 m ab den Grenzen der Hohlräume und über eine Höhe von 200 m, von denen 100 m unter und 100 m über der Schienenoberkante liegen. Durch die gewählten Modellabmessungen kann davon ausgegangen werden, dass eventuelle Randeinflüsse vernachlässigbar sind. Das Gebirge wurde mittels zweidimensionaler, quadratischer Elemente mit Abmessungen von ca. 200x200 cm diskretisiert. In der Nähe des Tunnels wird die Mesh verdichtet und die Elemente

### 5.2.5 Procedura di verifica

In conformità alle NTC 2008 le azioni ricavate dal modello FDM 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 è verificata la seguente disuguaglianza:

Dove:

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

Essendo stato trascurato nel modello FEM il betoncino proiettato come riportato al Par. 5.2.3, si verifica che gli ancoraggi che raggiungono il limite di snervamento ( $N_{yd} = 548$  kN) non superino il limite di deformazione assiale posto cautelativamente pari al 5%.

### 5.2.6 Risultati

Le analisi riportate nell'Appendice 4 confermano che il comportamento dell'ammasso è caratterizzato da convergenze ridotte (convergenze assolute < 40 mm e convergenze relative in assenza del betoncino proiettato di ca. 25 mm) e dalla formazione di una fascia plastica di estensione massima di ca. 3/4 m.

Gli ancoraggi raggiungono il limite di snervamento ( $N_{yd} = 548$  kN) ma non raggiungono il limite di deformazione dell'acciaio ( $\epsilon < 5\%$ ).

La pressione esercitata dall'ammasso sul rivestimento definitivo, al decadimento delle chiodature, è dell'ordine dei 180 kPa.

### 5.2.7 Sezione CT5-T3

Per il dimensionamento della sezione CT5-T3 si è considerata la sezione con la massima copertura nella tratta in esame (H=1200 m).

Il modello di calcolo, in virtù della simmetria del problema, si estende per 100 m in larghezza agli estremi della cavità, 100 m in altezza, di cui 100 m al di sotto del piano del ferro e 100 m al di sopra di quest'ultimo. Tali limiti sono sufficienti per ritenere trascurabili gli effetti di bordo. L'ammasso è stato discretizzato mediante elementi bidimensionali quadrati di dimensioni pari a circa 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

erreichen Abmessungen von 50x50 cm. Die gewählten Randbedingungen verhindern eine Verschiebung in beide Richtungen am unteren Modellrand und blockieren Verschiebungen in horizontaler Richtung an den vertikalen Modellrändern. Am oberen Modellrand wurde ein Druck aufgebracht, welcher der vorhandenen Bodenauflast (von Tunnel bis Geländeoberkante) entspricht.

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.

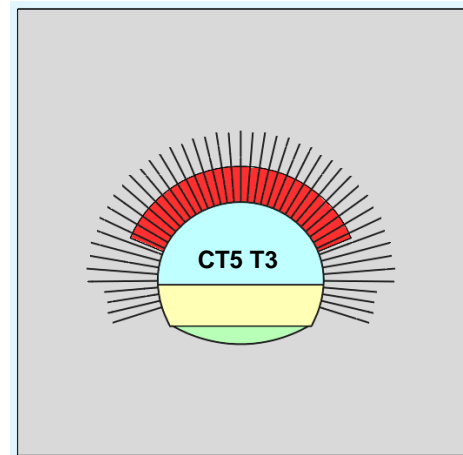
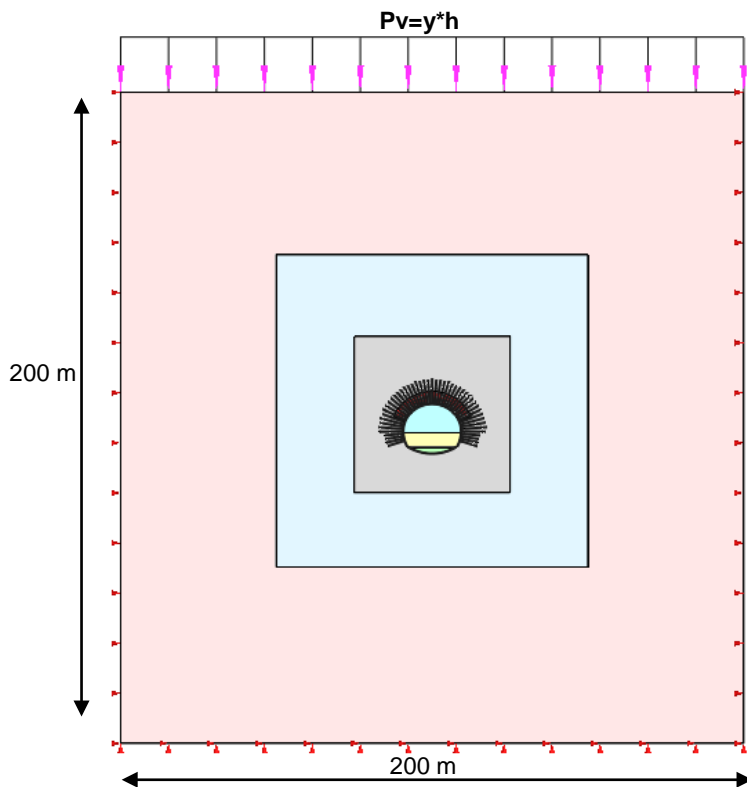


Abbildung 6: Berechnungsquerschnitt CT5 T3

Figura 6: sezione di analisi CT5 T3

### 5.2.8 Bildendes Gebirgsmodell

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

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

### 5.2.8 Modello costitutivo dell'ammasso

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

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

Zone max überburden [m]	GSI	GSI <sub>res</sub>	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	E <sub>rm</sub> [MPa]	σ <sub>ci</sub> [MPa]	σ <sub>cm</sub> [MPa]	m <sub>i</sub> [-]	m <sub>b, peak</sub> [-]	m <sub>b, res</sub> [-]	s <sub>, peak</sub> [-]	s <sub>, res</sub> [-]
1200	50	25.59	27.3	15528	72.5	15.60	15.5	2.599	1.087	0.0039	0.0003

Tabelle 9: Berücksichtigte geomechanische Parameter

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

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

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

Wobei:

- Z = Abstand des allgemeinen Elements von der Geländeoberkante
- K<sub>0</sub> = Erdruhedruckbeiwert, gleich 0.75 angenommen.

Tabella 9: Parametri geomeccanici considerati

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

Dove

- Z rappresenta la distanza del generico elemento dal piano campagna
- K<sub>0</sub> è il coefficiente di spinta orizzontale, assunto pari a 0.75.

### 5.2.9 Eigenschaften der Außenschale

Folgende Tabelle zeigt die Eigenschaften der Sicherheitsmaßnahmen für das Profil CT5-T3 auf:

### 5.2.9 Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase

La seguente tabella riporta le caratteristiche dei provvedimenti di messa in sicurezza per il profilo CT5-T3:

	Anker/ Chiodature										Spritzbeton / Betoncino proiettato		
	Radial / Radiali					Umriss / Contorno					Klasse Classe [-]	S <sub>nom</sub> [cm]	S <sub>min</sub> [cm]
	Typ Tipo	N <sub>y</sub> [kN]	L [m]	i <sub>längs/</sub> long [m]	i <sub>quer/</sub> trasv [m]	Typ Tipo	N <sub>y</sub> [kN]	L [m]	i <sub>längs/</sub> long [m]	i <sub>quer/</sub> trasv [m]			
CT5 T3	Dywidag SN32	760	6/8	1.5	1.5	R51N	630	12	3	0.75	C30/37	30	25
	R51N	630	6/8	1.5	1.5								

Tabelle 10: Charakteristiken der Außenschale CT5-T2

Zur Modellierung des Spritzbetons wurden eindimensionale Balkenlemente (beam) mit elastischem Verhalten verwendet. Auf der sicheren Seite liegend wurden zwei Analysen durchgeführt: eine mit E = 5 GPa, um die Verformungen zu maximieren und eine mit E = 15 GPa, um die Belastungen zu maximieren. Der Wert E = 15 GPa entspricht ca. 50% der Steifigkeit des ausgehärteten Betons mittlerer Klasse; auf diese Weise ist es möglich das typische Verhalten der viskosen Verformung und des Schwindens zu beurteilen. Auf der sicheren Seite liegend wurden die Stahlbögen im numerischen Berechnungsmodell vernachlässigt. Bei der Nachweisführung der einzelnen Querschnitte wurden sie allerdings berücksichtigt (Anlage 4).

Wie mit BBT SE vereinbart, besitzen die Anker im Modell

Tabella 10: Caratteristiche rivestimenti di prima fase CT5 T3

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).

I chiodi vengono inseriti nel modello con una resistenza limite pari alla loro resistenza a snervamento fattorizzata per il

einen Grenzwiderstand, der ihrer Fließgrenze entspricht, welche wiederum um den Widerstandsbeiwert ( $\gamma_R = 1.15$ ) und Reibungsbeiwert ( $\gamma_R = 1.3$ ) faktorisiert wird. Die Anker werden mit spezifischen eindimensionalen Elementen (Truss) nachgebildet, mit perfekt plastisch-elastischem Verhalten (Abbildung 4) und Von Mises Bruchkriterium ( $N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 548$  kN). Sie sind mit den Gitterknoten über eine Schnittstelle verbunden, wobei auf der sicheren Seite liegend ein Querwiderstand von 220 kN/m und eine tangentielle Steifigkeit von 16 MN/m/m [28] berücksichtigt werden. Die Bodenvergütung wurde mittels Materialschichten mit leicht erhöhten Widerstandsparametern modelliert (siehe Anlage 4).

### 5.2.10 Laststufe

Nach einer ersten Phase der Modellinitialisierung zur Berechnung des Ausgangsgleichgewichts, wird der Ausbruch des CT5 mittels fiktiver Ausbruch-Kräfte (nachfolgend FFS genannt) simuliert. Der Prozentsatz dieser Kräfte an der Ortsbrust ist aufgrund der Ergebnisse des Kennlinienverfahrens bestimmt (Anhang 2).

coefficiente sulle resistenze ( $\gamma_R = 1.15$ ) e sull'aderenza di ( $\gamma_R = 1.3$ ) come concordato con BBT SE. Gli ancoraggi, modellati cautelativamente come gli autopercoranti R51N, sono stati riprodotti con specifici elementi monodimensionali (Truss) aventi comportamento elastico perfettamente plastico (Figura 4) con criterio di rottura alla Von Mises ( $N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 548$  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) [28]. L'effetto del consolidamento del contorno del cavo è stato modellato tramite uno strato di materiale con parametri di resistenza lievemente superiori del materiale circostante come illustrato in Appendice 4.

### 5.2.10 Step di carico

Dopo una prima fase di inizializzazione del modello, necessaria per calcolare l'equilibrio iniziale, lo scavo del CT5 viene simulato mediante l'utilizzo delle Forze Fittizie di Scavo, di seguito denominate FFS. La percentuale di tali forze è definita sulla base dei risultati delle Linee Caratteristiche (vedasi Appendice 2).

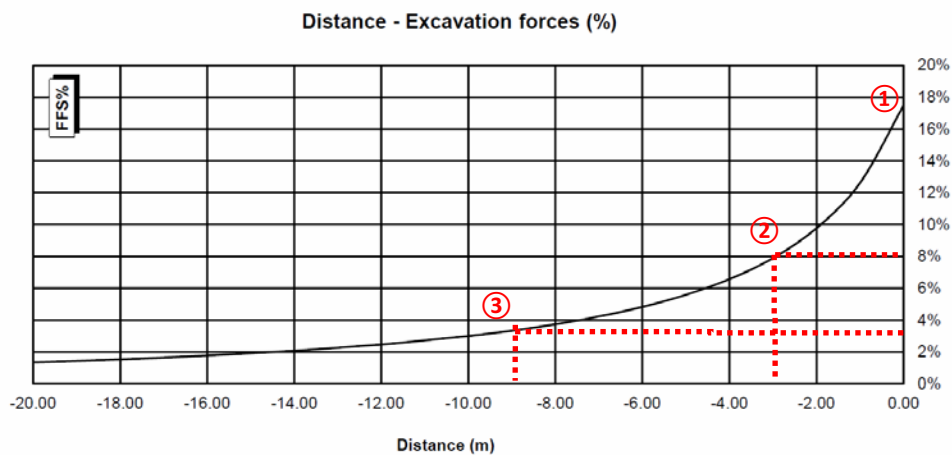


Abbildung 7: FFS an der Ortsbrust und bei Einsetzung der Anker

Figura 7: FFS al fronte e all'installazione delle chiodature

Nachfolgend sind die Berechnungsstufen zusammengefasst:

- 6) Geostatische Ausgangslage mit Bestimmung der Geometrie, der Randbedingungen, der Schichtung und der geostatischen Ausgangsspannungen;
- 7) Reduktion der FFS bis zum Wert, den sie an der Ortsbrust einnehmen (FFS =18%);
- 8) Reduktion der FFS bis zum Wert, den sie beim Einbau der Anker (Erste Raster) einnehmen (3.0 m von der Ortsbrust entfernt) (FFS =8%);
- 9) Modellierung der Anker im Berechnungsmodell (Erste Raster) und Reduktion der FFS=3% bis auf 9m ab Ortsbrust (3 Abschläge);
- 10) Anbringung des Spritzbetons (Kalotte  $s_{tot} = 20$  cm,  $E = 5/15$  GPa) und Modellierung der Anker im numerischen Modell (zweite Raster) sowie Annullierung der FFS (FFS =0%);
- 11) Entfernung der Außenschale und Simulation der Langzeitkonfiguration mit Einbau der Innenschale. Diese ist mit der Mesh mittels eines Schnittstellenelements mit einer dem Gebirge entsprechenden normaler Steifigkeit und tangentialer Steifigkeit gleich Null, verbunden. Dieses Schnittstellenelement ermöglicht es, neben den Einwirkungen auf die Innenschale auch die Wirkung der Abdichtungsschicht zwischen den zwei Schalen zu berücksichtigen, indem es die tangentialen Spannungen annulliert.

#### 5.2.11 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 als erfüllt, wenn folgende Ungleichung verifiziert ist:

$$E_d \leq R_d$$

Hierbei ist:

- $R_d$  = Bemessungswert Widerstand
- $E_d$  = Bemessungswert Einwirkung

Es wird nachgewiesen, dass die Anker, welche ihre Streckgrenze erreichen ( $N_{yd} = 548$  kN), nicht die axiale Verformungsgrenze, die vorsichtshalber auf 5% gesetzt wurde, berschreiten.

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 (FFS=18%);
- 2) Riduzione delle FFS al momento di installazione della prima maglia di ancoraggi (3 m dal fronte) (FFS=8%);
- 3) Introduzione nel modello numerico della prima maglia di ancoraggi radiali e riduzione delle FFS=3% fino a 9 m dal fronte (3 avanzamenti);
- 4) Introduzione del betoncino proiettato ( $s_{tot} = 20$  cm,  $E = 5/15$  GPa) e della seconda maglia di ancoraggi e annullamento delle FFS (FFS=0%);
- 5) Rimozione del rivestimento di prima fase e simulazione della configurazione a lungo termine con l'installazione del rivestimento definitivo. Quest'ultimo  collegato alla mesh mediante un elemento interfaccia avente rigidezza normale pari a quella dell'ammasso e rigidezza tangenziale nulla. Quest'ultimo elemento, oltre a consentire di valutare le pressioni che agiscono sul rivestimento definitivo, consente di considerare l'effetto del pacchetto di impermeabilizzazione presente tra i due rivestimenti, annullando le tensioni tangenziali.

#### 5.2.11 Procedura di verifica

In conformit alle NTC 2008 le azioni ricavate dal modello FDM 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 ( $N_{yd} = 548$  kN) non superino il limite di deformazione assiale posto pari a 5%.

### 5.2.12 Ergebnisse

Die im Anhang 4 aufgezeigten Analysen bestätigen, dass das Gebirgsverhalten durch reduzierte Konvergenzen (absolute Konvergenzen < 100 mm und relative Konvergenzen ca. 50 mm) und durch die Bildung einer plastischen Zone mit maximaler Ausdehnung von ca. 5/6 m gekennzeichnet ist.

Die strukturellen Nachweise an der provisorischen Verkleidung erweisen sich als erfüllt und die Anker erreichen die Ermüdungsgrenze ( $N_{yd} = 548$  kN), aber nicht die Stahlverformungsgrenze ( $\epsilon < 5\%$ ).

Der vom Gebirge ausgeübte Druck auf die Innenschale, bei Ausfall der Anker, beträgt 280 kPa.

### 5.3 UNTERSUCHUNG DER STANDSICHERHEIT DER ORTBRUST

#### 5.3.1 Nachweisverfahren

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 <sup>a</sup>	$\gamma_{\phi'}$	1.25
effektive Kohäsion / Coesione effettiva	$\gamma_c'$	1.25
undrainierte Scherfestigkeit / Resistenza a taglio non drenata	$\gamma_{cu}$	1.4
einaxiale Druckfestigkeit / Resistenza a compressione monoassiale	$\gamma_{qu}$	1.6
Wichte / Peso specifico	$\gamma_{\gamma}$	1
<sup>a</sup> Dieser Faktor wird auf $\tan \phi'$ angewendet / valore applicato alla tangente dell'angolo		

Tabelle 11: Teilsicherheitsfaktoren Ortsbrustnachweis

#### 5.3.2 Ergebnisse

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

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

### 5.2.12 Risultati

Le analisi riportate nell'Appendice 4 confermano che il comportamento dell'ammasso è caratterizzato da convergenze moderate (convergenze assolute < 100 mm e convergenze relative di ca. 50 mm) e dalla formazione di una fascia plastica di estensione massima di ca. 5/6 m.

Gli ancoraggi raggiungono il limite di snervamento ( $N_{yd} = 548$  kN) ma non raggiungono il limite di deformazione dell'acciaio ( $\epsilon < 5\%$ ).

La pressione esercitata dall'ammasso sul rivestimento definitivo, al decadimento delle chiodature, è dell'ordine dei 280 kPa.

### 5.3 ANALISI DELLA STABILITÀ DEL FRONTE

#### 5.3.1 Procedura di verifica

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

Tabella 11: Fattori parziali di sicurezza per la verifica di stabilità del fronte di scavo

#### 5.3.2 Risultati

I risultati delle linee caratteristiche escludono importanti fenomeni di instabilità del fronte di scavo per gli ammassi oggetto di studio. L'analisi dei blocchi, eseguita mediante il software Unwedge mostra come i blocchi distaccabili hanno un volume inferiore a 0.5 m<sup>3</sup> e pertanto, se non già distaccati durante il brillamento, possono essere disgiunti su indicazione dell'esperto geotecnico. In caso di sosta prolungata delle attività di scavo si prevede di installare uno strato di betoncino proiettato fibrorinforzato a protezione del fronte di spessore minimo 10 cm.

## 6 INNENSCHALE

### 6.1 STABWERKSMODELLE

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

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

Die strukturelle Steifigkeit der Balkenelemente wird als  $E'_c \times I_y$  des umgerissenen Querschnitts 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 beträgt der Elastizitätsmodul  $E'_c$ :

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

mit:

- $E_c$  = Modul der Betonestizität;
- $\nu$  = Poissonsahl (0.2);

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

### 6.2 INTERAKTION TRAGWERK-BAUGRUND

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

## 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;
- $\nu$  = 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 [26][27].

### 6.2 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

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

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

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

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.

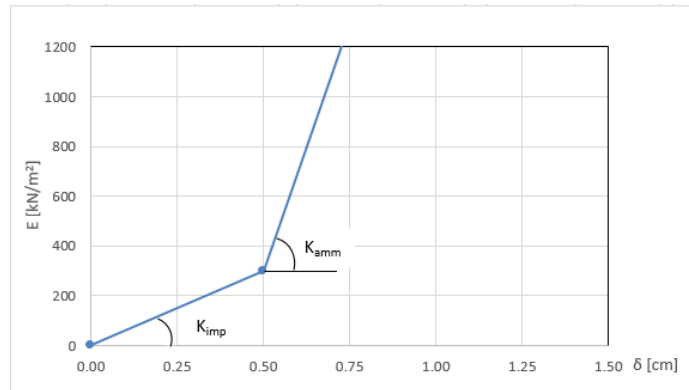


Abbildung 8: Schematisierung der Schnittstelle

### 6.2.1 Modellierung der Bettung

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

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

Hierbei ist:

- $K_R$  = radiale Bettung Innenschale – Gebirge [MN/m<sup>3</sup>]
- $E$  = Elastizitätsmodul des umliegenden Bodens/Gebirges
- $E_S$  = Steifemodul des umliegenden Bodens/Gebirges
- $\nu$  = Querdehnzahl des Bodens/Gebirges
- $R$  = Tunnelradius Systemlinie

### 6.2.2 Federkonstanten Auflagerbereich/Sohle

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

Federkonstante  $c_v$  – vertikal

Figura 8: Schematizzazione dell'interfaccia

### 6.2.1 Rigidezza radiale

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

Dove:

- $K_R$  = rigidezza del letto di molle radiali a contatto con l'anello interno [MN/m<sup>3</sup>]
- $E$  = modulo elastico dell'ammasso roccioso
- $E_S$  = modulo edometrico dell'ammasso roccioso
- $\nu$  = coeff. di Poisson dell'ammasso roccioso
- $R$  = raggio della galleria – linea di riferimento

### 6.2.2 Costante della molla nelle zone di appoggio / fondo

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

Costante della molla  $c_v$  – verticale



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

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 effektiven Abmessungen 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

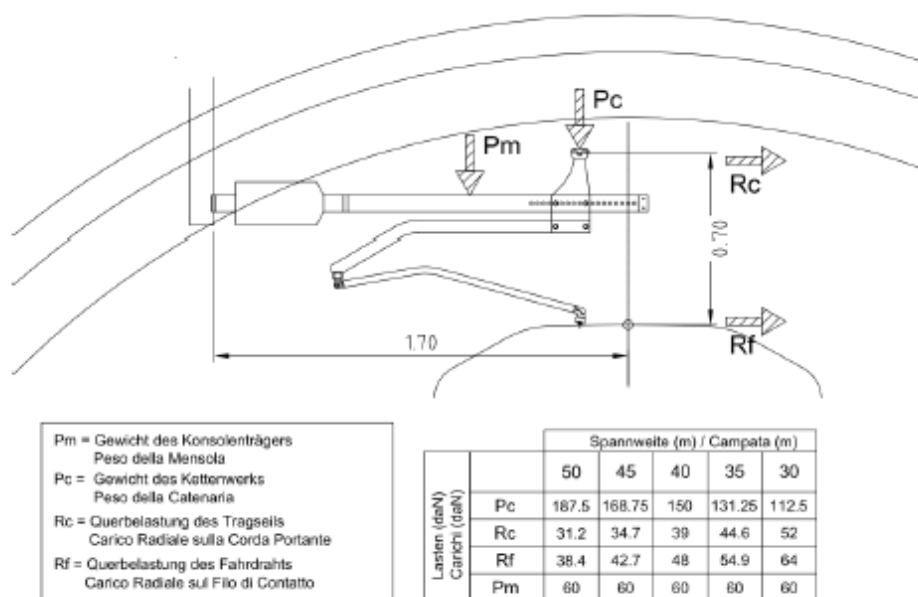


Abbildung 9: Lasten der Oberleitung

### 6.3.3 Oberleitung G3

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

Das spezifische Gewicht des unbewehrten Betons wird mit  $\gamma_{c,na} = 24 \text{ kN/m}^3$  angenommen. Das spezifische Gewicht des Stahlbetons wird mit  $\gamma_{c,ar} = 25 \text{ kN/m}^3$  angenommen.

### 6.3.4 Wasserdruck G4

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

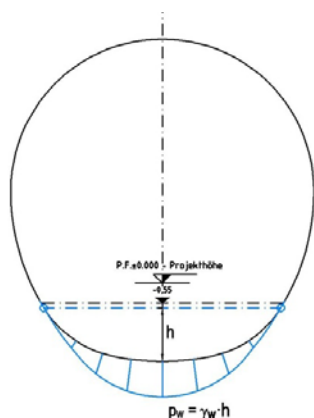


Abbildung 10: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt

### 6.3.5 Gebirgslast G5

Die Gebirgslast entspricht dem höheren Wert der beiden

Figura 9: Carichi della catenaria

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

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

Il peso specifico del calcestruzzo non armato viene assunto pari a  $\gamma_{c,na} = 24 \text{ kN/m}^3$ . Il peso specifico del calcestruzzo armato viene assunto pari a  $\gamma_{c,ar} = 25 \text{ kN/m}^3$

### 6.3.4 Pressione idraulica G4

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

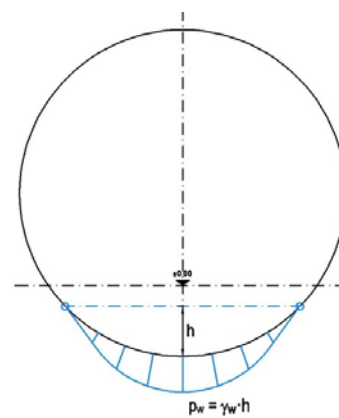


Figura 10: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata

### 6.3.5 Carico dell'ammasso G5

Il carico d'ammasso è pari al maggiore tra il carico scaturito

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

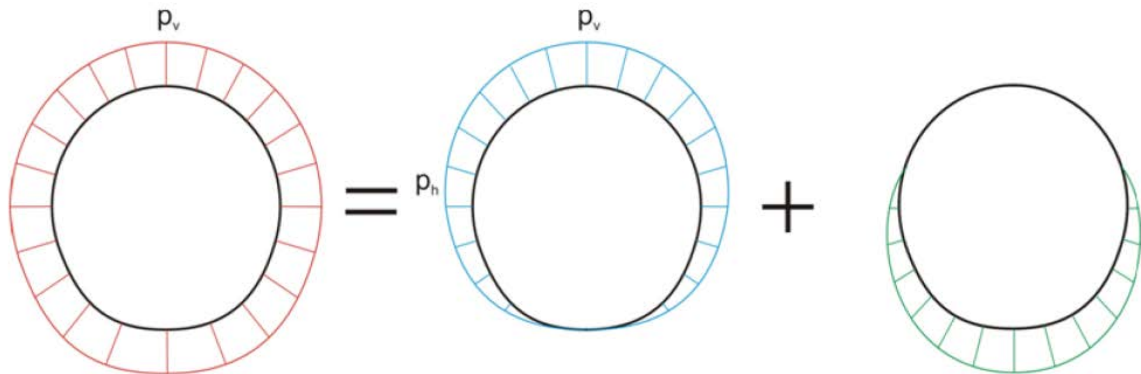


Abbildung 11: Qualitative Darstellung der numerisch ermittelten Normalspannungen (rot), der aktiven Gebirgslast (blau) und der passiven Bettungsreaktion (grün)

dall'analisi a blocchi ed il carico che agisce sul rivestimento definitivo nelle analisi alle differenze finite, al completo decadimento delle forze fittizie di scavo (ultimo step delle analisi FEM). A priori il carico più gravoso risulta essere quello scaturito dalle analisi alle differenze finite, per tale motivo non verranno riportate le verifiche statiche svolte per il carico emerso dall'analisi a blocchi.

Figura 11: Rappresentazione qualitativa delle tensioni normali (rosso), ottenute dal calcolo numerico, del carico attivo dell'ammasso (blu) e della reazione assestamento del terreno (verde)

### 6.3.6 Kriechen und Schwinden des Betons G6

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

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

Kriechen und Schwinden des Betons bewirken eine Längenänderung  $\Delta l$  (Endschwindmaß), auf die die Berechnung basieren muss, und zwar in Form einer gleichmäßigen Temperaturabkühlung.

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

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

### 6.3.6 Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6

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

Il coefficiente di viscosità  $\phi$  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  $\Delta l$  (valore finale del ritiro), su cui deve essere basato il calcolo, in forma di diminuzione uniforme della temperatura.

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

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

### 6.3.7 Temperatur Q1

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

Abstand Portal / Distanza dall'imbocco [km]	3,0 - 10,0	
Temperaturgradient / gradiente della temperatura $\Delta T$ / [°C]	2	
$\Delta T_{\text{eff}}$ [°C]	Winter / Inverno	Sommer / Estate
	-10	10

Tabelle 12: Temperatureinwirkung Innenschale

Der Temperaturgradient  $\Delta T$  gibt die Temperaturdifferenz zwischen der Innenkante Innenschale und Außenkante 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 6.3.11.

### 6.3.8 Erdbebeneinwirkung E1

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

### 6.3.9 Druck / Sog infolge Zugfahrt A1

Die Be- und Entlastungsvorgänge, welche aus dem 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  $\Delta p_{\text{Druck}} = + 11 \text{ kN/m}^2$  und  $\Delta p_{\text{Sog}} = - 9 \text{ kN/m}^2$  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.

### 6.3.10 Anpralllast A2

Die Einwirkung Anprall Schienenfahrzeuge ist nur in den Verzweigungsbauwerken und Portalen zu berücksichtigen. In dem hier beschriebenen Bereich ist aus diesem Grund kein Nachweis erforderlich.

### 6.3.11 Brand A3

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

### 6.3.7 Temperatura Q1

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

Tabella 12: Variazione termica

Il gradiente della temperatura  $\Delta T$  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 6.3.11.

### 6.3.8 Azione sismica E1

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

### 6.3.9 Pressione aerodinamica A1

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

### 6.3.10 Urto A2

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

### 6.3.11 Incendio A3

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

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 [5] 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.

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 sezioni, armate e non, sono state verificate nei confronti dell'incendio secondo i criteri esposti nella relazione specifica [5]. In questa sede ci si limita ad osservare che in accordo alla tabella D.6.3 del D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione" condizioni sufficienti affinché la classe di resistenza REI 120 sia garantita sono:

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

Entrambi i requisiti sono soddisfatti.

#### 6.4 EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen sind gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  zu berücksichtigen.

Die für die Dimensionierung der Innenschale entsprechenden maßgebenden Einwirkungskombinationen, gemäß dem Tabelle 13, sind in Abhängigkeit von den in-situ vorherrschenden Randbedingungen auszuwählen.

In Tabelle 14 sind alle Einwirkungskombinationen, welche für die Bemessung des künstlichen Tunnels verwendet wurden aufgelistet.

#### 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  $\psi$ .

Le combinazioni delle azioni rilevanti per il dimensionamento dell'anello interno sono di seguito riportate nella Tabella 13.

Nella Tabella 14 si riportano invece le combinazioni delle azioni utilizzate per il dimensionamento della galleria artificiale.

Lastfall / Caso di carico Einwirkungs- kombination /Combinazioni	ständig / permanenti							vorübergehend / variabili			außergewöhnlich / eccezionali		
	Eigengewicht Peso proprio	Oberleitung Catenaria	Sohibeton Carichi permanent sull'arco rovescio	Wasserdruck Carico idraulico	Gebirgslast ohne Auftrieb Carichi della roccia in condizioni asciutte	Kriechen und Schwinden Ritiro e rilassamento	Quell-druck Swelling- Squeezing	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	G3	G4	G5	G6	G7	Q1	Q1	Q2	A3	A1	A1
drucktlastet / sistema drenato	1	1.35						1.50					
		1.00						1.00					
	2	1.35					1.00		1.50				
		1.00					1.00		1.00				
	5	1.35	1.35	1.00	1.35	1.35			1.50				
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			1.00				
	6	1.35	1.35	1.00	1.35	1.35	1.00		1.50				
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00				
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 13: Einwirkungskombinationen Innenschale

Tabella 13: Combinazioni di carico per l'anello interno

Lastfall / Caso di carico Einwirkungs- kombination /Combinazioni	ständig / permanenti							vorübergehend / variabili			außergewöhnlich / eccezionali		
	Eigengewicht Peso proprio	Oberleitung Catenaria	Sohibeton Carichi permanent sull'arco rovescio	Wasserdruck Carico idraulico	Gebirgslast ohne Auftrieb Carichi della roccia in condizioni asciutte	Kriechen und Schwinden Ritiro e rilassamento	Quell-druck Swelling- Squeezing	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	G3	G4	G5	G6	G7	Q1	Q1	Q2	A3	A1	A1
drucktlastet / sistema drenato	1	1.35						1.50					
		1.00						1.00					
	2	1.35					1.00		1.50				
		1.00					1.00		1.00				
	3	1.35	1.35	1.00					1.50				
		1.00	1.00	1.00					1.00				
	4	1.35	1.35	1.00			1.00		1.50				
		1.00	1.00	1.00			1.00		1.00				
11	1.00	1.00	1.00								1.00		
12	1.00	1.00	1.00			1.00		0.60				1.00	
21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		0.60			1.00			
22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				1.00			

Tabelle 14: Einwirkungskombinationen Betonschale künstlicher Tunnel

Tabella 14: Combinazioni di carico per la galleria artificiale

## 6.5 NACHWEISVERFAHREN

Für den Nachweis des Grenzzustandes der Trag- und Gebrauchstauglichkeit der Innenschale wurden die Einwirkungskombinationen gemäß den Vorgaben im 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 /	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Druck / Sog infolge Zufahrt A1 / Pressione aerodinamica A1	0,8	0,5	0,0
Temperatur Q1 / Forze termiche Q1	0,6	0,6	0,5

Tabelle 15: Kombinationsbeiwerte

#### 6.5.1.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen sind gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  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 Festigkeiten bei einer ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation sind, wie mit BBT SE vereinbart, unter Berücksichtigung einer Lebensdauer des Bauwerkes von 200 Jahren 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  $\psi$ .

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 sind die Teilsicherheitsfaktoren mit  $\gamma_c = 1,20$  und  $\gamma_s = 1,00$  zu berücksichtigen. Der Abminderungsbeiwert der Betondruckfestigkeit  $\alpha$  bleibt unverändert.

#### 6.5.1.5 Bemessung auf Biegung und Längskraft

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

Der Nachweis des unbewehrten Betons erfolgt gemäß dem NTC2008, Kapitel 4.1.11.1.

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

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

#### 6.5.1.6 Bemessung Querkraft

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des NTC2008, Abs. 4.1.2.1.2.4.

Der Nachweis bei der unbewehrten Innenschale erfolgt gemäß den NTC2008.

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  $\gamma_s$  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  $\alpha$  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:

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

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



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

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

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

Bei den überwiegend komprimierten Abschnitten wird die Durchschnittsbelastung der Druckspannung  $\sigma_c$  als Durchschnitt der Komprimierungen im reagierenden Abschnittsteil 'x' berechnet:

Nelle sezioni prevalentemente compresse, lo sforzo medio di compressione  $\sigma_c$  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  $\sigma_c$  als Durchschnittsspannung des ganzen Abschnitts, sowohl unter Druck- als auch unter Zugbelastung.

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  $\sigma_c$  come tensione media nell'intera sezione, sia compressa che tesa.

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

## 6.5.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

### 6.5.2.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

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

### 6.5.2.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

Die in den Einwirkungskombinationen zu berücksichtigen Kombinationsbeiwerte sind in Tabelle 13 aufgeführt. Die Kombinationsbeiwerte sind gemäß Tabelle 15 zu berücksichtigen.

### 6.5.2.3 Lastfallkombinationen

Die zu untersuchenden Lastfallkombinationen sind gemäß NTC2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  zu berücksichtigen.

### 6.5.2.4 Teilsicherheitsfaktoren der Festigkeiten

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

### 6.5.2.5 Ermittlung der Verformungen

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

### 6.5.2.6 Begrenzung der Rissbreiten

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist für die maßgebenden Einwirkungskombinationen unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsfaktoren und Abminderungsfaktoren  $\psi$  laut Tabelle 13 die maximale Rissweite  $w_{\text{kal}}$  gemäß NTC2008 nachzuweisen. Die zulässige Rissbreite für Normalbeton ohne besondere Anforderung der Dichtigkeit oder bei Existenz einer Abdichtung ist auf  $w_{\text{kal}} \leq 0,3$  mm zu begrenzen.

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

## 6.6 BAULICHE DURCHBILDUNG

### 6.6.1 Expositionsklasse und Mindestbetondeckungen

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:

## 6.5.2 Stati Limite Esercizio (SLE)

### 6.5.2.1 Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni

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

### 6.5.2.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

In Tabella 13 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 Combinazioni delle azioni

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

### 6.5.2.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

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

### 6.5.2.5 Calcolo delle deformazioni

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

### 6.5.2.6 Limitazione dello spessore delle fessure

In considerazione delle NTC2008, si controlla allo SLE lo spessore massimo delle fessure  $w_{\text{kal}}$  per le combinazioni di carico rilevanti, in considerazione dei fattori parziali di sicurezza e dei coefficienti di riduzione  $\psi$  secondo Tabella 13. La larghezza delle fessure ammessa per il cls normale senza particolari requisiti di spessore o in presenza di impermeabilizzazione è limitata a  $w_{\text{kal}} \leq 0,3$  mm.

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

## 6.6 STRUTTURA COSTRUTTIVA

### 6.6.1 Classe di esposizione e copriferro minimo

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

Il calcolo del copriferro minimo al fine di garantire una vita utile dell'opera >100anni è condotto in accordo alle N.T.C. 2008:

	XC3	XC4
Festigkeitsklasse	30/37	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]	<b>40</b>	<b>50</b>
----------------	-----------	-----------

Tabelle 16: Mindestbetondeckung

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

### 6.6.2 Mindestbewehrung

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

Die Querschnittsfläche der Längszugbewehrung darf nicht geringer sein als:

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

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

wobei:

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

	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]	<b>40</b>	<b>50</b>
----------------	-----------	-----------

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 5 aufgezeigten Analysen zeigen, dass im Lastfall des Auflockerungsdrucks für die Klassen T2 eine Biegebewehrung von  $\Phi 14$  alle 150mm im Bereich der Kalotte und Ulmen sowie im Bereich des Sohlgewölbes  $\Phi 16$  mit alle 150mm erforderlich sind. Die Lastverteilungsbewehrung besteht aus  $\Phi 10$  alle 200mm im Bereich der Kalotte und Ulmen sowie  $\Phi 10$  alle 150 im Bereich des Sohlgewölbes.

Für die Klasse T3 wird Bewehrung, welche für die Klasse T2 oben beschrieben wurde, im zentralen Bereich der Kalotte durch  $\Phi 16$  alle 150mm verstärkt.

Sowohl in Klasse T2 als auch in Klasse T3 ist keine Schubbewehrung erforderlich.

Der Bewehrungsgehalt beträgt ca. 60 kg/m<sup>3</sup> Beton.

In Bezug auf die statischen Nachweisführung des künstlichen Tunnels zeigen die Ergebnisse im Anhang 6, dass im Bereich der Kalotte und der Paramente eine Biegebewehrung von F16 alle 150mm, F18 alle 150mm in der Sohle und im Anschlussbereich zwischen Widerlager und Sohle erforderlich sind. Die Lastverteilungsbewehrung besteht aus F10 alle 150mm.

Es besteht keine Notwendigkeit eine Schubbewehrung vorzusehen.

Der Bewehrungsgehalt beträgt ca. 65 kg/m<sup>3</sup> 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 5 mostrano che il modello FEM per la simulazione degli effetti indotti dal carico d'allentamento dell'ammasso per la classe T2 necessita l'impiego di armatura flessionale  $\Phi 14$  passo 150 mm in calotta e lungo i paramenti, mentre in platea è necessario l'impiego di  $\Phi 16$  passo 150 mm. L'armatura di ripartizione è costituita da  $\Phi 10$  passo 200 in calotta e lungo i paramenti, mentre è costituita da  $\Phi 10$  passo 150 in platea.

Per la classe T3 l'armatura precedentemente descritta subisce un'unica variazione nella zona centrale della calotta in cui devono essere predisposti dei  $\Phi 16$  passo 150 mm.

In entrambe i casi non si riscontra la necessità di predisporre dell'armatura a taglio.

L'incidenza d'armatura è di circa 60 kg/m<sup>3</sup> di calcestruzzo.

Per quanto riguarda le verifiche statiche condotte sulla galleria artificiale, le analisi riportate in Appendice 6 mostrano che i modelli FEM necessitano l'impiego di armatura flessionale  $\Phi 16$  passo 150 in calotta e lungo i paramenti,  $\Phi 18$  passo 150 in platea e nelle zone di connessione tra i paramenti e la platea. L'armatura di ripartizione è costituita da  $\Phi 10$  passo 150.

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

L'incidenza d'armatura è di circa 65 kg/m<sup>3</sup> 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 Homogenbereich .....	10
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).	10
Tabelle 3 Typische Parameter der Gebirge in den unterschiedlichen Zonen und Klassen .....	11
Tabelle 4 Lage der Trennflächen .....	11
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 8.3m für CT5-T2 und 8.8m für CT5-T3 angenommen).....	12
Tabelle 6: Vorgeschlagene Stabilitätskriterien in [20] [21] $c_f$ = Ortsbrustkonvergenz; $F_{pf}$ = Ausdehnung des plastischen Streifens an der Ortsbrust; $R_{scavo} = r_{eq}$ = äquivalenter Ausbruchradius	13
Tabelle 7: Berücksichtigte geomechanische Parameter ....	17
Tabelle 8: Charakteristiken der Außenschale CT5-T2 .....	18
Tabelle 9: Berücksichtigte geomechanische Parameter ....	22
Tabelle 10: Charakteristiken der Außenschale CT5-T2.....	22
Tabelle 11: Teilsicherheitsfaktoren Ortsbrustnachweis .....	25
Tabelle 12: Temperatureinwirkung Innenschale.....	31
Tabelle 13: Einwirkungskombinationen Innenschale.....	33
Tabelle 14: Einwirkungskombinationen Betonschale künstlicher Tunnel	33
Tabelle 15: Kombinationsbeiwerte .....	34
Tabelle 16: Mindestbetondeckung .....	38
Tabelle 17: Kombinationsbeiwerte und Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen	164
Tabelle 18: Nachweis GZT – Biegemoment $M_y$ .....	166
Tabelle 19: Prüft GZT - Flexion $M_x$ .....	167
Tabelle 20: Nachweis GZT - Querkraft.....	168
Tabelle 21: Nachweis GZG - Biegemoment $M_y$ .....	170

## 7 ELENCHI

### 7.1 ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Zone geomeccaniche omogenee .....	10
Tabella 2: Caratterizzazione degli ammassi di ciascuna zona omogenea e distribuzione probabilistica delle diverse classi [2] (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). .....	10
Tabella 3: Parametri caratteristici dell'ammasso nelle diverse zone e classi	11
Tabella 4 Giacitura delle discontinuità .....	11
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 8.3m per CT5-T2 e 8.8m per CT5-T3) [2]. .....	12
Tabella 6: Criteri di stabilità proposti in [20] [21]; $c_f$ = convergenza al fronte; $F_{pf}$ = estensione della fascia plastica al fronte; $R_{scavo} = r_{eq}$ = raggio equivalente di scavo.....	13
Tabella 7: Parametri geomeccanici considerati .....	17
Tabella 8: Caratteristiche rivestimenti di prima fase CT5 T218	
Tabella 9: Parametri geomeccanici considerati .....	22
Tabella 10: Caratteristiche rivestimenti di prima fase CT5 T322	
Tabella 11: Fattori parziali di sicurezza per la verifica di stabilità del fronte di scavo.....	25
Tabella 12: Variazione termica.....	31
Tabella 13: Combinazioni di carico per l'anello interno .....	33
Tabella 14: Combinazioni di carico per la galleria artificiale	33
Tabella 15: Coefficienti di combinazione.....	34
Tabella 16: Copriferro minimo.....	38
Tabella 17: Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni	164
Tabella 18: Verifiche SLU – Flessione $M_y$ .....	166
Tabella 19: Verifiche SLU – Flessione $M_x$ .....	167
Tabella 20: Verifiche SLU – Taglio.....	168
Tabella 21: Verifiche SLE – Flessione $M_y$ .....	170
Tabella 22: Verifiche SLE – Flessione $M_x$ .....	171
Tabella 23: Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza	

Tabelle 22: Nachweis GZG - Biegemoment Mx .....	171
Tabelle 23: Kombinationsbeiwerte und Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen	173
Tabelle 24: Nachweis GZT - Biegemoment My .....	176
Tabelle 25: Prüft GZT - Flexing Meine Mx.....	177
Tabelle 26: Prüft GZT - Schneiden.....	178
Tabelle 27: Nachweis GZG – Biegemoment My .....	181
Tabelle 28: Nachweis GZG – Biegemoment Mx .....	182

## 7.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Auszug aus dem geomechanischen Längsprofil und des geologischen Lageplans [3] [4] mit Angabe des Untersuchungsgebietes.....	7
Abbildung 2 Qualitative Darstellung der Einwirkung aus dem Gebirge auf die Schale bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten	14
Abbildung 3: Analyseabschnitt CT5 T2 .....	17
Abbildung 4: Kraft-Verformungsverhalten der Anker-Elemente	19
Abbildung 5: FFS an der Ortsbrust und bei Einbau der Anker	19
Abbildung 6: Berechnungsquerschnitt CT5 T3.....	21
Abbildung 7: FFS an der Ortsbrust und bei Einsetzung der Anker	23
Abbildung 8: Schematisierung der Schnittstelle .....	27
Abbildung 9: Lasten der Oberleitung .....	29
Abbildung 10: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt	29
Abbildung 11: Qualitative Darstellung der numerisch ermittelten Normalspannungen (rot), der aktiven Gebirgslast (blau) und der passiven Bettungsreaktion (grün).....	30

## 7.3 ANLAGENVERZEICHNIS

- ANHANG 1 - GEOMECHANISCHE KARTEN
- ANHANG 2 - KENNLINIENVERFAHREN
- ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE
- ANHANG 4 - FEM- ANALYSEN DER AUßENSCHALE DES AUSBRUCHSQUERSCHNITTS CT5 T2
- ANHANG 5 - FEM- ANALYSEN DER AUßENSCHALE

per le azioni 173

Tabella 24: Verifiche SLU – Flessione My .....	176
Tabella 25: Verifiche SLU – Flessione Mx .....	177
Tabella 26: Verifiche SLU – Taglio.....	178
Tabella 27: Verifiche SLE – Flessione My .....	181
Tabella 28: Verifiche SLE – Flessione Mx .....	182

## 7.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Estratto del profilo geomeccanico longitudinale e della planimetria geologica [3] [4] con indicazione dell'area di studio.	7
Figura 2 Rappresentazione qualitativa degli effetti dell'ammasso sul rivestimento, in caso di ammasso altamente fratturato	14
Figura 3: sezione di analisi CT5 T2.....	17
Figura 4: Comportamento sforzo-deformazione per gli ancoraggi	19
Figura 5: FFS al fronte e all'installazione delle chiodature.	19
Figura 6: sezione di analisi CT5 T3.....	21
Figura 7: FFS al fronte e all'installazione delle chiodature.	23
Figura 8: Schematizzazione dell'interfaccia .....	27
Figura 9: Carichi della catenaria .....	29
Figura 10: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata.....	29
Figura 11: Rappresentazione qualitativa delle tensioni normali (rosso), ottenute dal calcolo numerico, del carico attivo dell'ammasso (blu) e della reazione assestamento del terreno (verde)	30

## 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 PER LA SEZIONE DI SCAVO CT5 T2
- APPENDICE 5 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO

## DES AUSBRUCHSQUERSCHNITTS CT5 T3

- ANHANG 6 - FEM ANALYSE DER INNENSCHALE
- ANHANG 7 - FEM-ANALYSE DES KÜNSTLICHEN TUNNELS
- ANHANG 8 – FEM-ANALYSE DER STIRNWÄNDE DES CT5

## DI PRIMA FASE PER LA SEZIONE DI SCAVO CT5 T3

- APPENDICE 6 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO
- APPENDICE 7 - ANALISI FEM DELLA GALLERIA ARTIFICIALE
- APPENDICE 8 - ANALSI FEM DELLE PARETI DI FONDO DEL CT5

### 7.4 REFERENZDOKUMENTE

#### 7.4.1 Eingangsdokumente

##### 7.4.1.1 Ausführungsprojekt Baulos Muls 2-3

- [1] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13018 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht - Allgemeiner geomechanischer Bericht
- [2] 02\_H61\_GD\_040\_GTB\_D0700\_22001 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 2 - Geomechanischer Detailbericht
- [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\_995\_KTB\_D0700\_15003 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Sicherheit bzgl. Feuerexposition

##### 7.4.1.2 Technische Projektaufbereitung

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

#### 7.4.2 Normen und Richtlinien

- [8] Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;

### 7.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 7.4.1 Documenti in ingresso

##### 7.4.1.1 Progetto Esecutivo Lotto Muls 2-3

- [1] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13018 - "Relazione geomeccanica generale" - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 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 Muls 2-3 - Opere generali Parte 2 - Relazione geomeccanica di dettaglio
- [3] 02\_H61\_GD\_040\_GLS\_D0700\_22002 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto 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\_995\_KTB\_D0700\_15003 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Sicurezza nei riguardi di esposizione al fuoco

##### 7.4.1.2 Elaborazione tecnica del progetto

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

#### 7.4.2 Normativa

- [8] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;

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

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

#### 7.4.3 Literatur

- [18] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [19] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method”, Eurock '96, pagg. 855-860.
- [20] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [21] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [22] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [23] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [24] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [25] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and

#### 7.4.3 Letteratura

- [18] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [19] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method”, Eurock '96, pagg. 855-860.
- [20] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [21] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [22] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [23] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [24] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [25] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and



underground space technology 16, (247-293)

- [26] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [27] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [28] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)
- [29] Cai M., Kaiser P.K., Tasaka Y., Minami M. - Determination of residual strength parameters of jointed rock masses using the GSI system. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 44 pag. 247-256, 2007
- [30] MIDAS GTS Manual

underground space technology 16, (247-293)

- [26] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [27] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [28] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)
- [29] Cai M., Kaiser P.K., Tasaka Y., Minami M. - Determination of residual strength parameters of jointed rock masses using the GSI system. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 44 pag. 247-256, 2007
- [30] MIDAS GTS Manual

## **ANHANG 1 - GEOMECHANISCHE KARTEN**

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

## **APPENDICE 1 - SCHEDE GEOMECCANICHE**

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

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

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

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

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

## ANHANG 2 - KENNLINIENVERFAHREN

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

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

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

Im Folgenden sind die Kennlinien mit einem Ausbruchsradius, welcher aus dem Ausbruchsquerschnitt abgeleitet wurde (Kalotte und Strosse) im Vergleich mit den Ausbruchsradien der Haupttunnel ( $R = 4.84\text{m}$ ) aufgeführt.

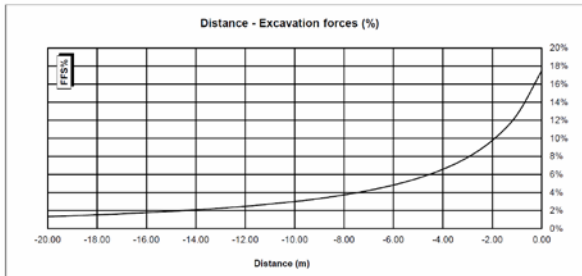
## APPENDICE 2 - CURVE CARATTERISTICHE

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

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

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

Nel seguito sono riportate le curve caratteristiche con raggio di scavo ricavato dalla superficie di scavo globale (calotta e strozzo) e per confronto quelle con il raggio di scavo delle gallerie di linea ( $R=4.84\text{m}$ ).

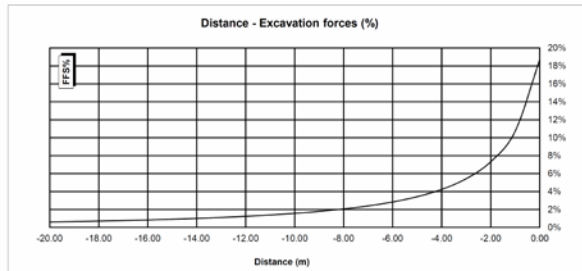
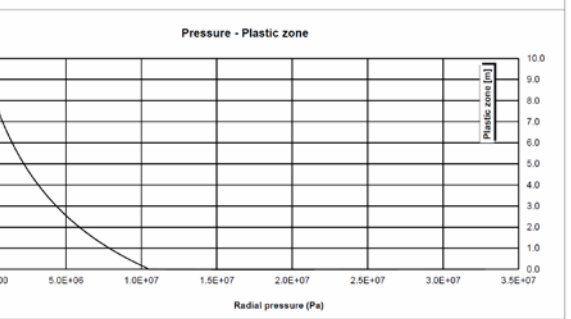
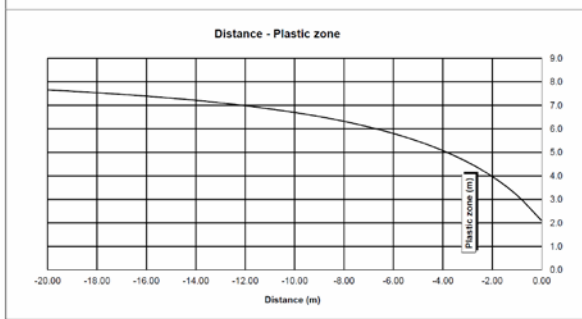
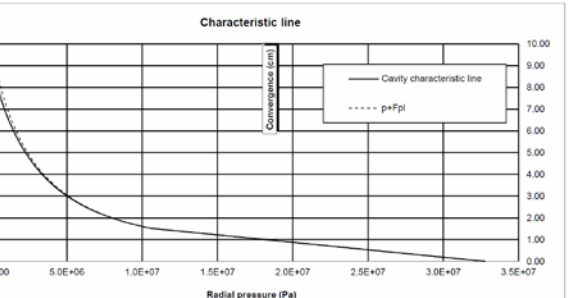
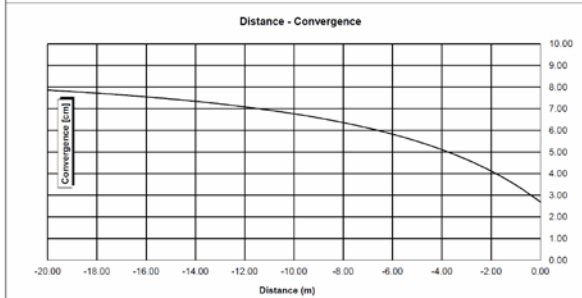


**CTS-T3 (GA-BCA-GS-10g)**

INPUT DATA		RESULTS	
Weight [N/mc]	27300	<b>At final equilibrium</b>	
Overburden [m]	1200	Total convergence [cm]	9.0
Excavation radius [m]	8.60	Convergence after excavation [cm]	6.3
		Plastic zone thickness [m]	8.6
Peak internal friction angle [°]	36.23	<b>Equilibrium at excavation face</b>	
Post peak internal friction angle [°]	28.85	Convergence [cm]	2.7
Peak cohesion [Pa]	3535000	1 - (deconfinement ratio) [%]	17.5%
Post peak cohesion [Pa]	2274000		
Deformation modulus [Pa]	1.55E+10		
Poisson's ratio [-]	0.21		
Dilation angle [°]	4.53		

c(face) / Radius	0.31 [%]
c(total) / Radius	1.02 [%]
c(after excav.) / Radius	0.71 [%]
Pt.thick. (face)/Radius	23.8 [%]
Pt.thick. (total)/Radius	97.4 [%]

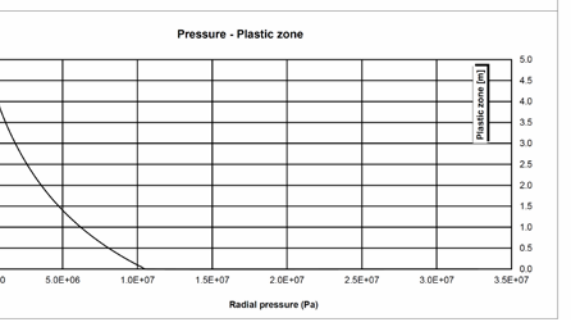
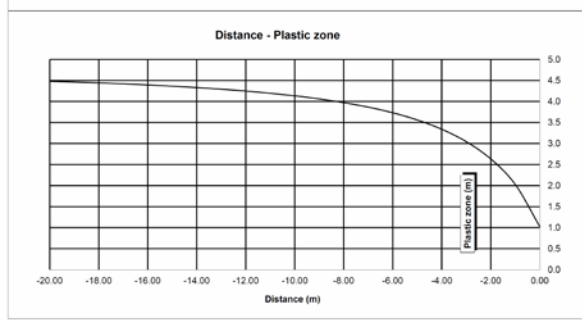
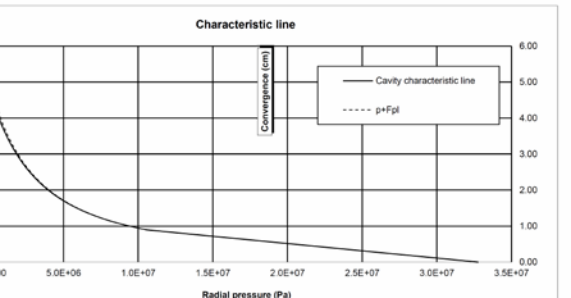
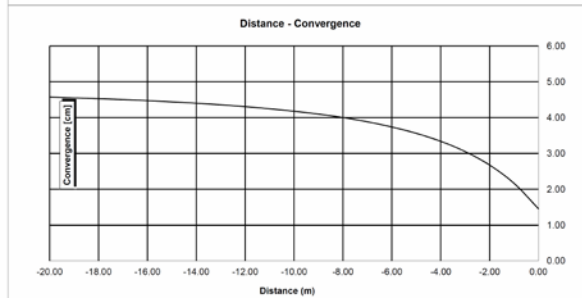


**14\_GA-BCA-GS-10g**

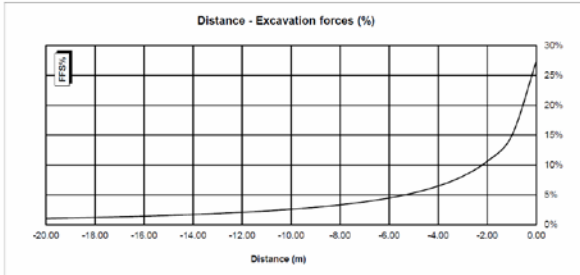
INPUT DATA		RESULTS	
Weight [N/mc]	27300	<b>At final equilibrium</b>	
Overburden [m]	1200	Total convergence [cm]	4.9
Excavation radius [m]	4.84	Convergence after excavation [cm]	3.4
		Plastic zone thickness [m]	4.7
Peak internal friction angle [°]	36.23	<b>Equilibrium at excavation face</b>	
Post peak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

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





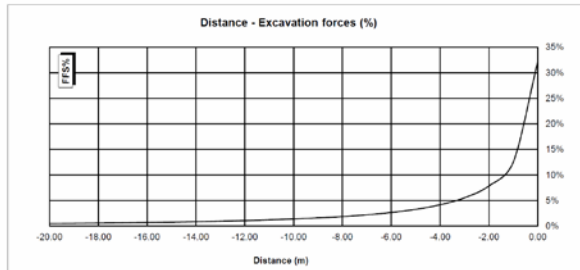
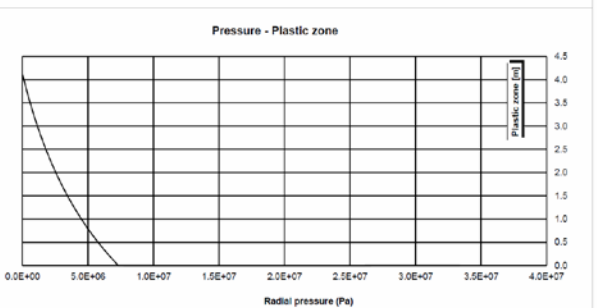
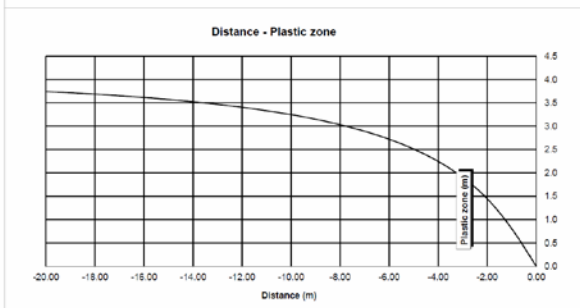
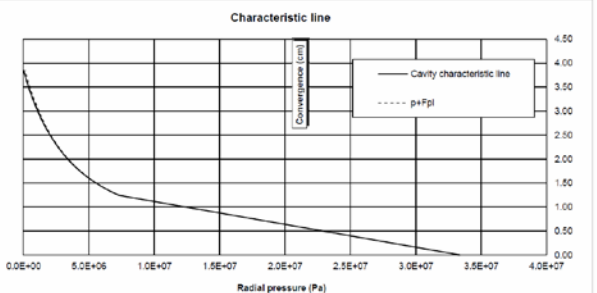
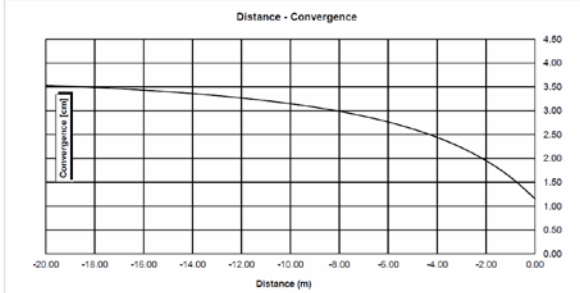


**CTS-T2 (GA-BCA-A-10g)**

INPUT DATA		RESULTS	
Weight [N/mc]	27800	At final equilibrium	
Overburden [m]	1200	Total convergence [cm]	3.9
Excavation radius [m]	8.30	Convergence after excavation [cm]	2.7
		Plastic zone thickness [m]	4.1
Peak internal friction angle [°]	42.21	Equilibrium at excavation face	
Post peak internal friction angle [°]	33.15	Convergence [cm]	1.2
Peak cohesion [Pa]	4887000	1 - (deconfinement ratio) [%]	27.3%
Post peak cohesion [Pa]	2900000		
Deformation modulus [Pa]	2.11E+10		
Poisson's ratio [-]	0.21		
Dilation angle [°]	6.86		

c(face) / Radius	0.14 [%]
c(total) / Radius	0.46 [%]
c(after excav.) / Radius	0.32 [%]
Pl.thick. (face)/Radius	0.0 [%]
Pl.thick. (total)/Radius	49.8 [%]

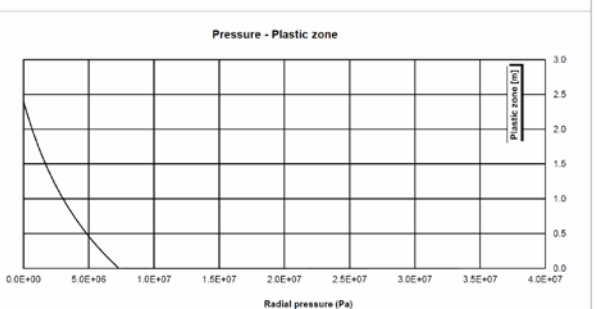
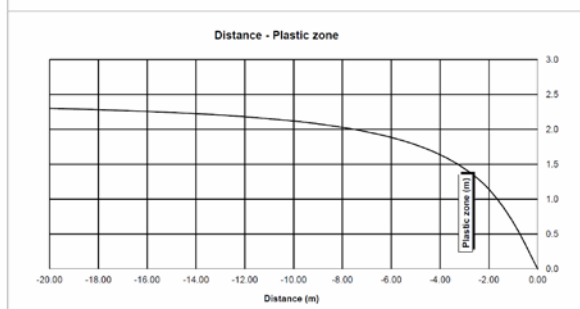
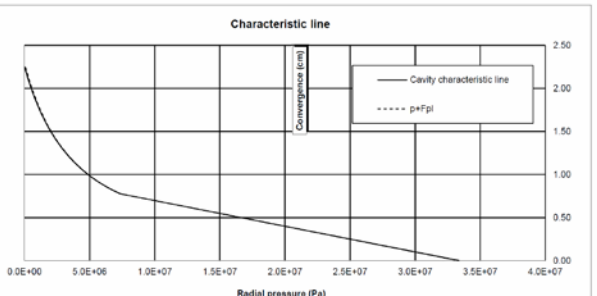
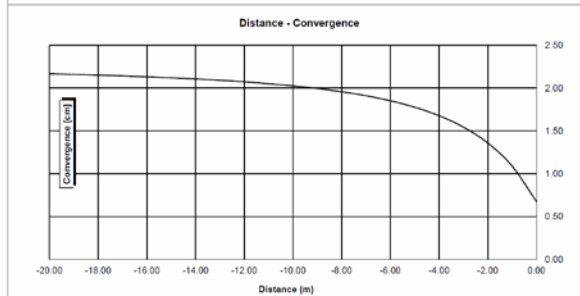


**14\_GA-BCA-A-10g**

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

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



### **ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE**

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

### **APPENDICE 3 - ANALISI DEI BLOCCHI**

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

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

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

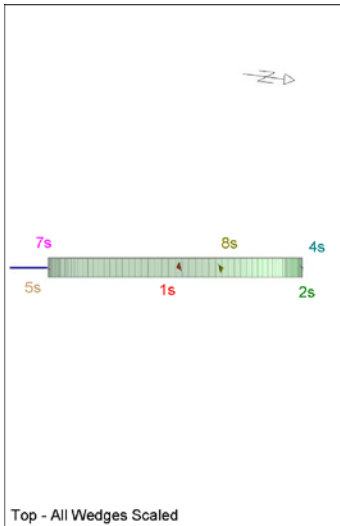
		Joint Orientattions		Joint Properties		
		Dip	Dip Direction	persistence	$\varphi$	c
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	SC	45	345	3	20	0
J2	RTF1	80	160	1	20	0
J3	RTF2w	75	255	1	20	0
J4	RTF3	85	300	1	20	0
J5	RTF6	80	20	3	20	0

Necessary anchorage pattern:

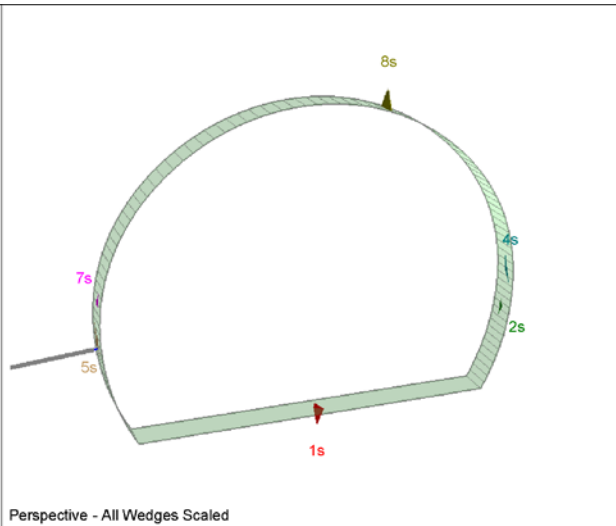
2.0	x	2.0	m
L	=	6.0	m
Dywidag	$N_{yd}$	760	kN

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

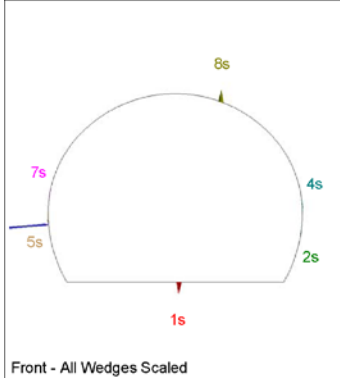
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	1	2	3	0	0	0.009	X1
2	1	2	5	0	0	0.012	X1
3	1	3	5	0	0	0.006	X1
4	1	4	5	0	0.001	0.031	X1
5	2	4	5	0	0.001	0.035	X1
6	3	4	5	0	0	0	N
7	1	2	4	0.032	0	0.004	X1
8	2	3	4	0.032	0	0	N
9	2	3	5	0.064	0	0.009	X1
10	1	3	4	0.098	0	0	N



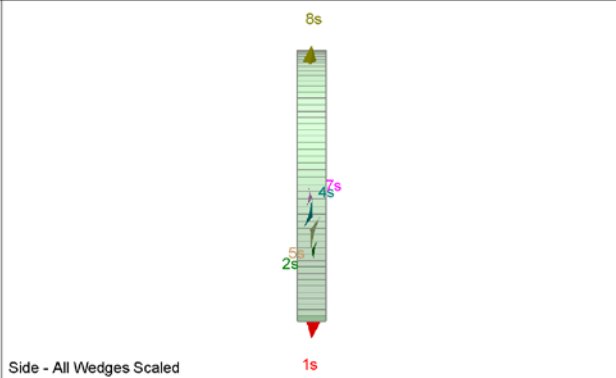
Top - All Wedges Scaled



Perspective - All Wedges Scaled



Front - All Wedges Scaled



Side - All Wedges Scaled

**Wedge Information**

Floor wedge [1]

Factor of Safety: stable  
 Wedge Volume: 0.034 m3  
 Wedge Weight: 0.001 MN  
 Wedge z-Length: 0.72 m  
 Excavation Face Area: 0.11 m2  
 Apex Height: 0.89 m

Lower Right wedge [2]

Factor of Safety: 0.386  
 Wedge Volume: 0.001 m3  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 0.27 m  
 Excavation Face Area: 0.07 m2  
 Apex Height: 0.03 m

Lower Right wedge [4]

Factor of Safety: 0.064  
 Wedge Volume: 0.003 m3  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 0.51 m  
 Excavation Face Area: 0.16 m2  
 Apex Height: 0.06 m

Lower Left wedge [5]

Factor of Safety: 2748.941  
 Wedge Volume: 0.004 m3  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 0.52 m  
 Excavation Face Area: 0.18 m2  
 Apex Height: 0.07 m

Upper Left wedge [7]

Factor of Safety: 0.064  
 Wedge Volume: 0.001 m3  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 0.25 m  
 Excavation Face Area: 0.06 m2  
 Apex Height: 0.03 m

Roof wedge [8]

Factor of Safety: 0.000  
 Wedge Volume: 0.035 m3  
 Wedge Weight: 0.001 MN  
 Wedge z-Length: 0.70 m  
 Excavation Face Area: 0.12 m2  
 Apex Height: 0.86 m

Rock mass

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

Area L2

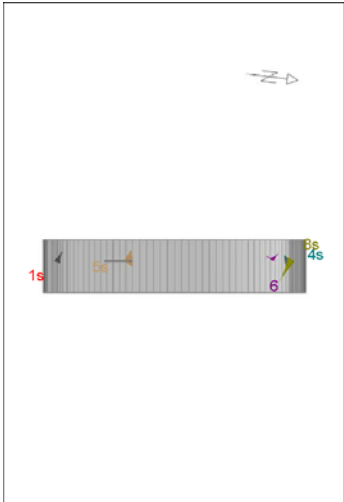
		Joint Orientattions		Joint Properties		
		Dip	Dip Direction	persistence	$\varphi$	c
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	SC	45	345	3	20	0
J2	RTF1	80	160	1	20	0
J3	RTF2w	75	255	1	20	0
J4	RTF3	85	300	1	20	0
J5	RTF6	80	20	3	20	0

Necessary anchorage pattern:

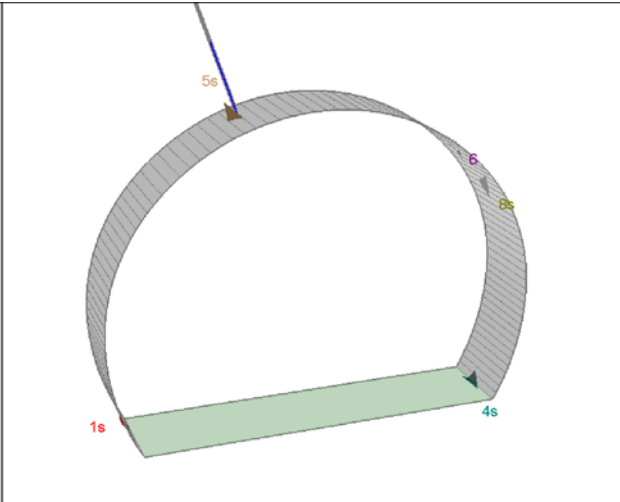
2.0            x            2.0            m  
 L              =            6.0            m  
 Dywidag       $N_{yd}$         760            kN  
 Shotcrete lining    20            cm            (Shear strength 0.91 MPa)

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

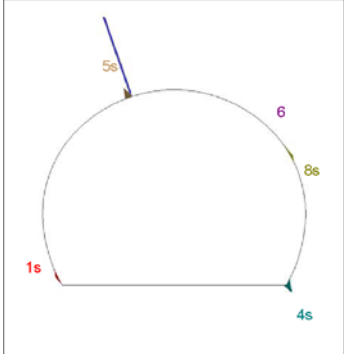
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment	Apex Height [m]
1	1	4	5	132.022	0.001	0.031	S	0.15
2	1	2	5	144.494	0.001	0.032	S	0.22
3	2	4	5	189.868	0.001	0.035	S	0.86
4	1	2	3	193.34	0.001	0.022	S	0.19
5	1	3	5	217.685	0.001	0.034	S	0.87
6	3	4	5	238.708	0.001	0.023	S	0.92
7	1	2	4	246.136	0	0.015	S	0.18
8	2	3	5	248.155	0	0.009	S	0.12
9	1	3	4	336.67	0	0.014	S	0.22
10	2	3	4	1874.346	0	0	N	0.96



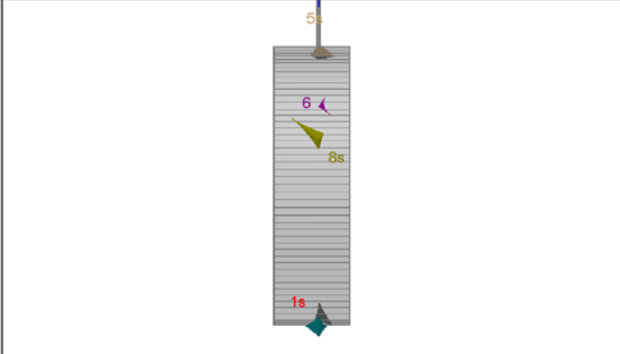
Top - Wedges 1, 4, 5, 8 Scaled



Perspective - Wedges 1, 4, 5, 8 Scaled



Front - Wedges 1, 4, 5, 8 Scaled



Side - Wedges 1, 4, 5, 8 Scaled

**Wedge Information**

Lower Left wedge [1]

Factor of Safety: 214.782  
 Wedge Volume: 0.021 m3  
 Wedge Weight: 0.001 MN  
 Wedge z-Length: 0.89 m  
 Excavation Face Area: 0.43 m2  
 Apex Height: 0.15 m

Lower Right wedge [4]

Factor of Safety: stable  
 Wedge Volume: 0.002 m3  
 Wedge Weight: 0.002 MN  
 Wedge z-Length: 1.10 m  
 Excavation Face Area: 0.33 m2  
 Apex Height: 0.69 m

Roof wedge [5]

Factor of Safety: 364.253  
 Wedge Volume: 0.083 m3  
 Wedge Weight: 0.002 MN  
 Wedge z-Length: 1.24 m  
 Excavation Face Area: 0.32 m2  
 Apex Height: 0.79 m

Upper Right wedge [6]

Factor of Safety: 587.034  
 Wedge Volume: 0.001 m3  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 0.60 m  
 Excavation Face Area: 0.14 m2  
 Apex Height: 0.03 m

Upper Right wedge [8]

Factor of Safety: 132.022  
 Wedge Volume: 0.031 m3  
 Wedge Weight: 0.001 MN  
 Wedge z-Length: 1.77 m  
 Excavation Face Area: 0.71 m2  
 Apex Height: 0.15 m

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

Area tunnel face

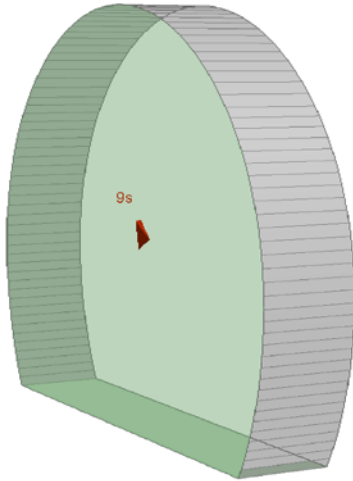
		Joint Orientattions		Joint Properties			
		Dip	Dip Direction	persistence	$\varphi$	c	$\varphi_d$
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[°]
J1	SC	45	345	3	20	0	16.23
J2	RTF1	80	160	1	20	0	16.23
J3	RTF2w	75	255	1	20	0	16.23
J4	RTF3	85	300	1	20	0	16.23
J5	RTF6	80	20	3	20	0	16.23

Shotcrete lining 5 cm (Shear strength 0.91 MPa)

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

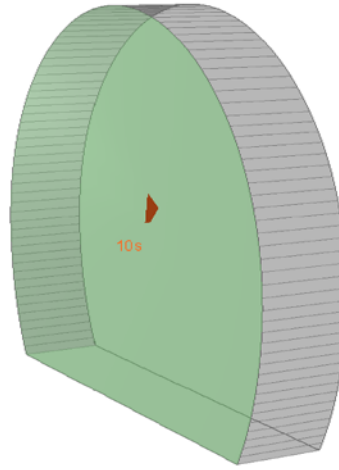
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	1	2	3	62.032	0.001	0.025	S
2	1	3	4	77.328	0	0.018	S
3	1	3	5	109.397	0	0.012	S
4	2	3	5	138.349	0	0.008	S
5	1	2	5	145.264	0.001	0.031	S
6	1	2	4	260.65	0	0.008	S
7	3	4	5	543.1	0	0	N
8	1	4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

Near End wedge [9] Scaled  
FS: 62.032



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

Far End wedge [10] Scaled  
FS: 1609.864



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

**Wedge Information**

Near End wedge [9]

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

Far End wedge [10]

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



**ANHANG 4 - FEM- ANALYSEN DER AUßENSCHALE AUSBRUCHSQUERSCHNITTS CT5 T2**

**APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE PER LA SEZIONE DI SCAVO CT5 T2**

Diese Anlage führt die wichtigsten Outputs der FEM-Analysen des Regelprofils CT5 T2 an, die mit dem Rechenprogramm MIDAS GTS durchgeführt wurden.

Nella presente appendice sono riportati i principali output delle analisi agli elementi finiti della sezione CT5 T2 effettuate con il programma di calcolo MIDAS GTS.

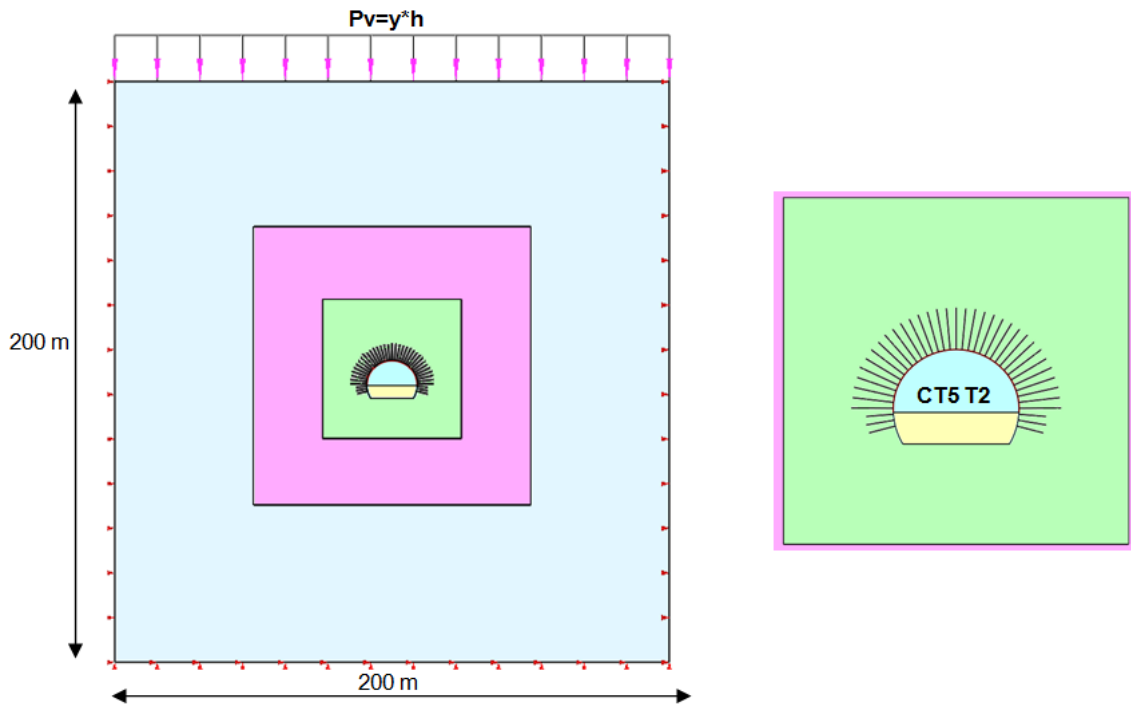


Abbildung 1: Berechnungsquerschnitt

Illustrazione 1: Modello numerico

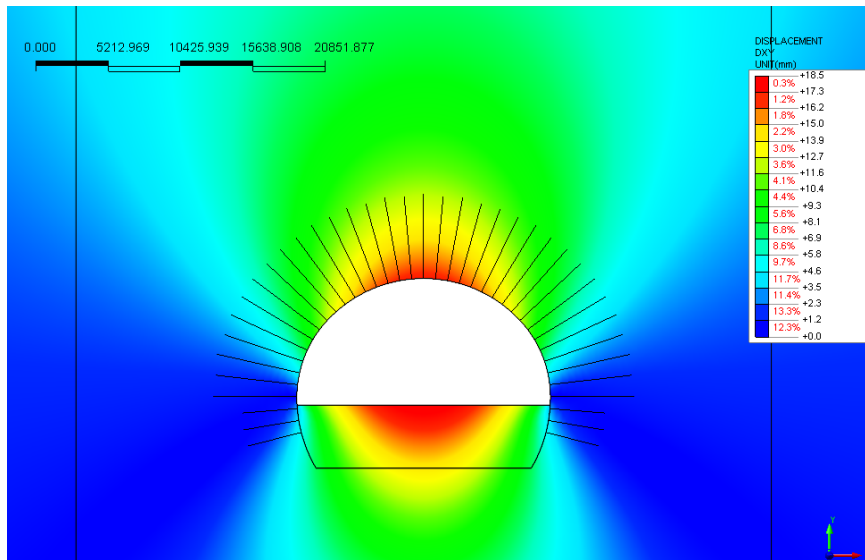


Abbildung 2: Verschiebungen xy [mm] an der Ortsbrust - Kalotte

Illustrazione 2: Spostamenti xy [mm] al fronte - calotta

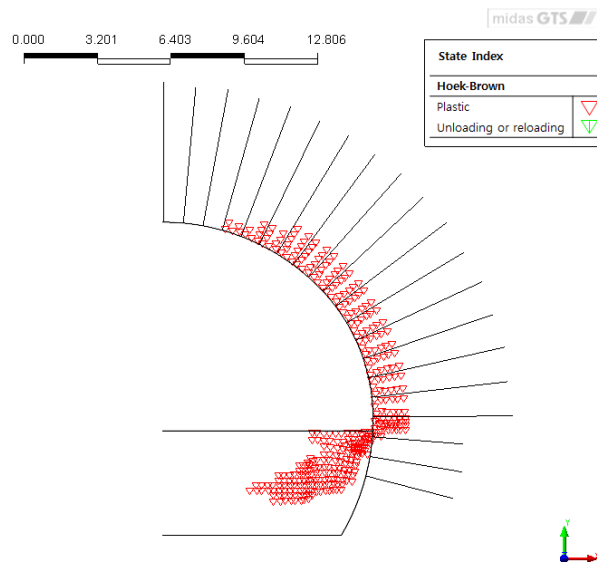


Abbildung 3: Plastifizierung an der Ortsbrust - Kalotte

Illustrazione 3: Plasticizzazione al fronte - calotta

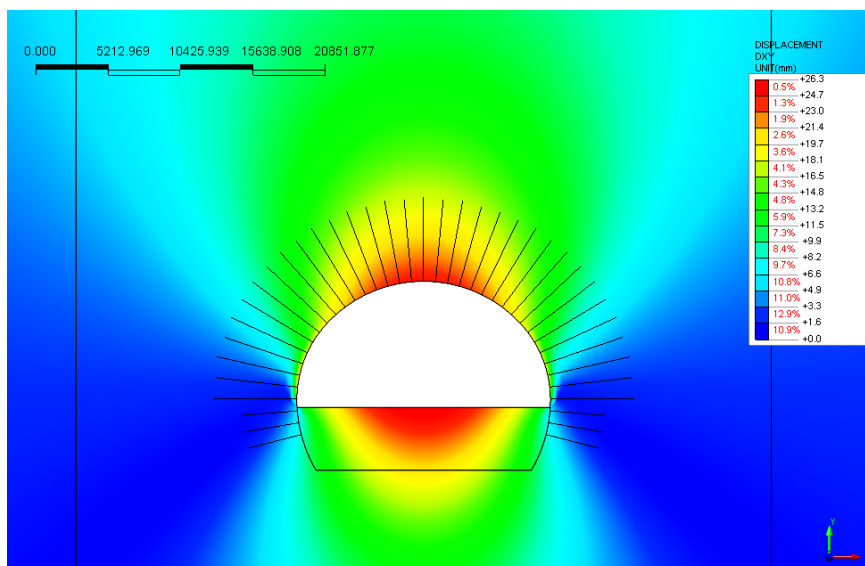


Abbildung 4: Verschiebungen xy [mm] bei 3.0 m Entfernung von der Ortsbrust - Kalotte

Illustrazione 4: Spostamenti xy [mm] a 3m dal fronte - calotta

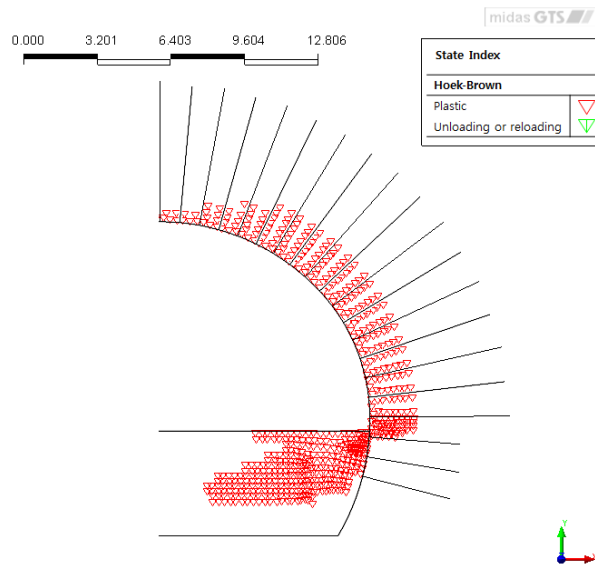


Abbildung 5: Plastifizierung bei 3.0m Entfernung von der Ortsbrust - Kalotte

Illustrazione 5: Plasticizzazioni a 3m dal fronte - calotta

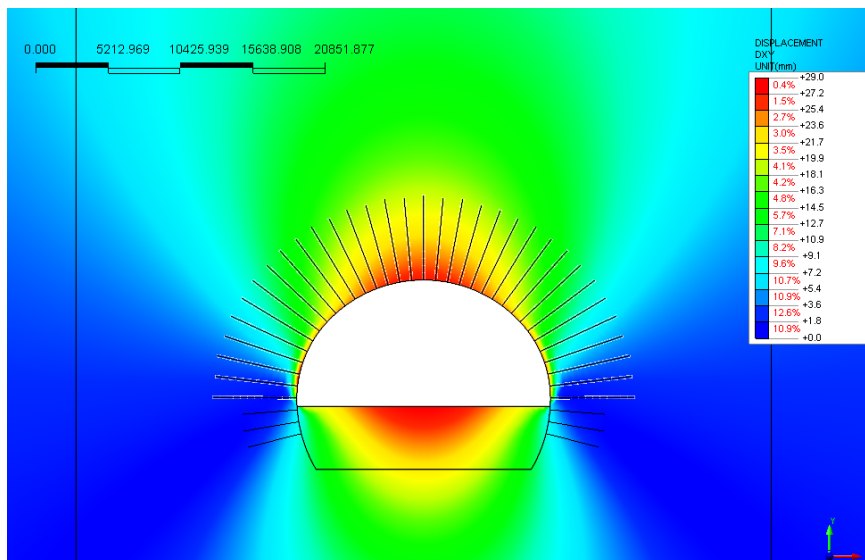


Abbildung 6: Verschiebungen xy [mm] am Ende des Ausbruchs im Bereich der Kalotte

Illustrazione 6: Spostamenti xy [mm] fine scavo calotta

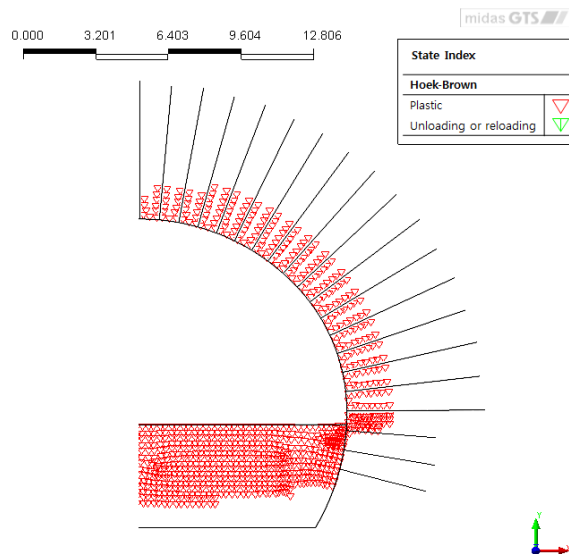


Abbildung 7: Plastifizierung am Ende des Ausbruchs im Bereich der Kalotte

Illustrazione 7: Plasticizzazioni [-] fine scavo calotta

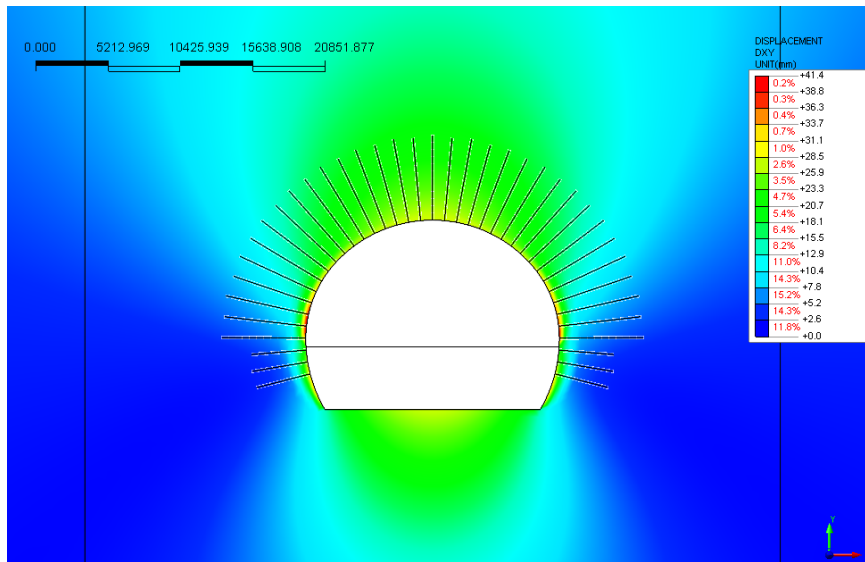


Abbildung 8: Verschiebungen xy [mm] am Ende des Ausbruchs im Bereich der Strosse

Illustrazione 8: Spostamenti xy [mm] fine scavo strozzo

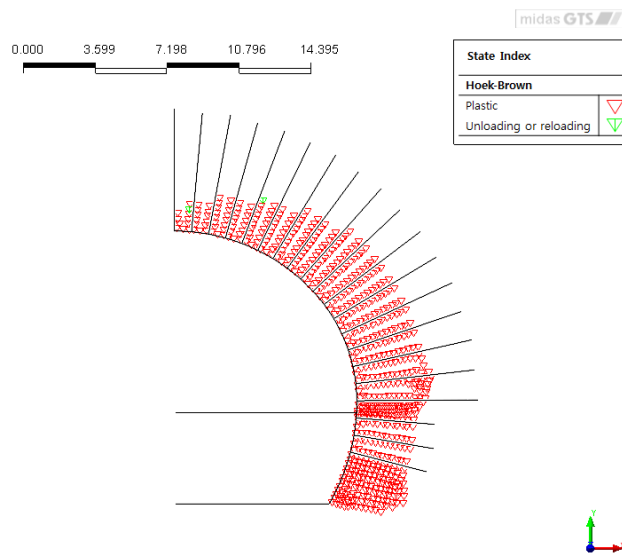


Abbildung 9: Plastifizierung am Ende des Ausbruchs im Bereich der Strosse

Illustrazione 9: Plasticizzazioni fine scavo - strozzo

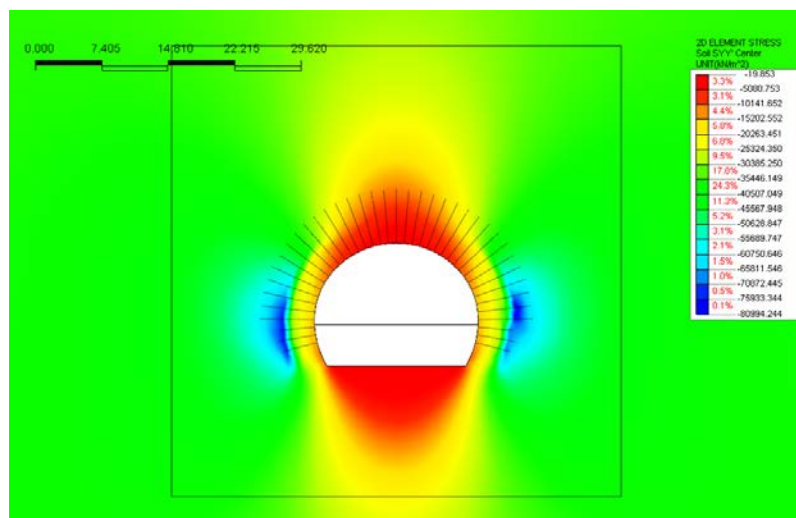


Abbildung 10: Vertikale Spannungen  $\sigma_{yy}$  [kN/m<sup>2</sup>] - am Ende des Ausbruchs im Bereich der Strosse

Illustrazione 10: Tensioni verticali  $\sigma_{yy}$  [kN/m<sup>2</sup>] - fine scavo strozzo

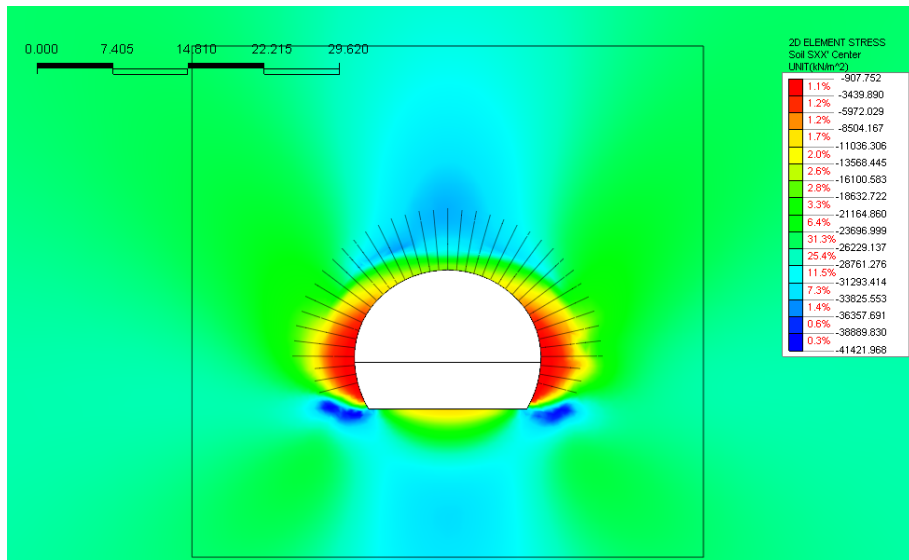


Abbildung 11: Horizontale Spannungen  $\sigma_{xx}$  [kN/m<sup>2</sup>] - am Ende des Ausbruchs im Bereich der Stresse

Illustrazione 11: Tensioni orizzontali  $\sigma_{xx}$  [kN/m<sup>2</sup>] - fine scavo strozzo

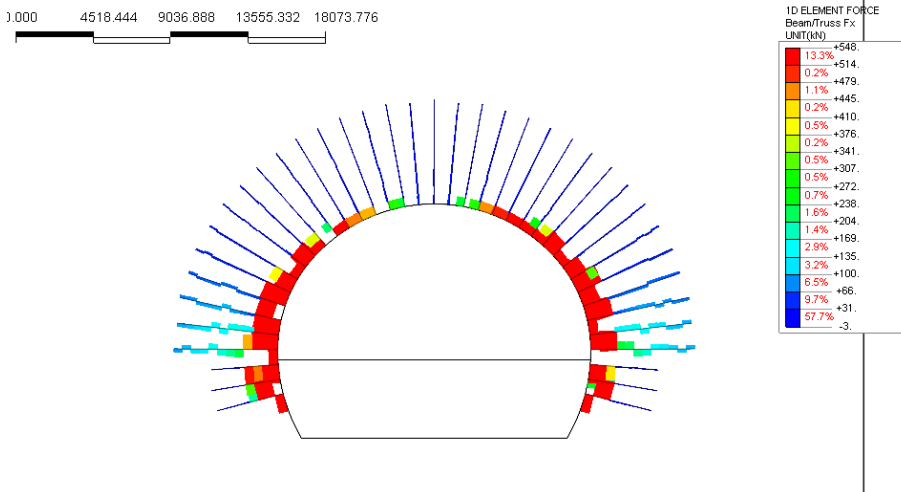


Abbildung 12: Normalkraft in den Ankern [kN]

Illustrazione 12:: Azione assiale nei chiodi [kN]

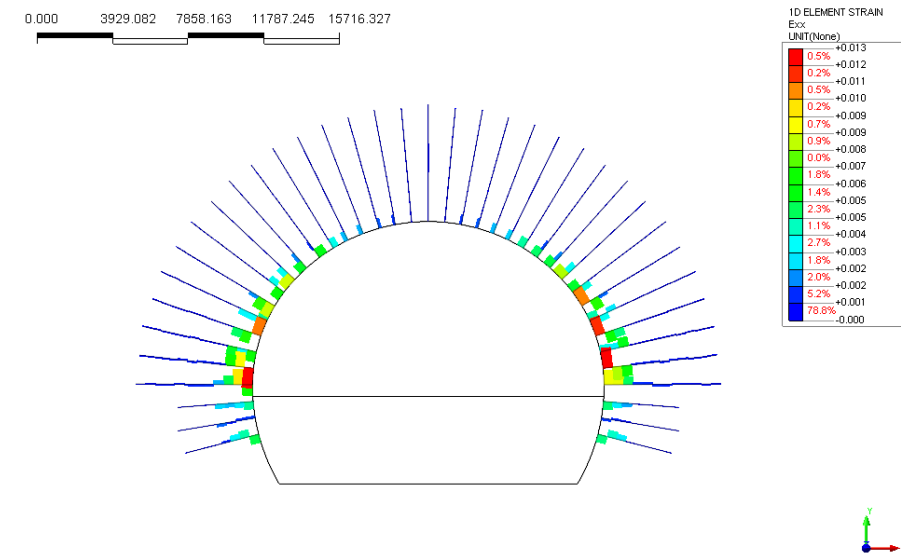


Abbildung 13: Axiale Verformungen der Anker [-]

Illustrazione 13: Deformazione assiale nei chiodi [-]

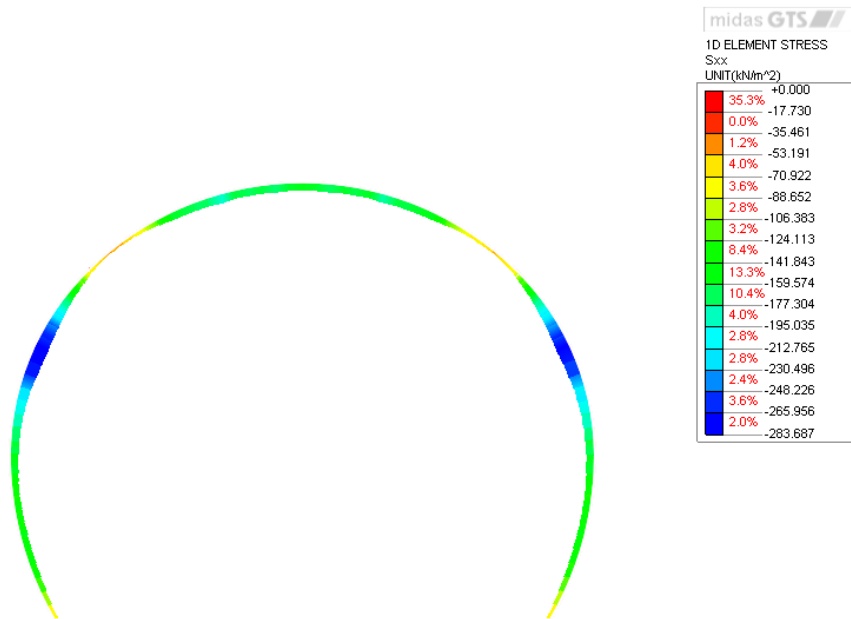


Abbildung 14: Auflockerungsdruck auf die Innenschale (kN/m<sup>2</sup>)

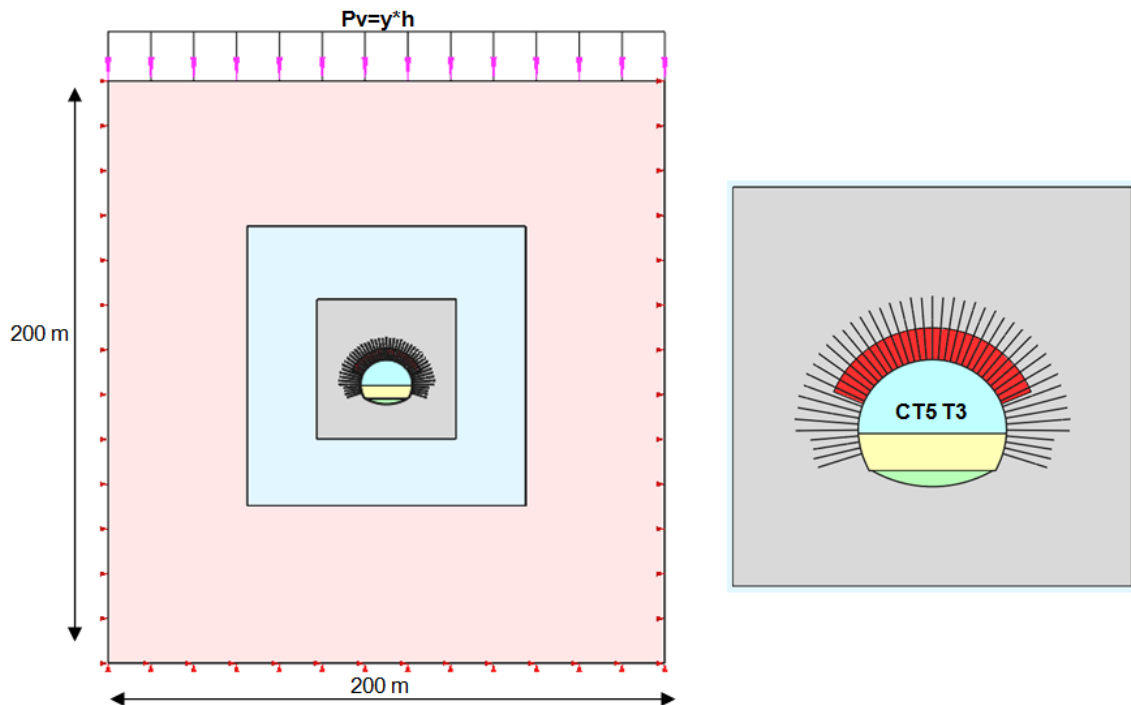
Illustrazione 14: Carico di allentamento sul rivestimento interno (kN/m<sup>2</sup>)

**ANHANG 5 - FEM- ANALYSE DER AUßENSCHALE AUSBRUCHSQUERSCHNITTS CT5 T3**

**APPENDICE 5 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE PER LA SEZIONE DI SCAVO CT5 T3**

Diese Anlage führt die wichtigsten Outputs der FEM-Analysen des Schnitts CT5 T3 an, die mit dem Rechenprogramm MIDAS GTS durchgeführt wurden.

Nella presente appendice sono riportati i principali output delle analisi agli elementi finiti della sezione CT5 T3 effettuate con il programma di calcolo MIDAS GTS.



**A5.1 OUTPUT MODELLO FEM**

**A5.1 OUTPUT MODELLO FEM**

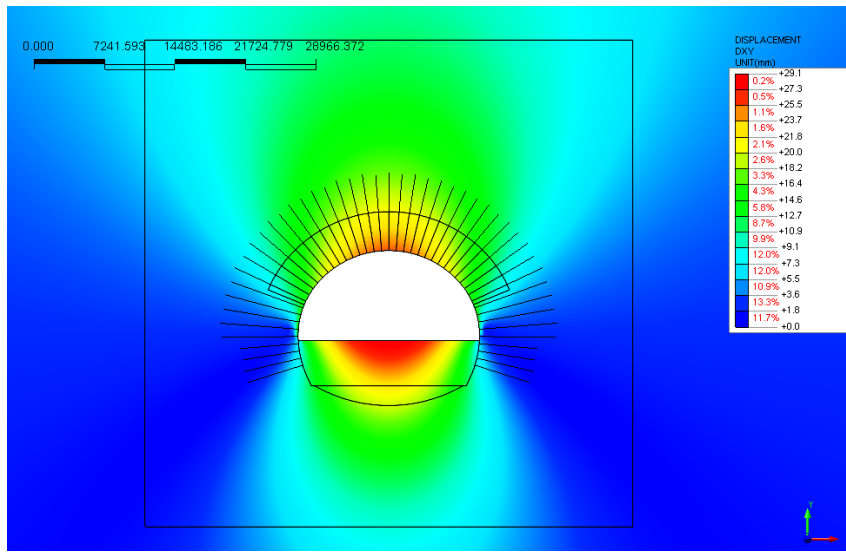


Abbildung 15: Verschiebungen xy [mm] an der Ortsbrust - Kalotte

Illustrazione 15: Spostamenti xy [mm] al fronte - calotta

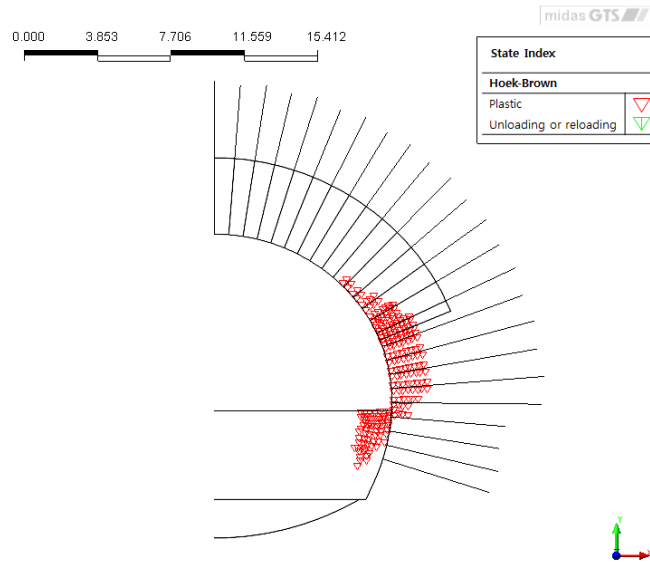


Abbildung 16: Plastifizierung an der Ortsbrust - kalotte

Illustrazione 16: Plasticizzazione al fronte - calotta

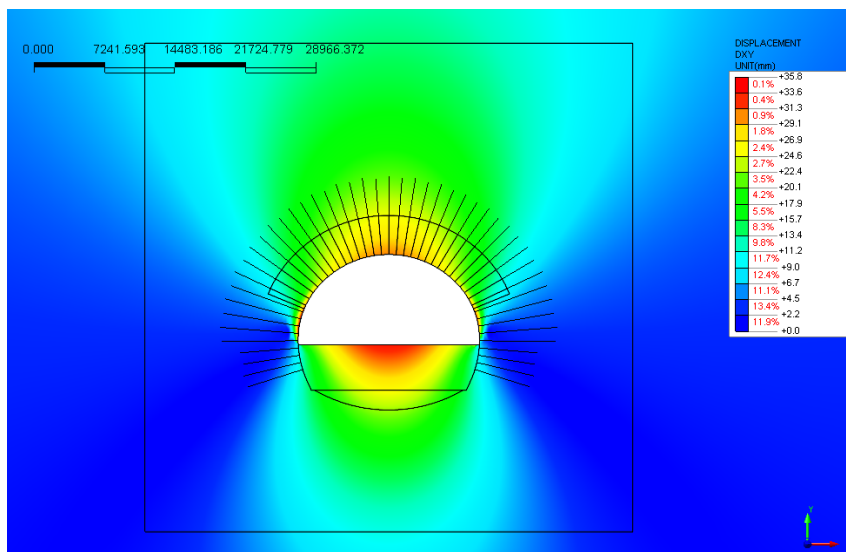


Abbildung 17: Verschiebungen xy [mm] bei 1.5 m Entfernung von der Ortsbrust - Kalotte

Illustrazione 17: Spostamenti xy [mm] a 1.5m dal fronte - calotta



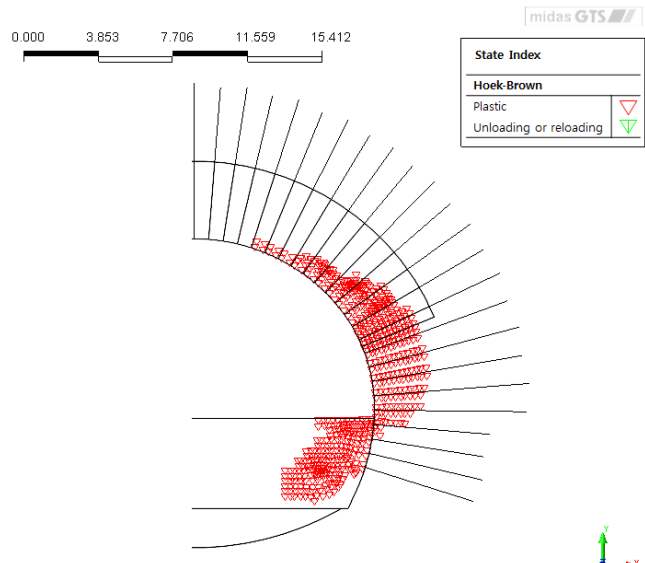


Abbildung 18: Plastifizierung bei 1.5 m Entfernung von Ortsbrust - Kalotte      Illustrazione 18: Plasticizzazioni a 1.5m dal fronte - calotta

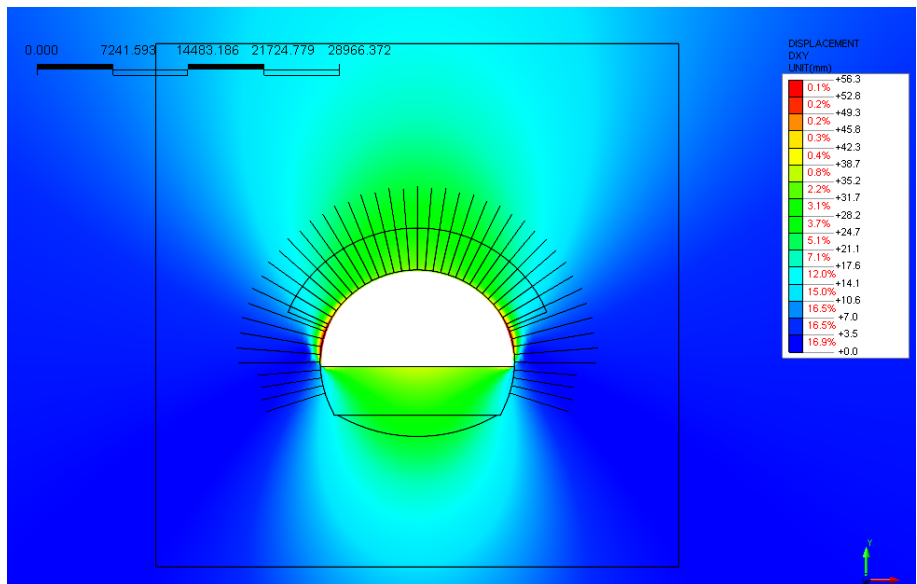


Abbildung 19: Verschiebungen xy [mm] am Ende des Ausbruchs im Bereich der Kalotte      Illustrazione 19: Spostamenti xy [mm] fine scavo calotta

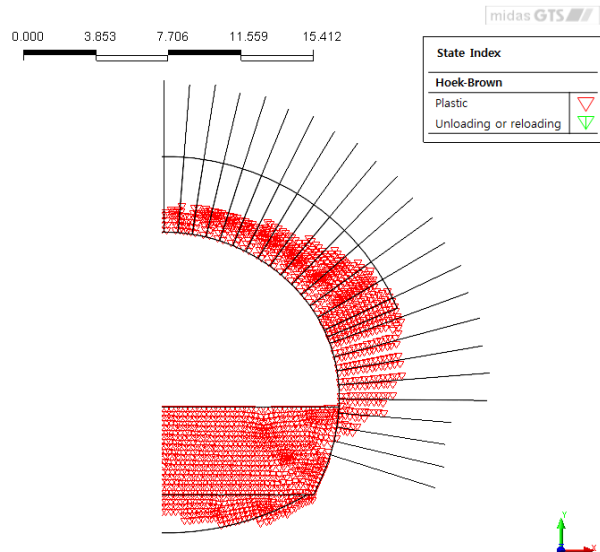


Abbildung 20: Plastifizierung [-] am Ende des Ausbruchs im Bereich der Kalotte      Illustrazione 20: Plasticizzazioni [-] fine scavo calotta

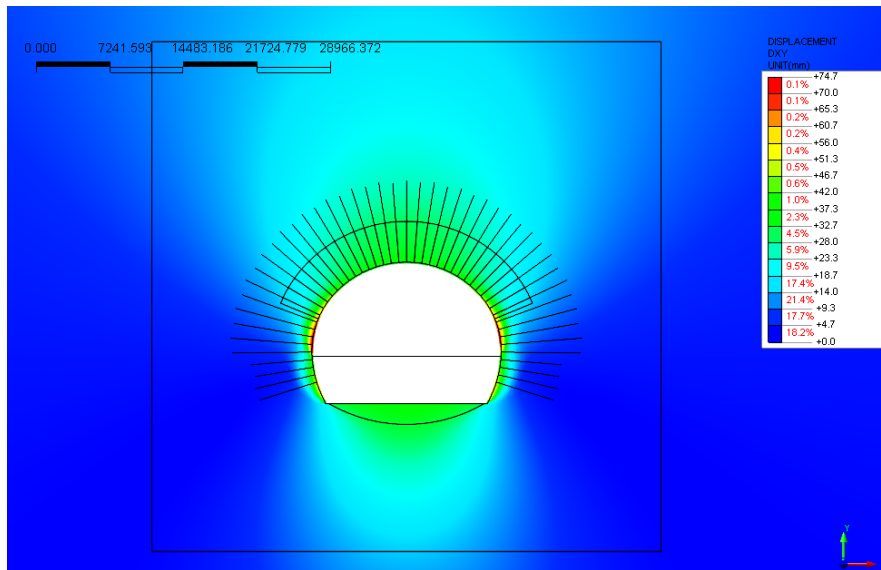


Abbildung 21: Verschiebungen xy [mm] am Ende des Ausbruchs im Bereich der Strosse

Illustrazione 21: Spostamenti xy [mm] fine scavo strozzo

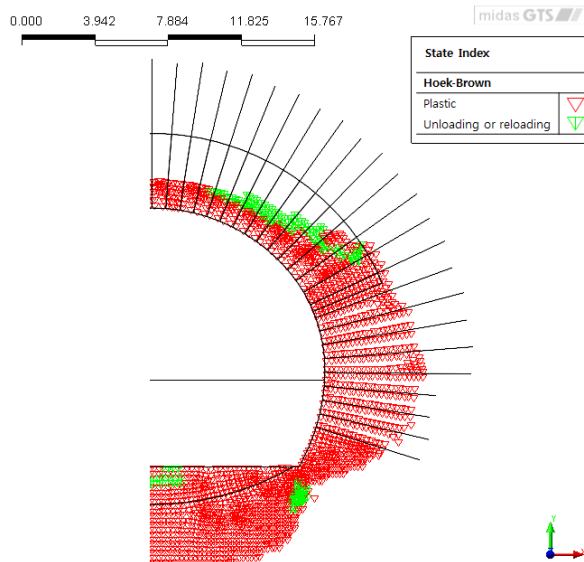


Abbildung 22: Plastifizierung am Ende des Ausbruchs im Bereich der Strosse

Illustrazione 22: Plasticizzazioni fine scavo - strozzo

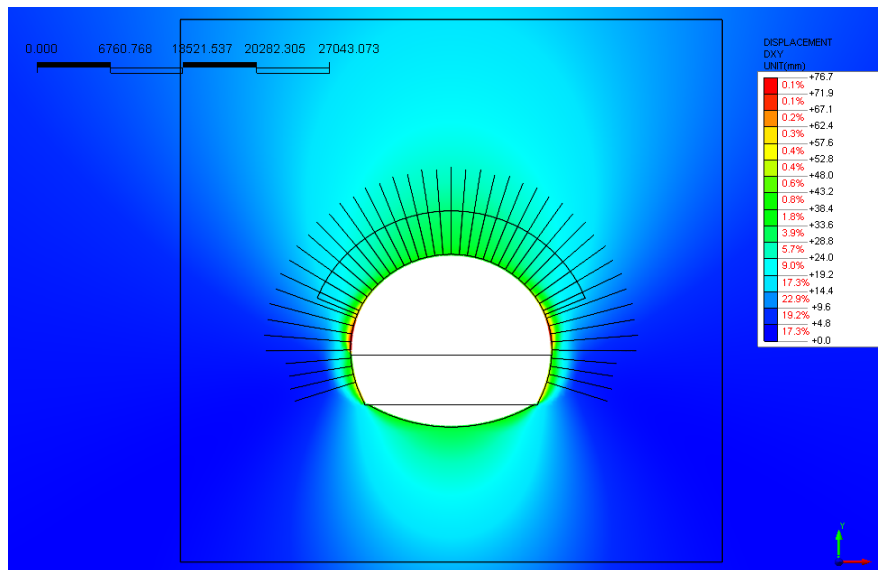


Abbildung 23: Verschiebungen xy [mm] am Ende des Ausbruchs im Bereich des Sohlgewölbes

Illustrazione 23: Spostamenti xy [mm] fine scavo arco rovescio

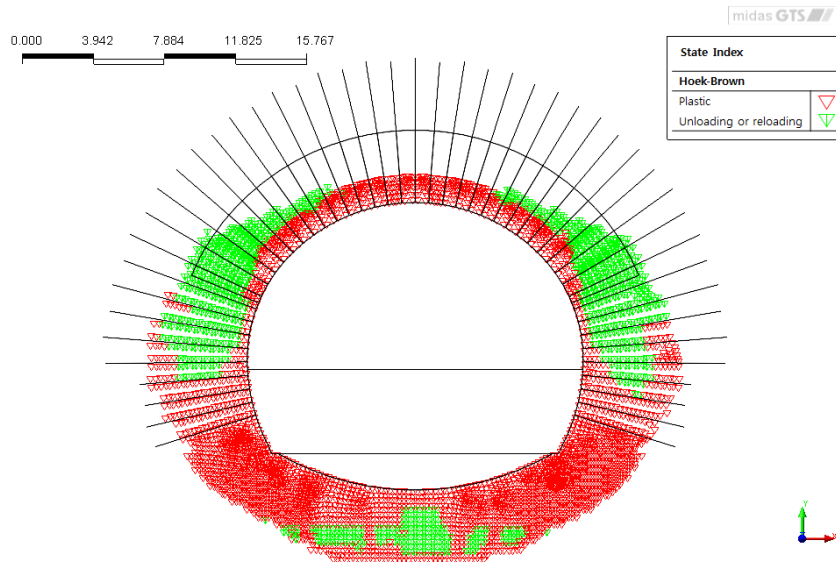


Abbildung 24: Plastifizierung am Ende des Ausbruchs im Bereich des Sohlgewölbes

Illustrazione 24: Plasticizzazioni fine scavo - arco rovescio

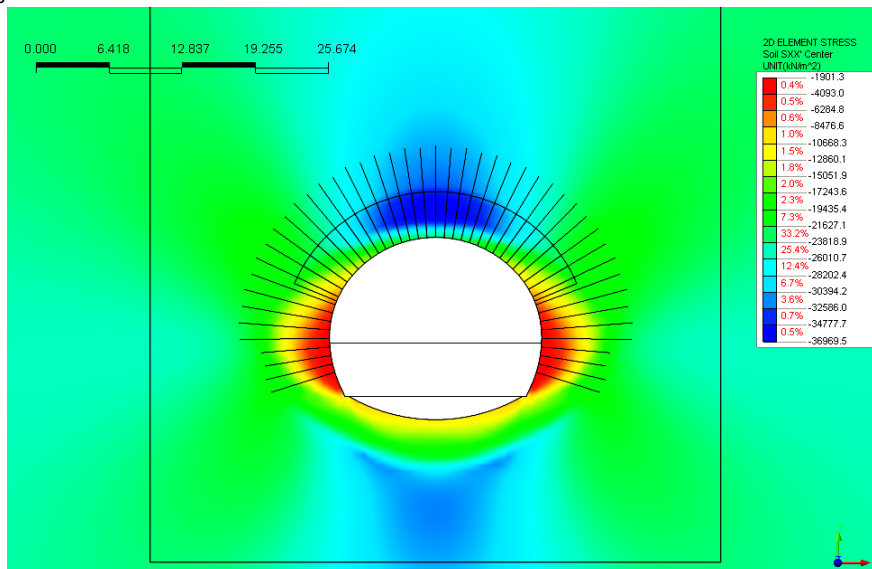


Abbildung 25: Vertikale Spannungen  $\sigma_{yy}$  [kN/m<sup>2</sup>] - am Ende des Ausbruchs

Illustrazione 25: Tensioni orizzontali [kN/m<sup>2</sup>] - fine scavo

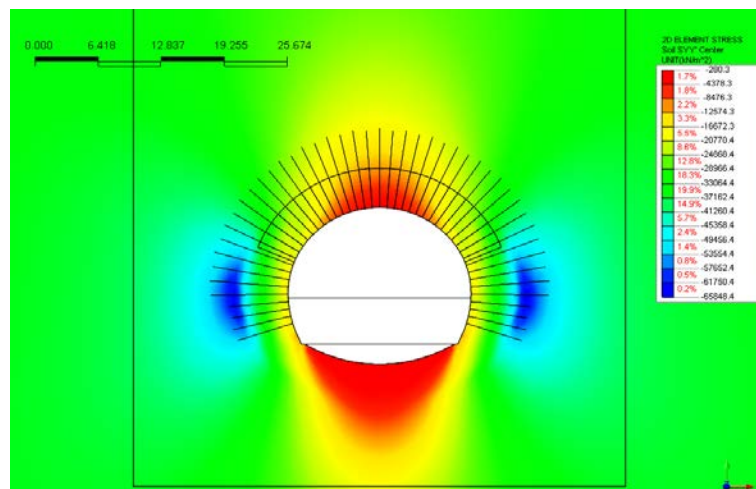


Abbildung 26: Horizontale Spannungen  $\sigma_{xx}$  [kN/m<sup>2</sup>] - am Ende des Ausbruchs

Illustrazione 26: Tensioni verticali [kN/m<sup>2</sup>] - fine scavo

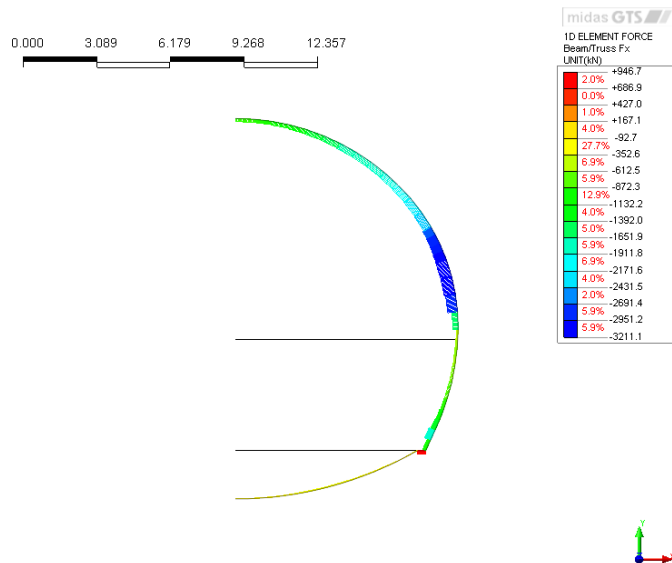


Abbildung 27: Normalkräfte Außenschale [kN/m] - am Ende des Ausbruchs

Illustrazione 27: Sollecitazioni normali [kN/m] - fine scavo

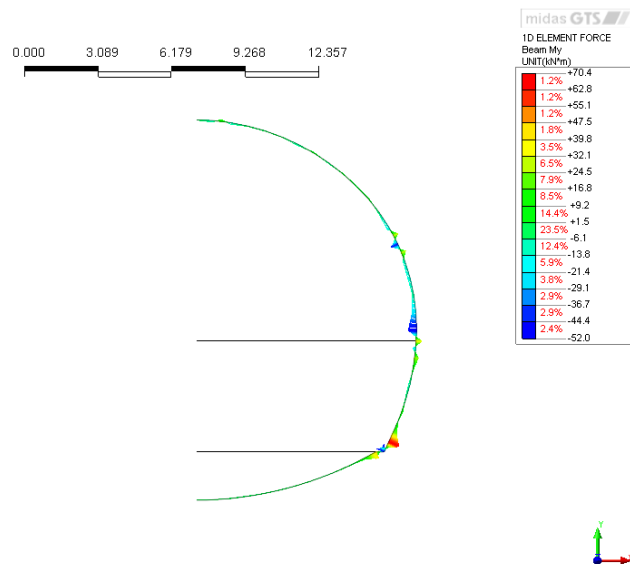


Abbildung 28: Biegemomente Außenschale [kN/m] - am Ende des Ausbruchs

Illustrazione 28: Momenti flettenti [kNm/m] - fine scavo

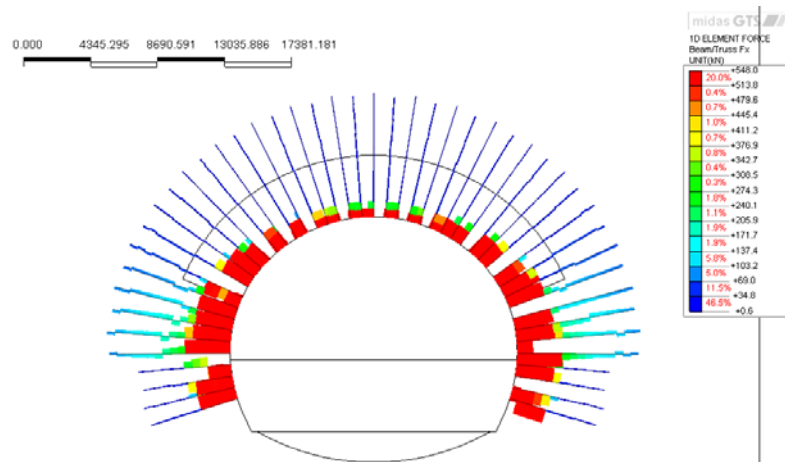


Abbildung 29: Normalkräfte Anker [kN]

Illustrazione 29: Azione assiale nei chiodi [kN]

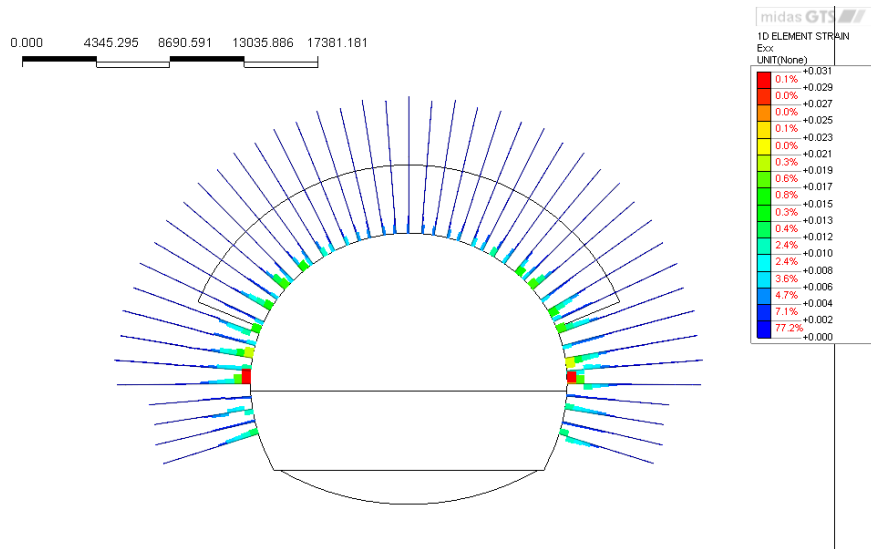


Abbildung 30: Axiale Verformungen der Anker [-]

Illustrazione 30: Deformazione assiale nei chiodi [-]

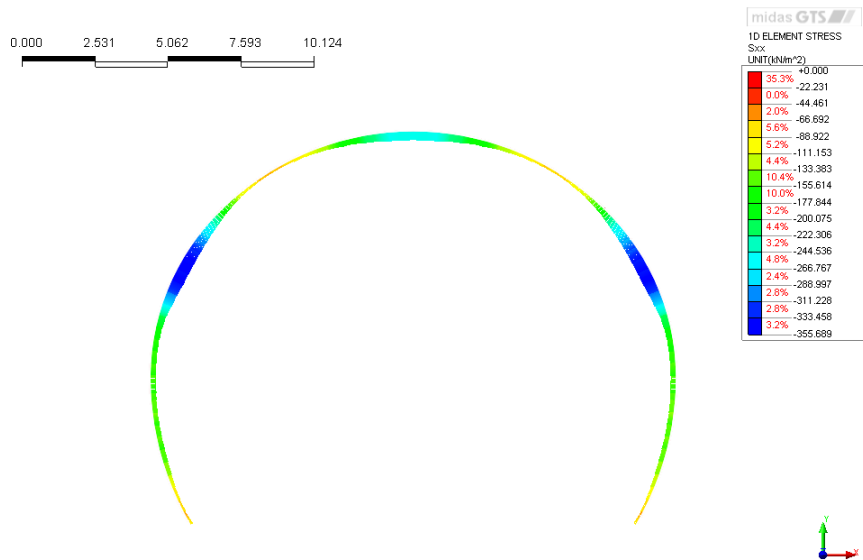


Abbildung 31: Auflockerungsdruck auf Innenschale CT5 T3

Illustrazione 31: Carico di allentamento sul rivestimento interno CT5 T3

## A5.2 NACHWEISFÜHRUNG AUßENSCHALE

### Nachweis Diagramm Wechselwirkung M-N

Im Bereich des Fußes des Widerlagers wurden die Spitzenwerte der Beanspruchungen, welche auf die theoretische Geometrie der Mesh und die daraus resultierenden Spannungskonzentrationen zurückzuführen sind, vernachlässigt.

## A5.2 VERIFICHE RIVESTIMENTO PRIMA FASE

### Verifiche diagramma di interazione M-N

In corrispondenza del piede della muretta sono stati trascurati i picchi di sollecitazione in quanto dovuti alla geometria teorica della mesh che con la modellazione numerica genera delle concentrazioni di sforzi.

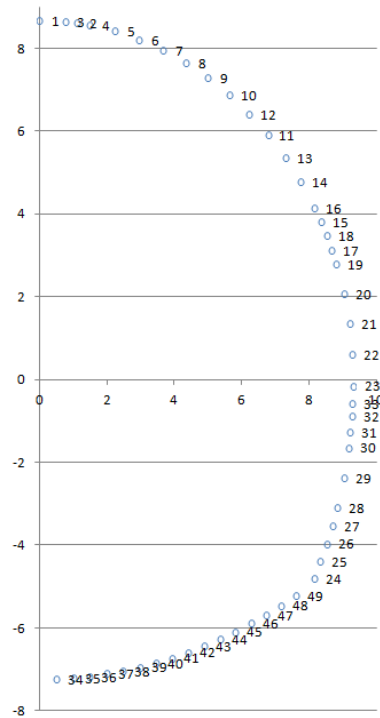


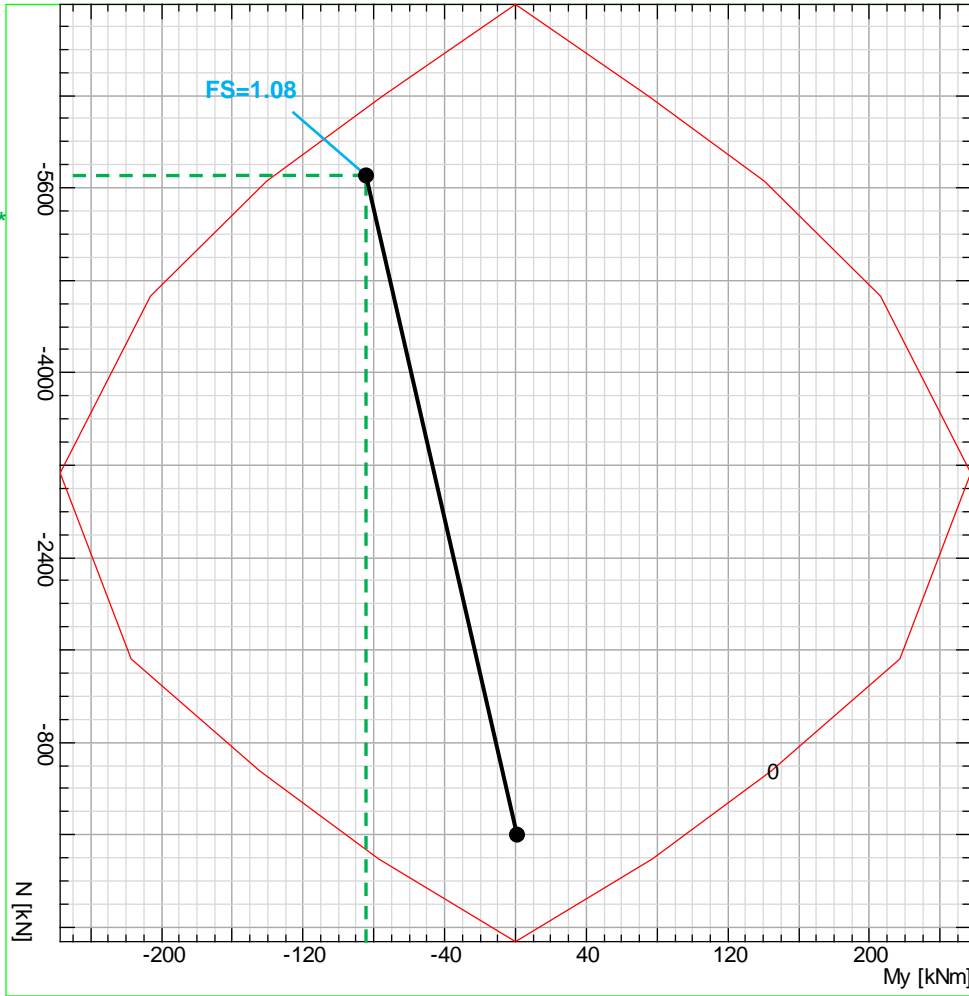
Abbildung 32: Nummerierung der Knoten des numerischen Modells CT5-T3

Illustrazione 32: Numerazione dei nodi del modello numerico CT5-T3

	X	Y	N <sub>k</sub>	M <sub>k</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	FS
	[m]	[m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[-]
1	0.00	8.68	-872.10	-0.03	-1133.73	-0.04	4.23
2	1.12	8.61	-955.30	12.61	-1241.89	16.39	3.38
3	0.75	8.65	-926.30	-8.97	-1204.19	-11.66	3.62
4	1.49	8.56	-1054.00	-9.39	-1370.20	-12.21	3.2
5	2.23	8.42	-1227.00	-1.99	-1595.10	-2.59	2.98
6	2.95	8.21	-1399.00	-1.69	-1818.70	-2.20	2.62
7	3.66	7.96	-1523.00	-0.03	-1979.90	-0.04	2.42
8	4.34	7.65	-1736.00	-7.47	-2256.80	-9.70	2.04
9	5.00	7.29	-1764.00	4.61	-2293.20	5.99	2.05
10	5.62	6.87	-1831.00	-4.81	-2380.30	-6.25	1.97
11	6.77	5.91	-2033.00	1.61	-2642.90	2.09	1.81
12	6.22	6.41	-1939.00	3.36	-2520.70	4.36	1.88
13	7.28	5.37	-2228.00	4.00	-2896.40	5.20	1.64
14	7.75	4.78	-2377.00	-6.02	-3090.10	-7.82	1.52
15	8.34	3.82	-2860.00	29.27	-3718.00	38.05	1.16
16	8.16	4.15	-2702.00	-15.73	-3512.60	-20.45	1.29
17	8.66	3.12	-3077.00	28.43	-4000.10	36.96	1.09
18	8.51	3.49	-2921.00	-44.63	-3797.30	-58.02	<b>1.08</b>
19	8.80	2.79	-3186.00	-10.50	-4141.80	-13.65	1.13
20	9.02	2.08	-3207.00	-13.89	-4169.10	-18.06	1.11
21	9.18	1.35	-2850.00	-7.40	-3705.00	-9.62	1.27
22	9.27	0.60	-1556.00	-24.28	-2022.80	-31.56	2.03
23	9.30	-0.15	-468.80	-52.04	-609.44	-67.65	2.53
24	8.13	-4.80	-973.90	70.42	-1266.07	91.55	1.82
25	8.32	-4.38	-1846.00	21.84	-2399.80	28.39	1.78
26	8.51	-3.96	-1337.00	1.14	-1738.10	1.49	2.75
27	8.68	-3.53	-1078.00	7.60	-1401.40	9.88	3.19
28	8.82	-3.10	-896.30	-3.20	-1165.19	-4.15	3.99
29	9.03	-2.38	-764.40	-8.23	-993.72	-10.70	4.33
30	9.17	-1.64	-638.40	7.65	-829.92	9.95	5.13
31	9.21	-1.27	-559.90	25.00	-727.87	32.50	4.25
32	9.26	-0.89	-610.80	-17.43	-794.04	-22.66	4.59
33	9.28	-0.57	-556.00	36.35	-722.80	47.26	3.43

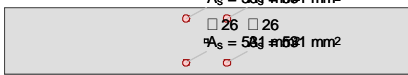
Mz = 0 kNm

-5695.95 kN =  
-3797.3 kN/m \*  
1.5m

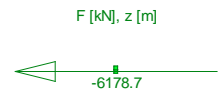
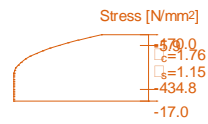
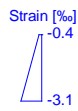


-87.1 kNm = -58.02 kNm/m \* 1.5m

25cm

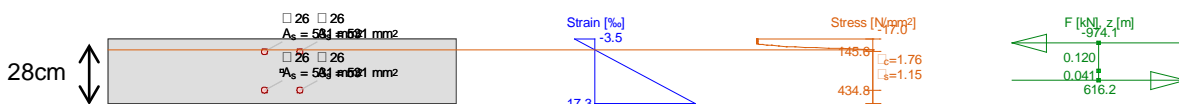
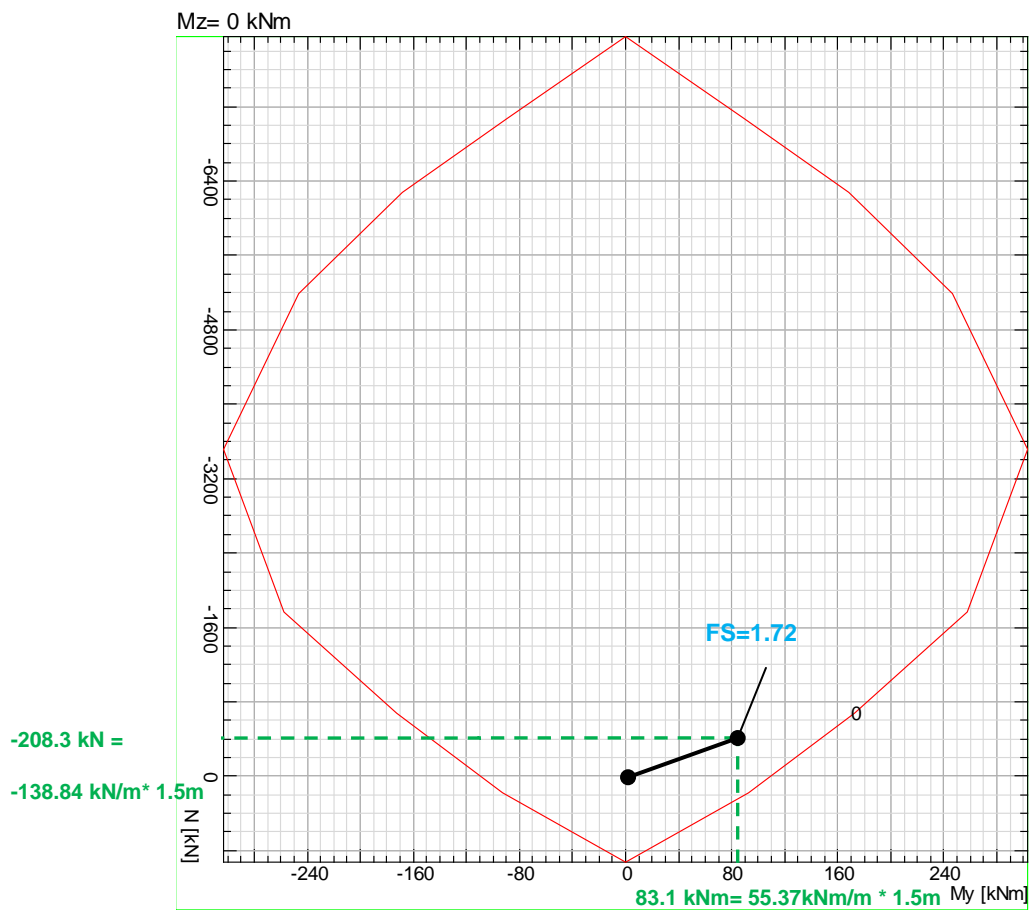


□ 26 □ 26  
As = 581 mm²  
□ 26 □ 26  
As = 581 mm²





	X	Y	N <sub>k</sub>	M <sub>k</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>	FS
	[m]	[m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[-]
34	0.50	-7.24	-89.44	-0.59	-116.27	-0.76	43.1
35	0.99	-7.20	-96.83	0.20	-125.88	0.25	41.5
36	1.49	-7.17	-109.90	-0.98	-142.87	-1.27	34.22
37	1.98	-7.11	-129.90	-1.47	-168.87	-1.91	28.25
38	2.47	-7.04	-168.20	-1.69	-218.66	-2.19	22.1
39	2.96	-6.95	-233.40	-0.68	-303.42	-0.88	17.1
40	3.45	-6.84	-251.10	-0.76	-326.43	-0.99	15.86
41	3.93	-6.72	-255.40	-0.39	-332.02	-0.51	15.8
42	4.41	-6.59	-244.60	0.60	-317.98	0.79	16.37
43	4.88	-6.44	-238.50	0.06	-310.05	0.08	17.08
44	5.35	-6.27	-211.90	-0.06	-275.47	-0.07	19.22
45	5.81	-6.09	-194.20	-0.28	-252.46	-0.36	20.82
46	6.26	-5.89	-183.10	2.40	-238.03	3.12	19.73
47	6.72	-5.68	-128.90	1.15	-167.57	1.50	29.09
48	7.16	-5.45	-46.17	10.19	-60.02	13.25	9.37
49	7.59	-5.22	-106.80	42.59	-138.84	55.37	<b>1.72</b>



## **ANHANG 6 - FEM- ANALYSEN DER INNENSCHALE**

Diese Anlage führt die graphischen Darstellungen und wichtigsten Outputs der Analysen für die Innenschale an, die mit dem Rechenprogramm MIDAS Gen durchgeführt wurden, sowie die Nachweise im GZG und GZT.

## **APPENDICE 6 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO**

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.5.1. General parameters of structure

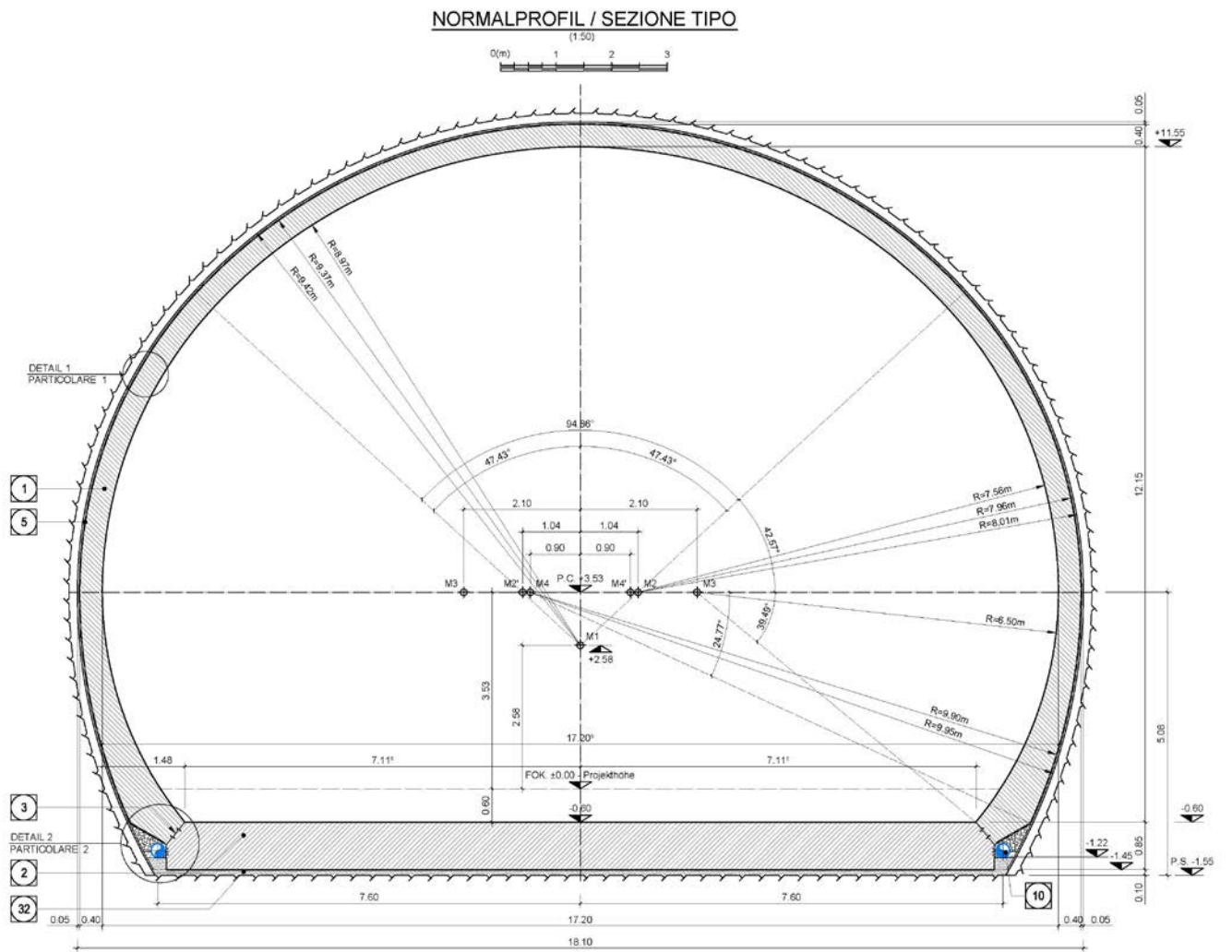


Figure 1 CT5 T2-T3 cross section

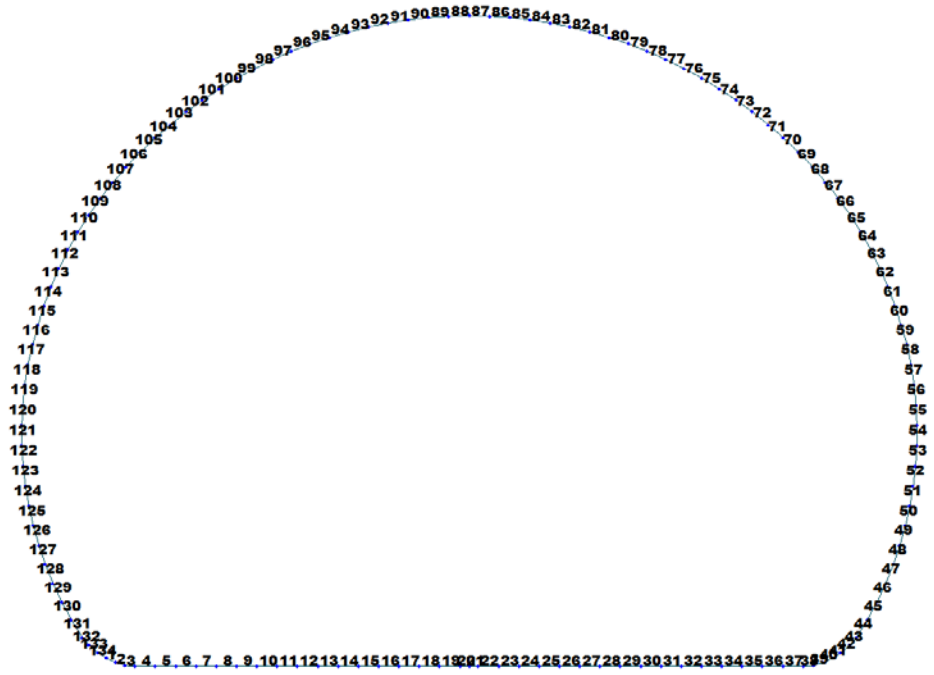


Figure 2 Elements number

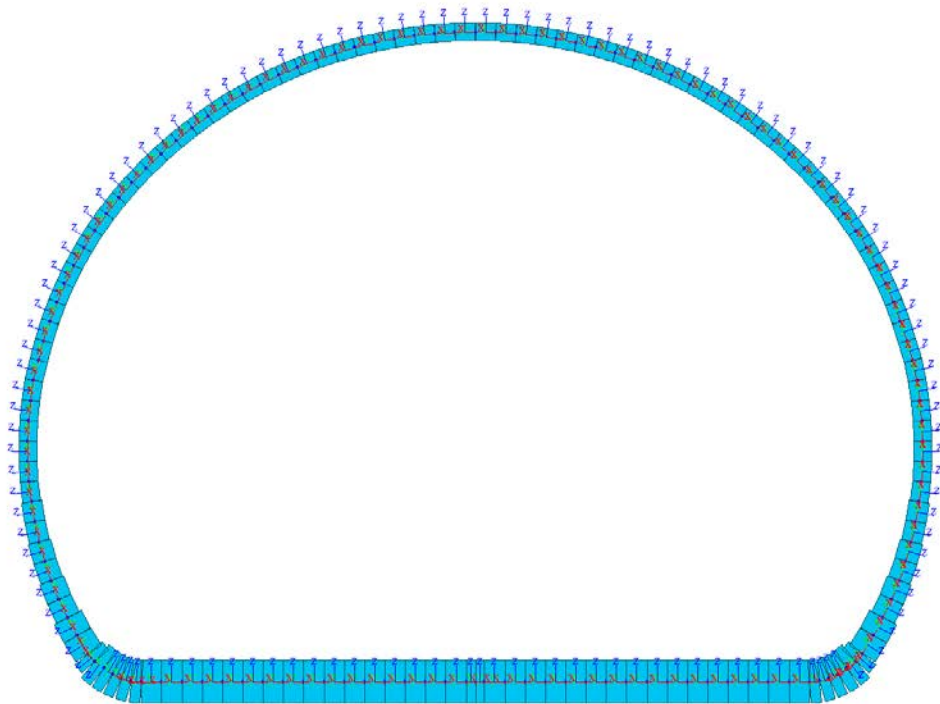


Figure 3 Elements local axis

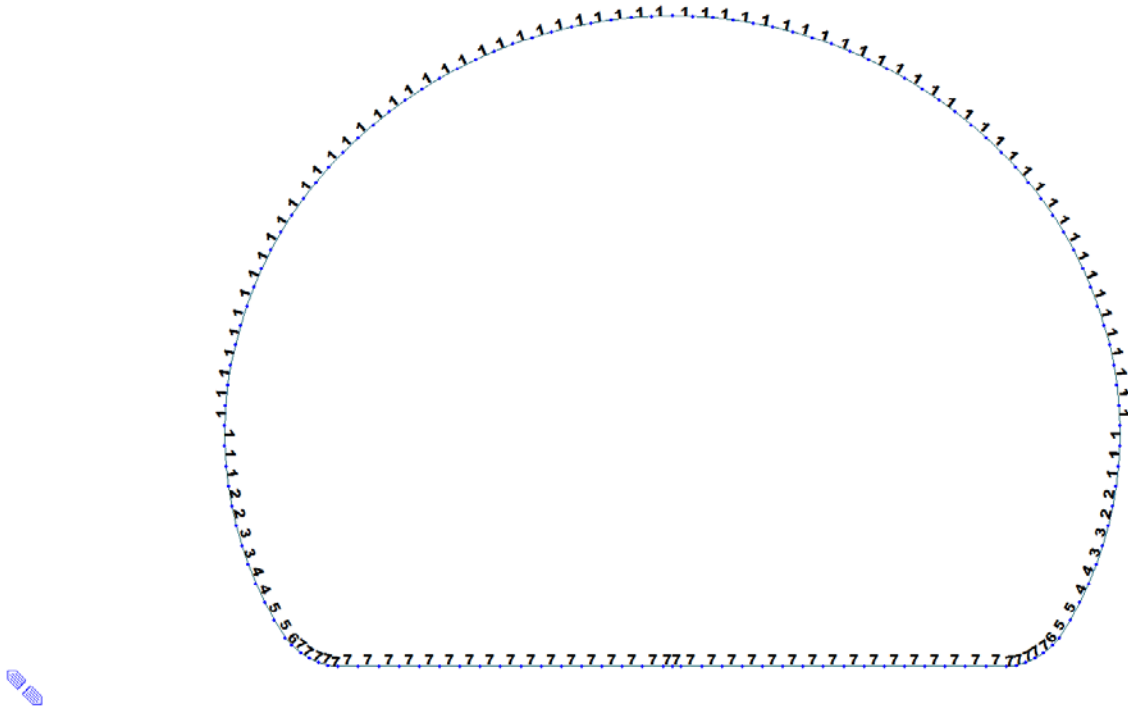


Figure 4 Element section property for T2 and T3 cross section (CT5 T2-T3)

Table 1 Section properties for T2 and T3 cross section (CT5 T2-T3)

ID	Name	Area (m <sup>2</sup> )	Asy (m <sup>2</sup> )	Asz (m <sup>2</sup> )	Ixx (m <sup>4</sup> )	Iyy (m <sup>4</sup> )	Izz (m <sup>4</sup> )	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)
1	100 x 35	0.3500	0.2917	0.2917	0.0111	0.0036	0.0292	0.5000	0.5000	0.1750	0.1750
2	100 x 40	0.4000	0.3333	0.3333	0.0160	0.0053	0.0333	0.5000	0.5000	0.2000	0.2000
3	100 x 45	0.4500	0.3750	0.3750	0.0218	0.0076	0.0375	0.5000	0.5000	0.2250	0.2250
4	100 x 50	0.5000	0.4167	0.4167	0.0286	0.0104	0.0417	0.5000	0.5000	0.2500	0.2500
5	100 x 60	0.6000	0.5000	0.5000	0.0451	0.0180	0.0500	0.5000	0.5000	0.3000	0.3000
6	100 x 70	0.7000	0.5833	0.5833	0.0649	0.0286	0.0583	0.5000	0.5000	0.3500	0.3500
7	100 x 85	0.8500	0.7083	0.7083	0.0999	0.0512	0.0708	0.5000	0.5000	0.4250	0.4250

Table 2 Material parameters for T2 and T3 cross section (CT5 T2-T3)

ID	Name	Type	Code	Elasticity (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson	Thermal (1/[F])	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Mass Density (kN/m <sup>3</sup> /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

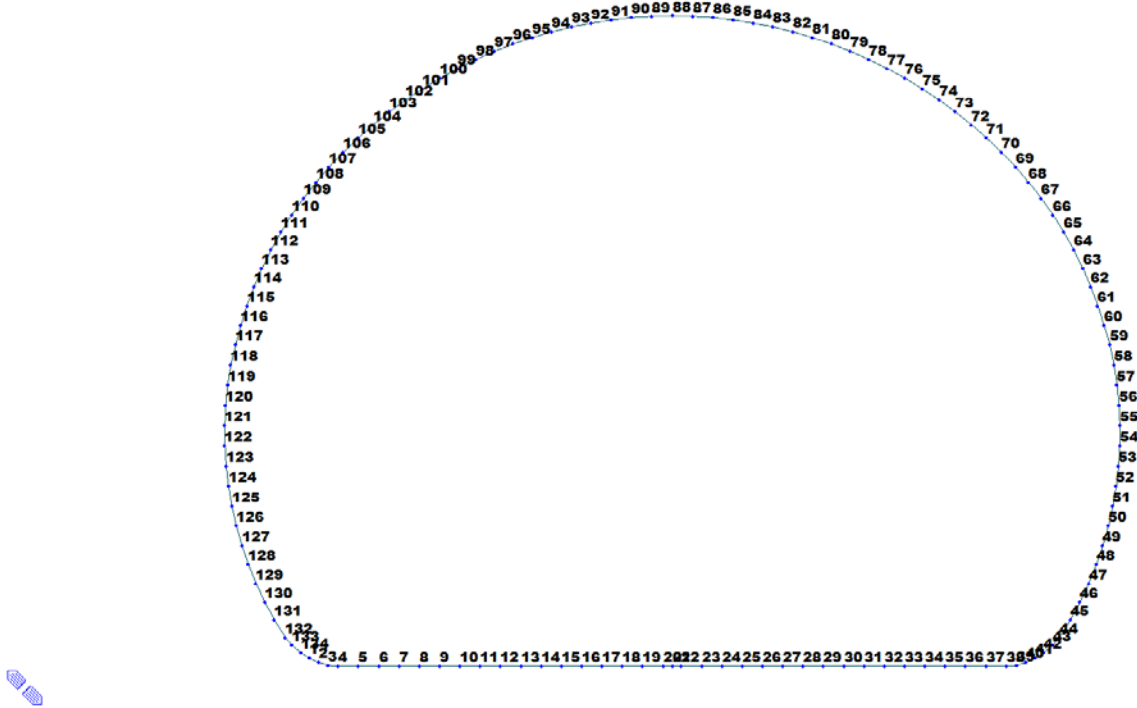


Figure 5 Node numbering

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	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	Linear	30000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	Comp.-only	0.0	0.0	130000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0









### A.5.2. Load for cross section CT5 T2 /T3

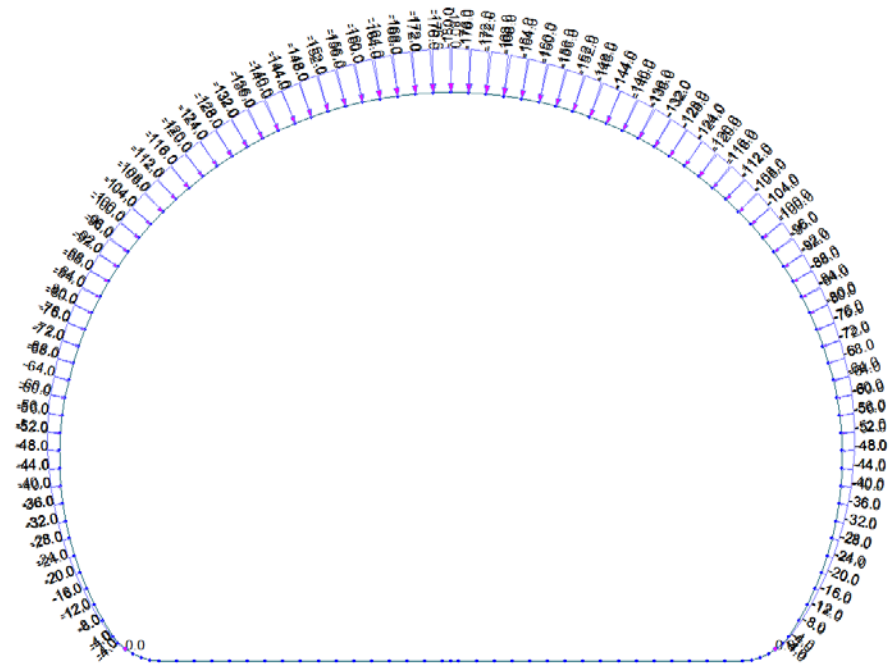


Figure 6 Load G5 – CT5 T2

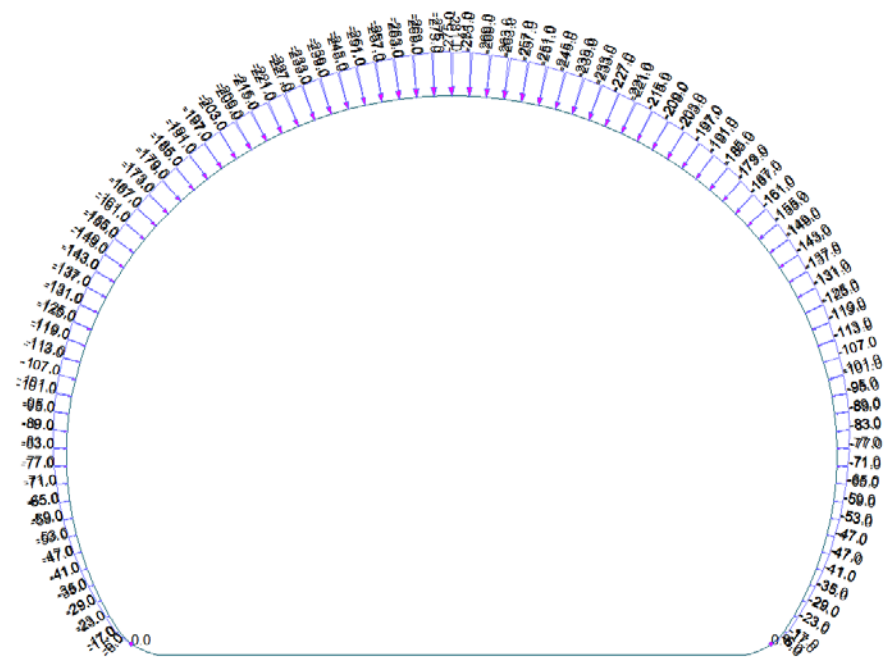


Figure 7 Load G5 – CT5 T3

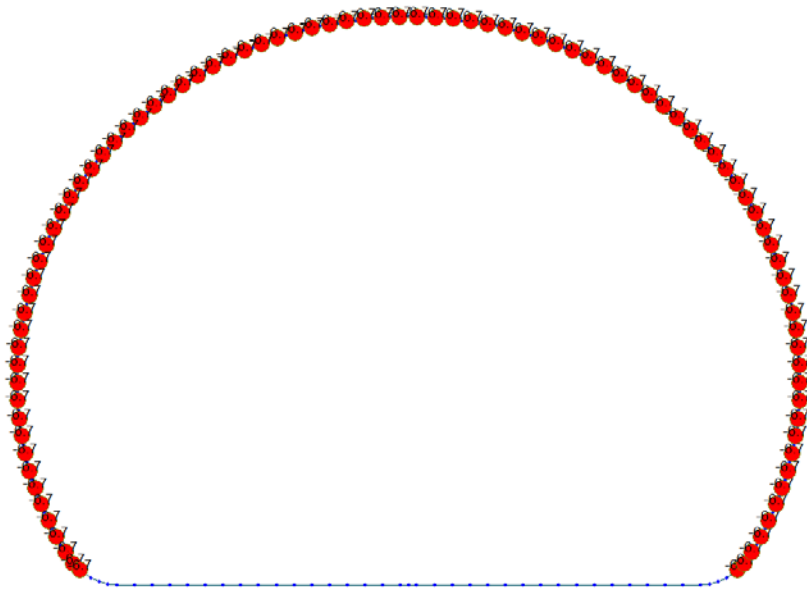


Figure 8 Load G6 SLU

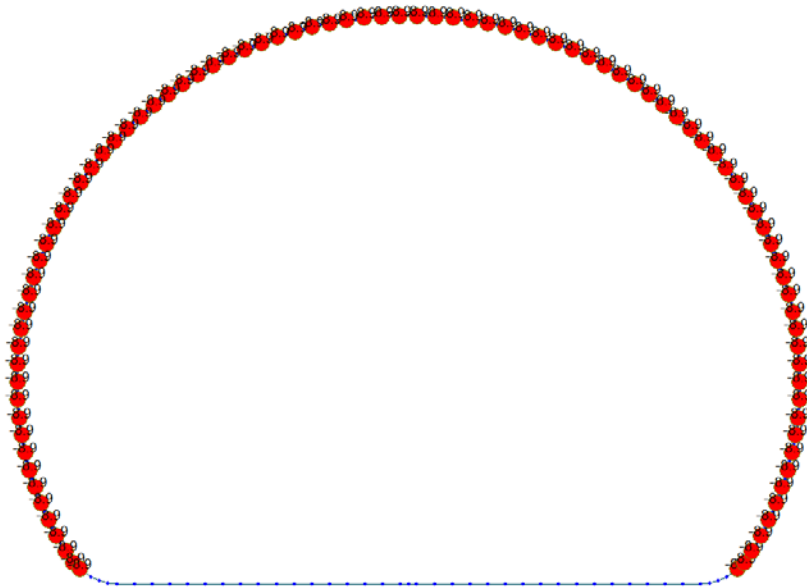


Figure 9 Load G6 SLE

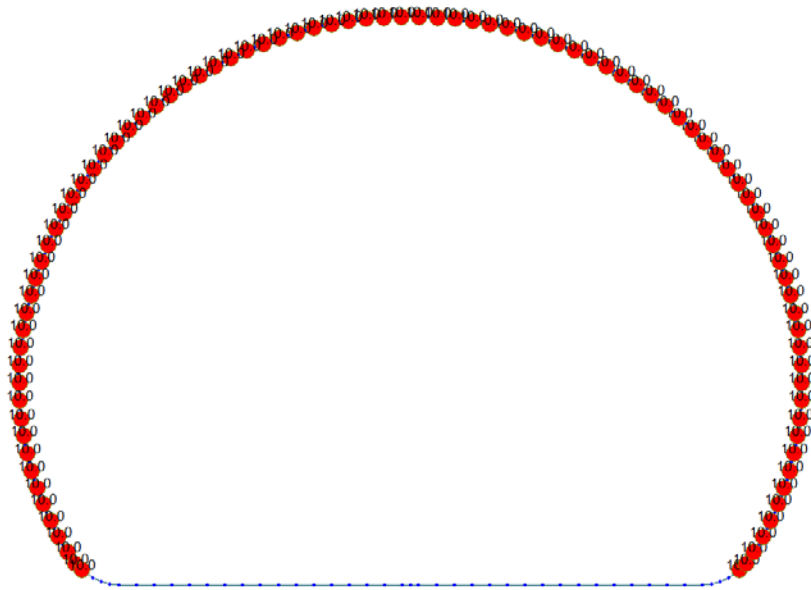


Figure 10 Load Q1 E (Costant temperature)

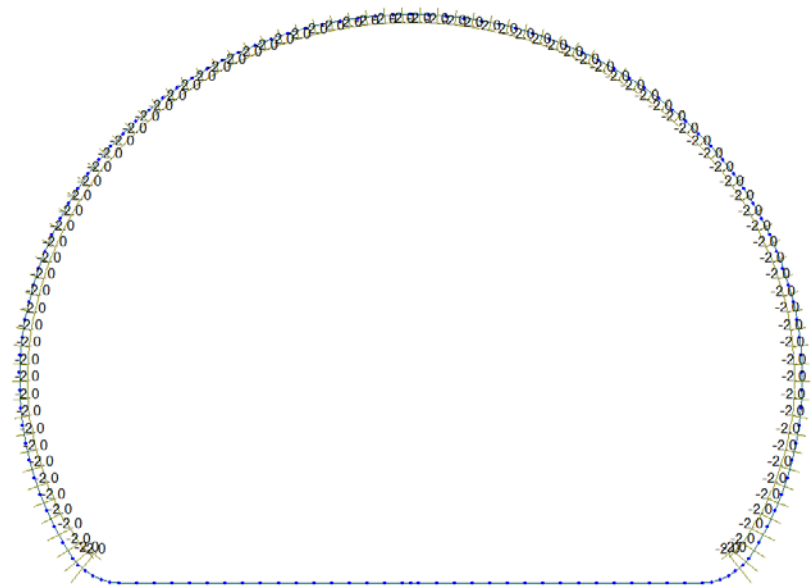


Figure 11 Load Q1 E (Temperature gradient)

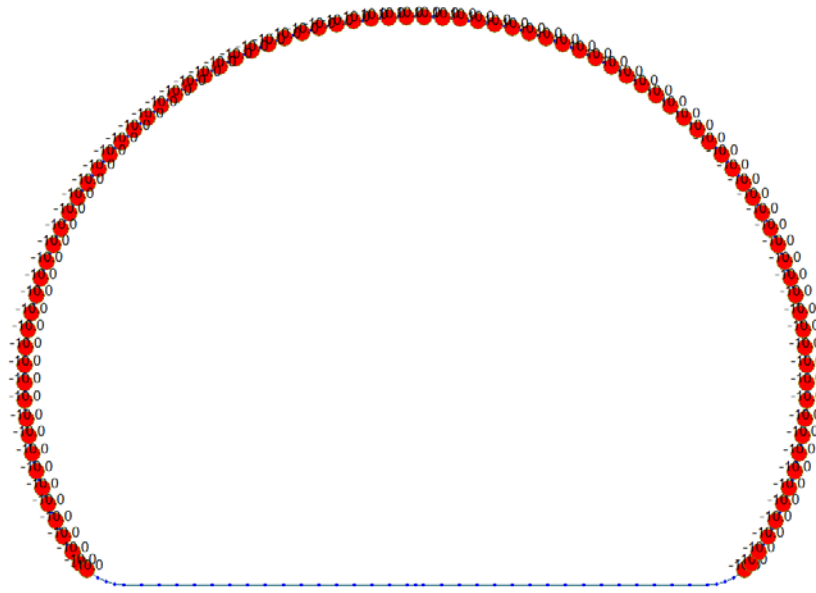


Figure 12 Load Q1 I (Costant temperature)

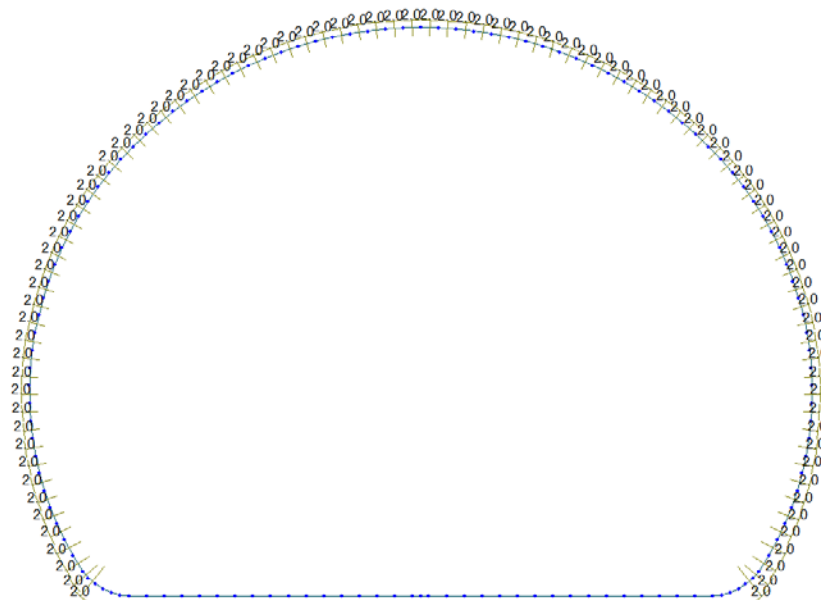


Figure 13 Load Q1 I (Temperature gradient)

### A.5.3. Load combinations

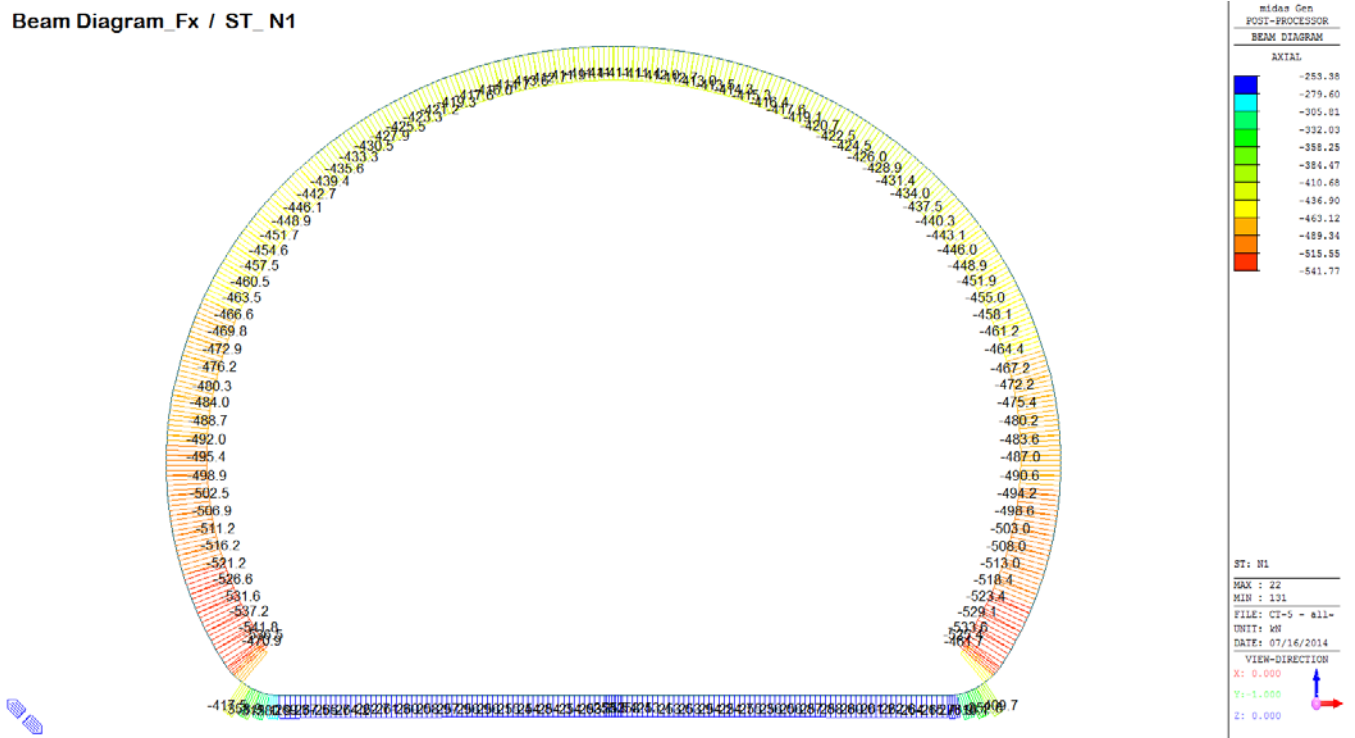
#### LIST OF LOAD COMBINATIONS

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

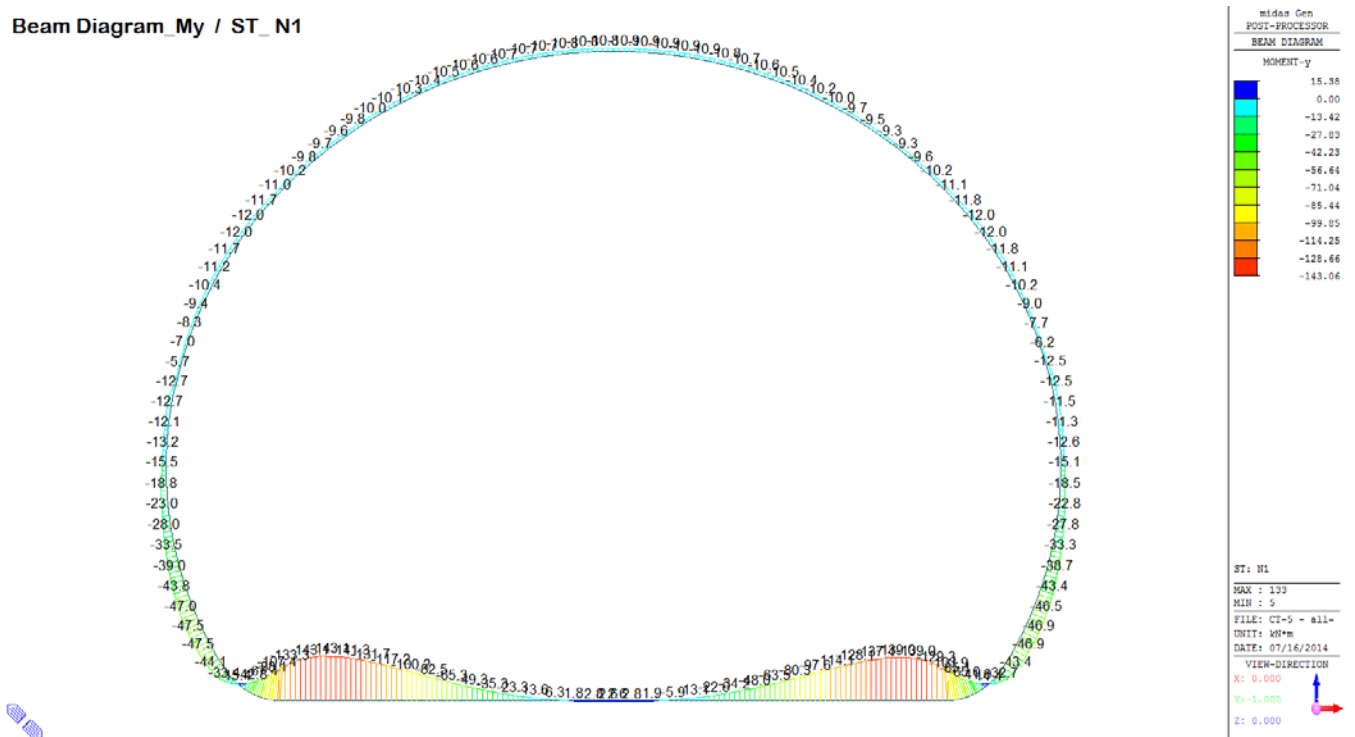
## A.5.4. Output and check result for cross section CT5 T2/T3

### A.5.4.1. Load combination SLU 1

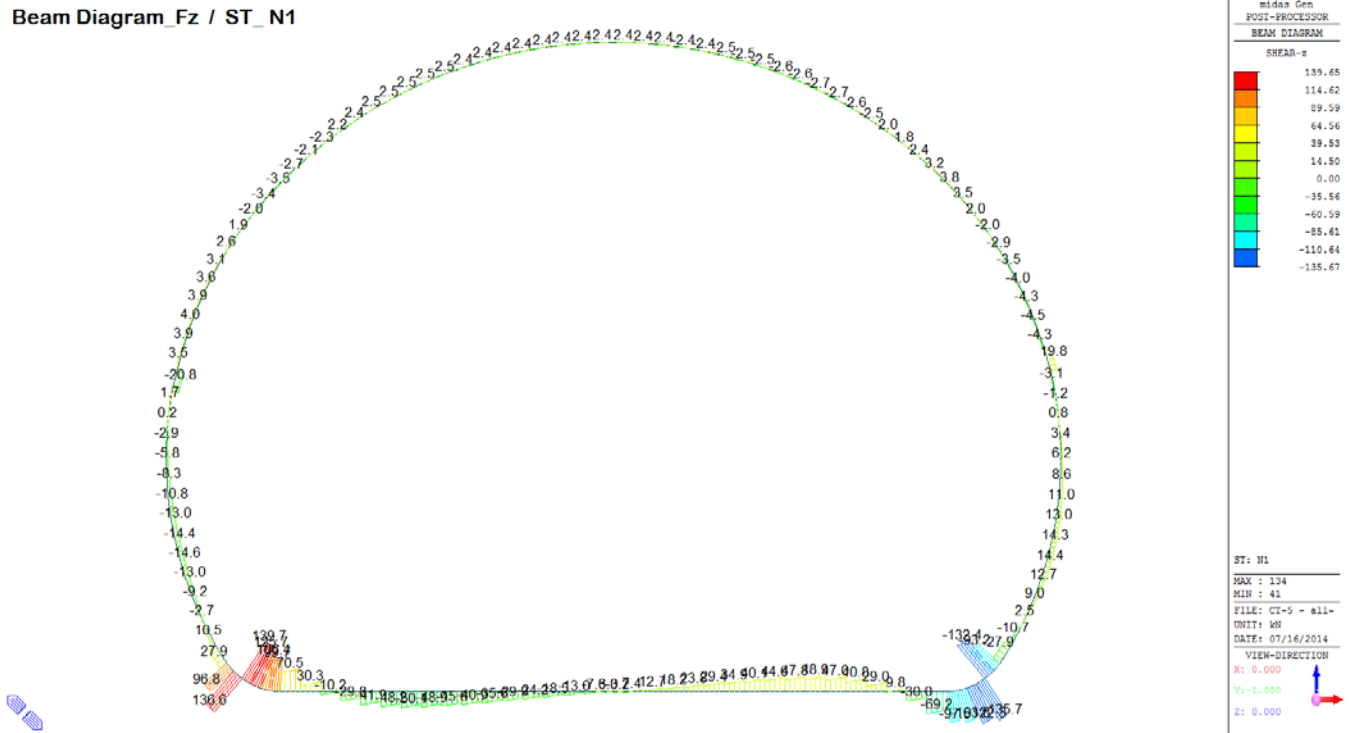
Beam Diagram Fx / ST\_N1



Beam Diagram My / ST\_N1

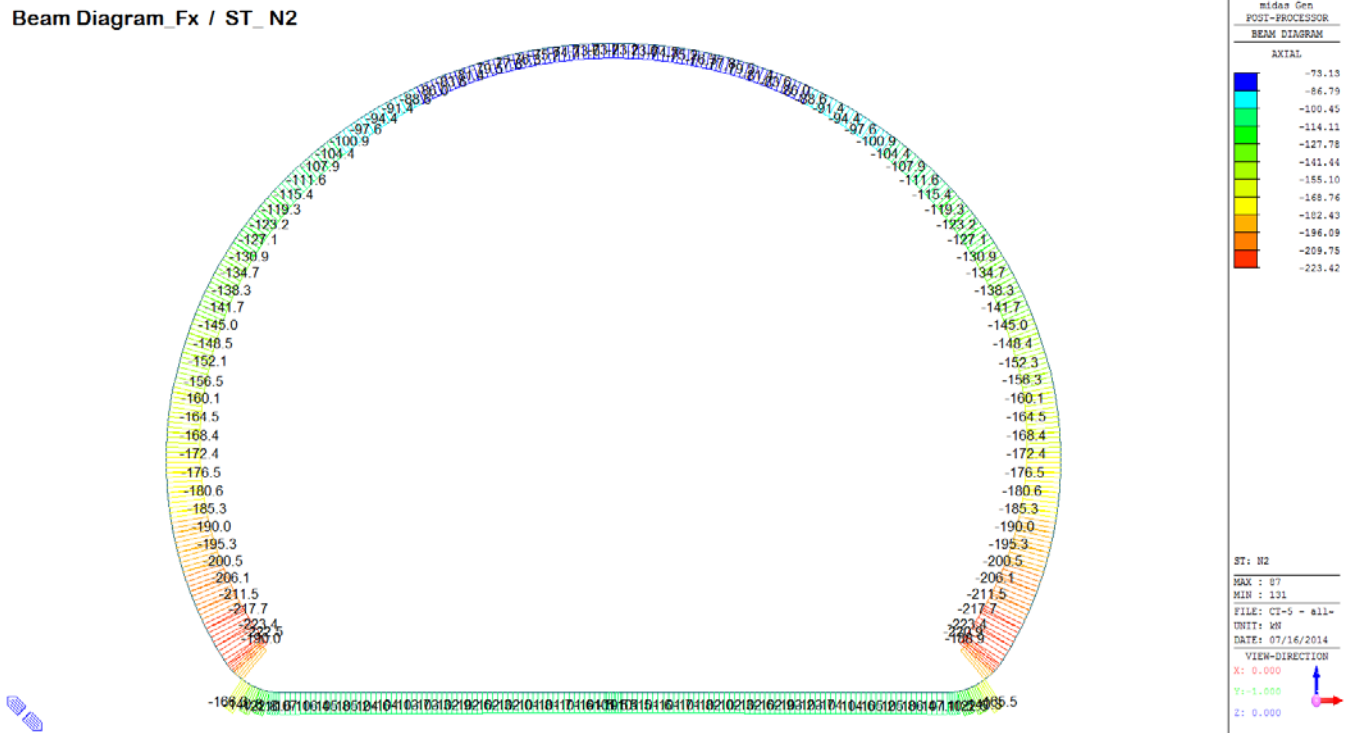


Beam Diagram\_Fz / ST\_N1



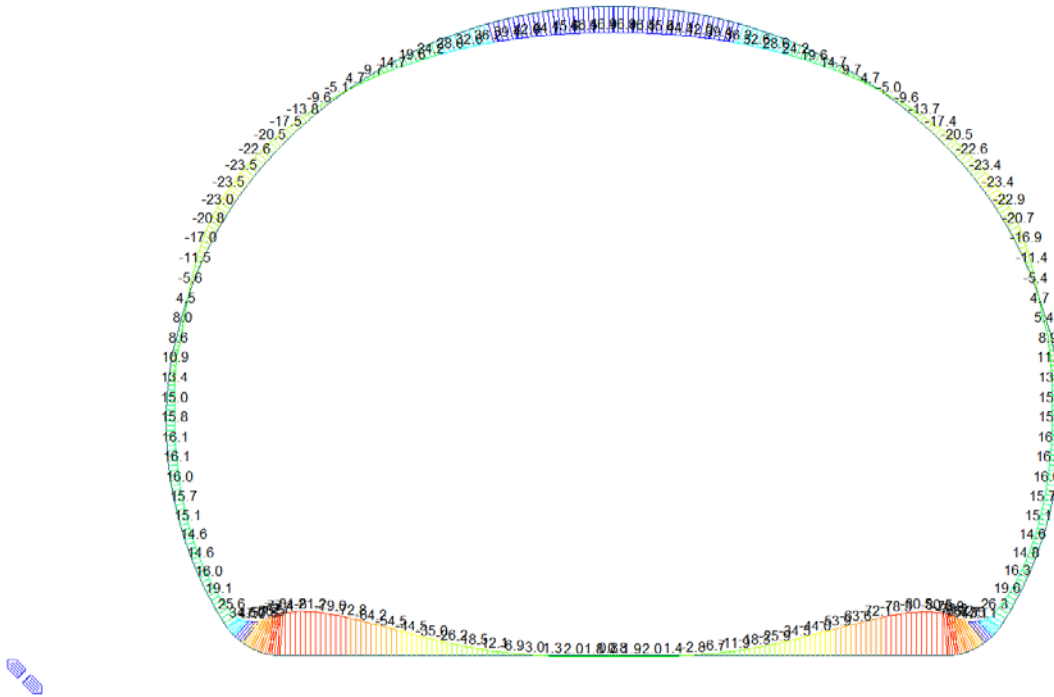
A.5.4.2. Load combination SLU 2

Beam Diagram\_Fx / ST\_N2





Beam Diagram\_My / ST\_N2



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

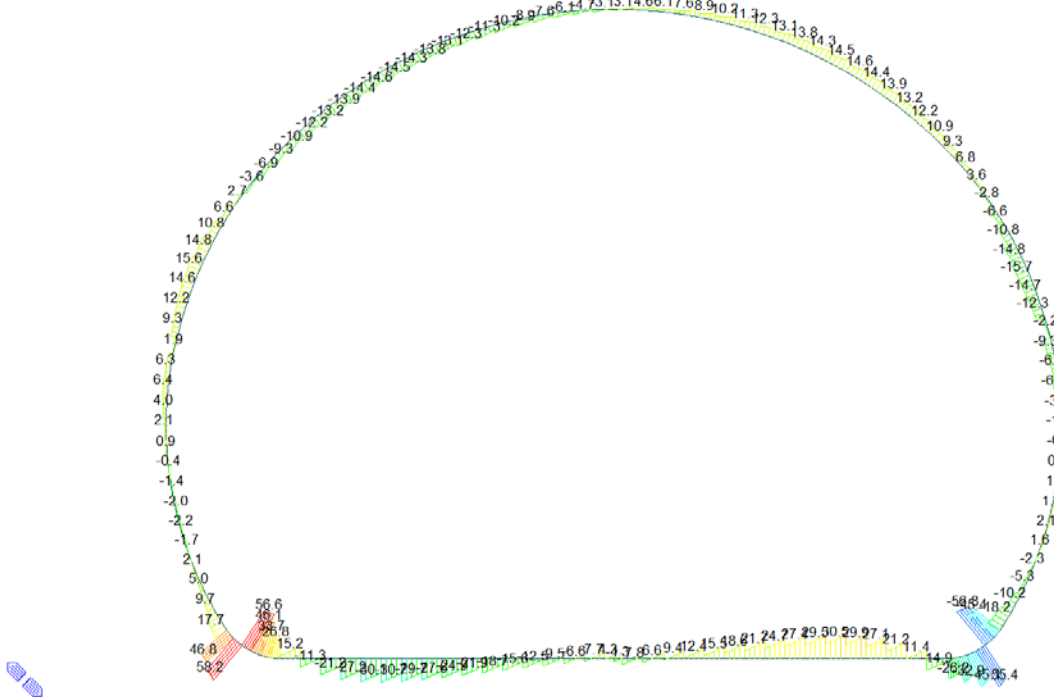
47.13
35.47
23.00
12.13
0.00
-11.20
-22.87
-34.54
-46.20
-57.87
-69.54
-81.20

ST: N2  
MAX : 42  
MIN : 4

FILE: CT-5 - all-  
UNIT: kN\*m  
DATE: 07/16/2014

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

Beam Diagram\_Fz / ST\_N2



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

Shear-z

58.19
47.74
37.20
26.03
16.37
5.92
0.00
-14.99
-25.44
-35.90
-46.35
-56.81

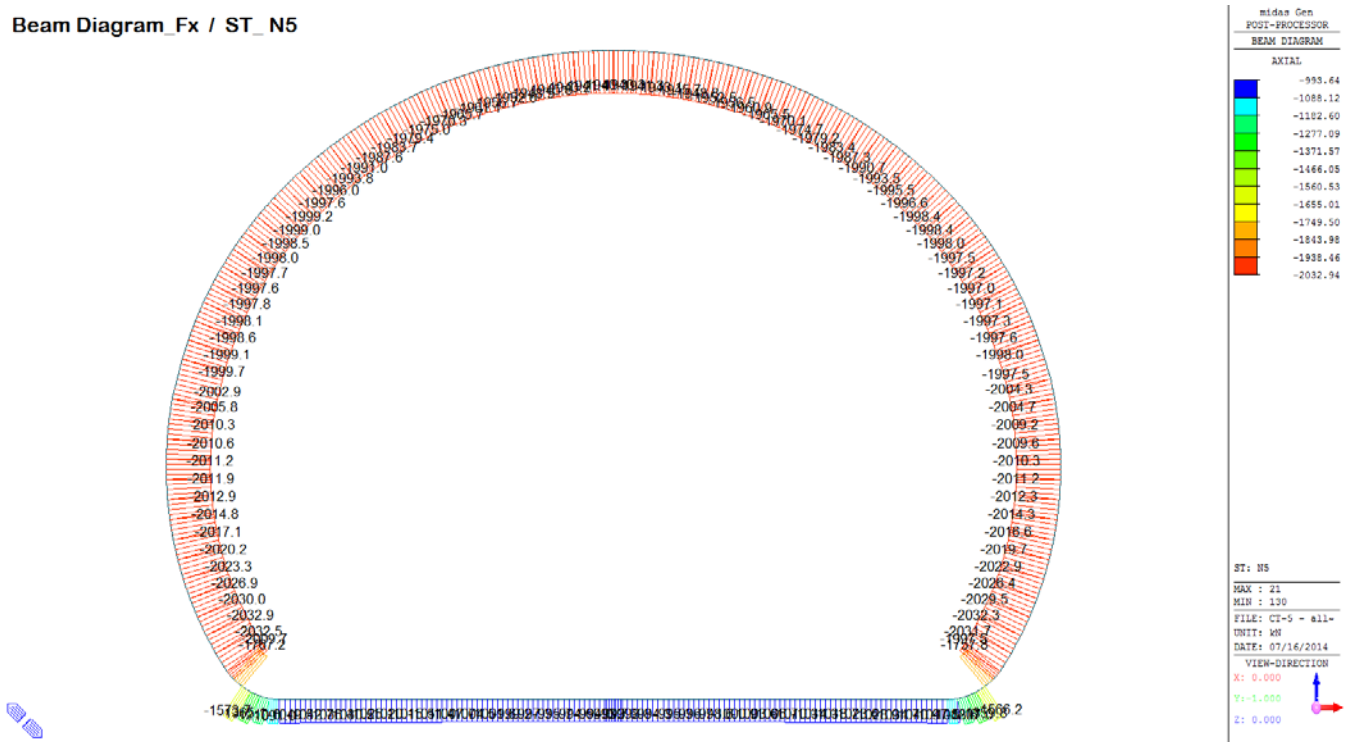
ST: N2  
MAX : 133  
MIN : 42

FILE: CT-5 - all-  
UNIT: kN  
DATE: 07/16/2014

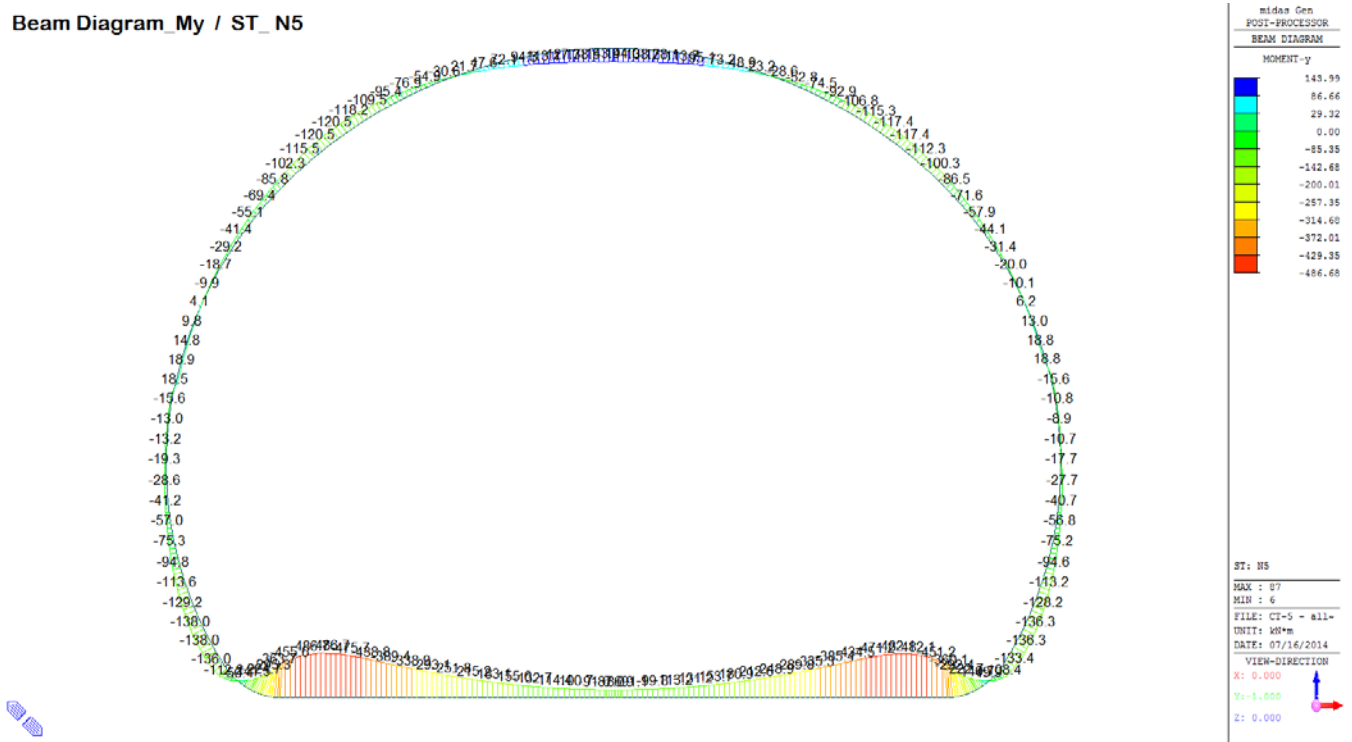
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

A.5.4.3. Load combination SLU 5 CT5 T2

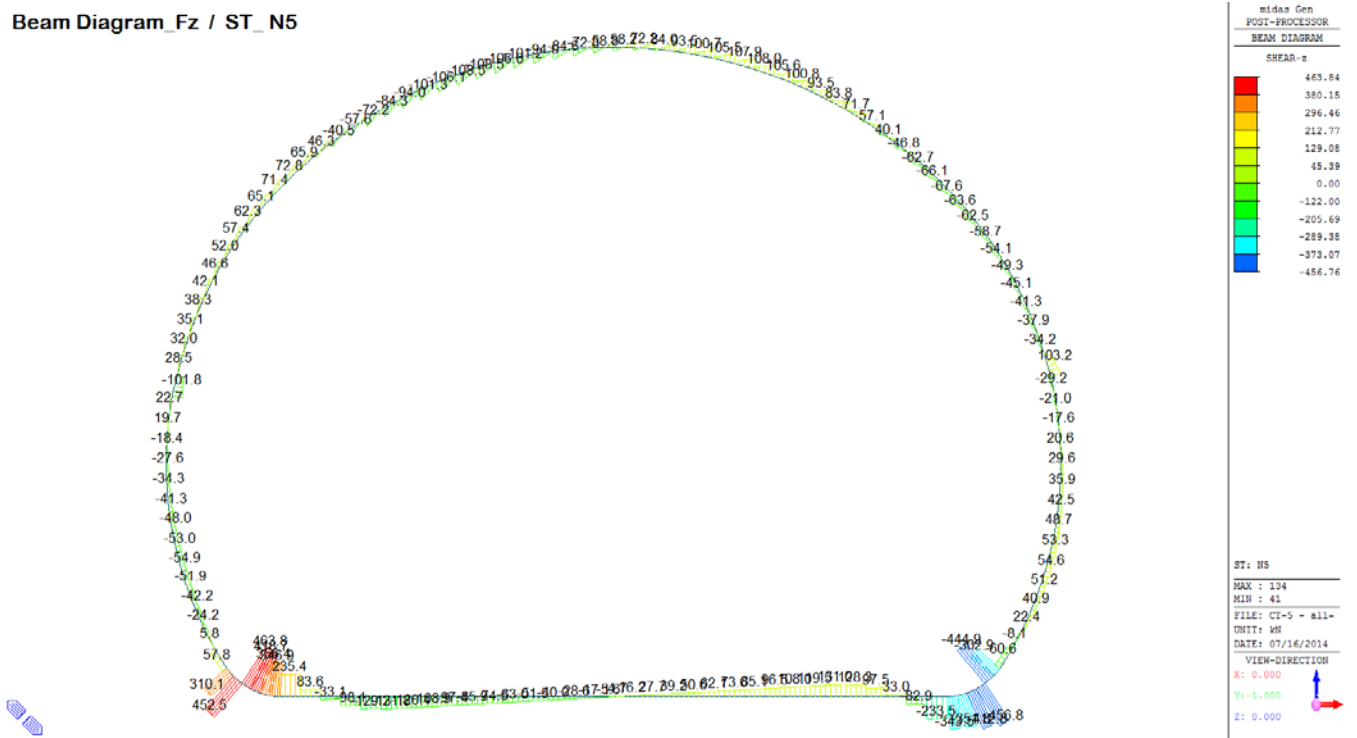
Beam Diagram\_Fx / ST\_N5



Beam Diagram\_My / ST\_N5

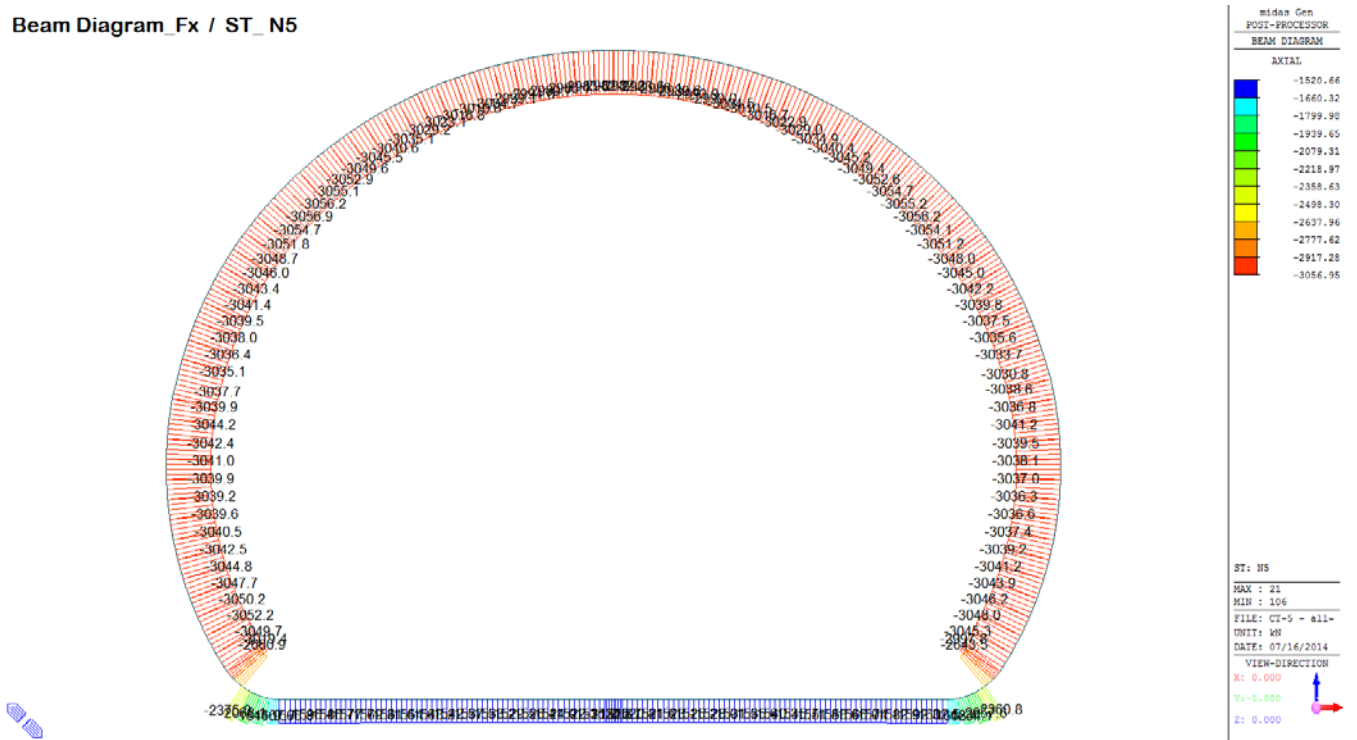


Beam Diagram\_Fz / ST\_N5

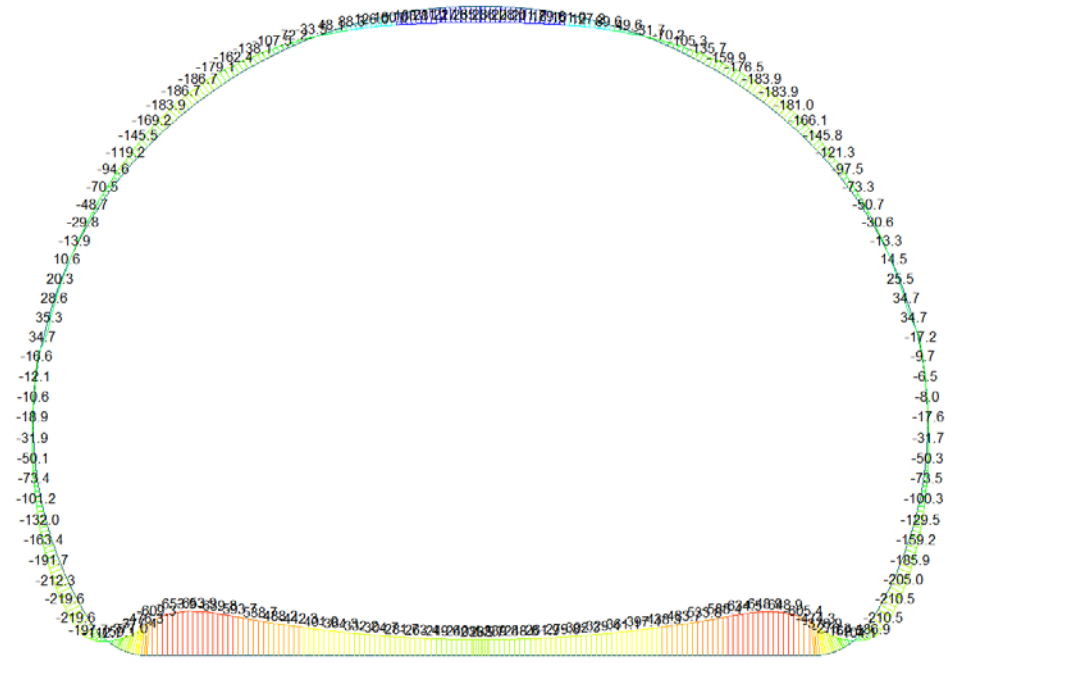


A.5.4.4. Load combination SLU 5 CT5 T3

Beam Diagram\_Fx / ST\_N5



Beam Diagram\_My / ST\_N5



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

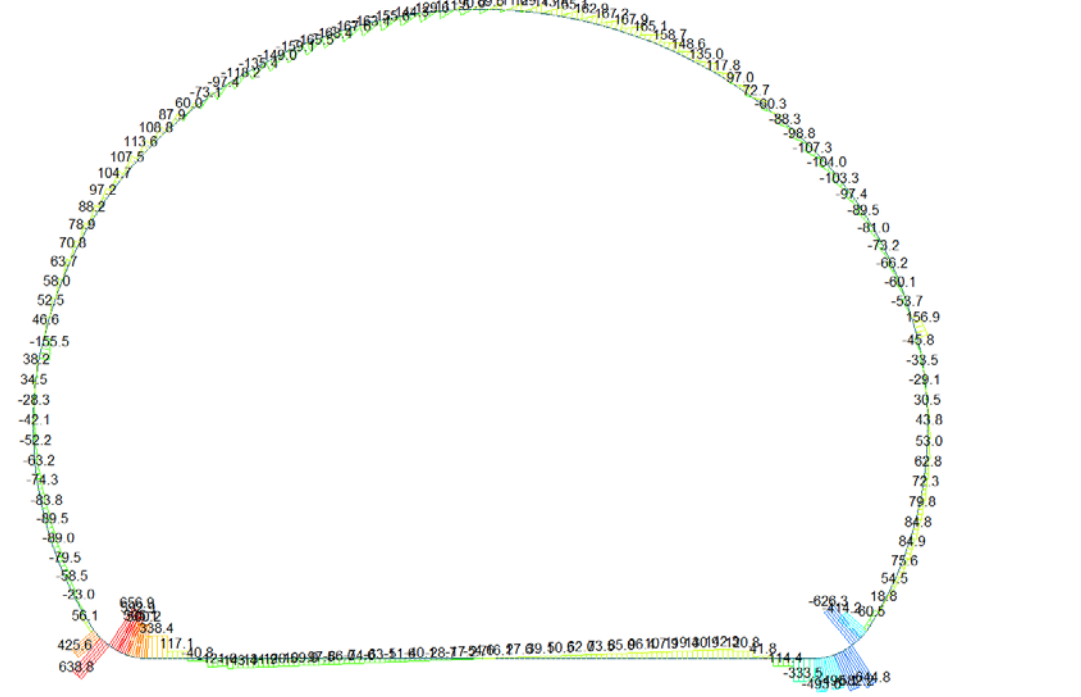
235.98
155.09
74.19
0.00
-87.60
-168.49
-249.39
-330.28
-411.18
-492.07
-572.97
-653.86

ST: N5  
MAX : 87  
MIN : 5

FILE: CI-5 - all-  
UNIT: kN\*m  
DATE: 07/16/2014

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

Beam Diagram\_Fz / ST\_N5



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

656.88
538.54
420.21
301.87
183.53
65.19
0.00
-171.48
-289.82
-408.16
-526.50
-644.83

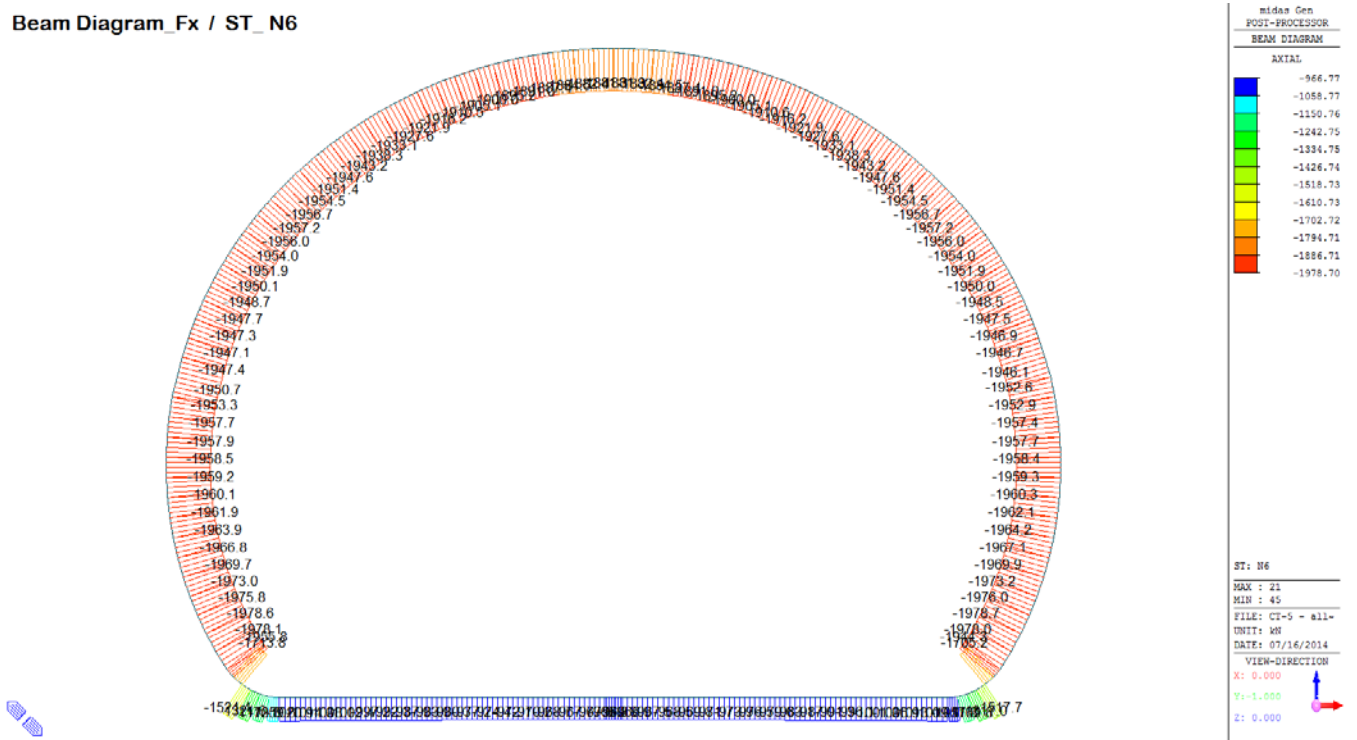
ST: N5  
MAX : 134  
MIN : 43

FILE: CI-5 - all-  
UNIT: kN  
DATE: 07/16/2014

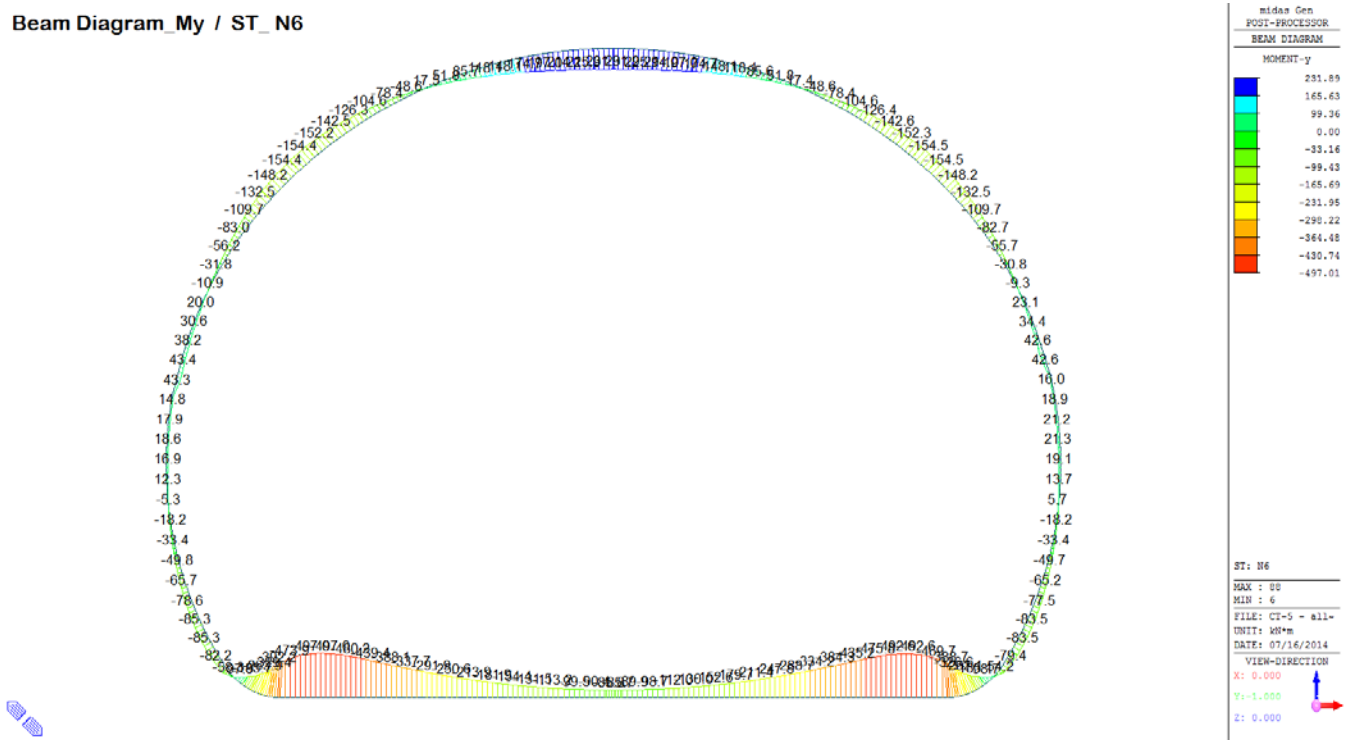
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

A.5.4.5. Load combination SLU 6 CT5 T2

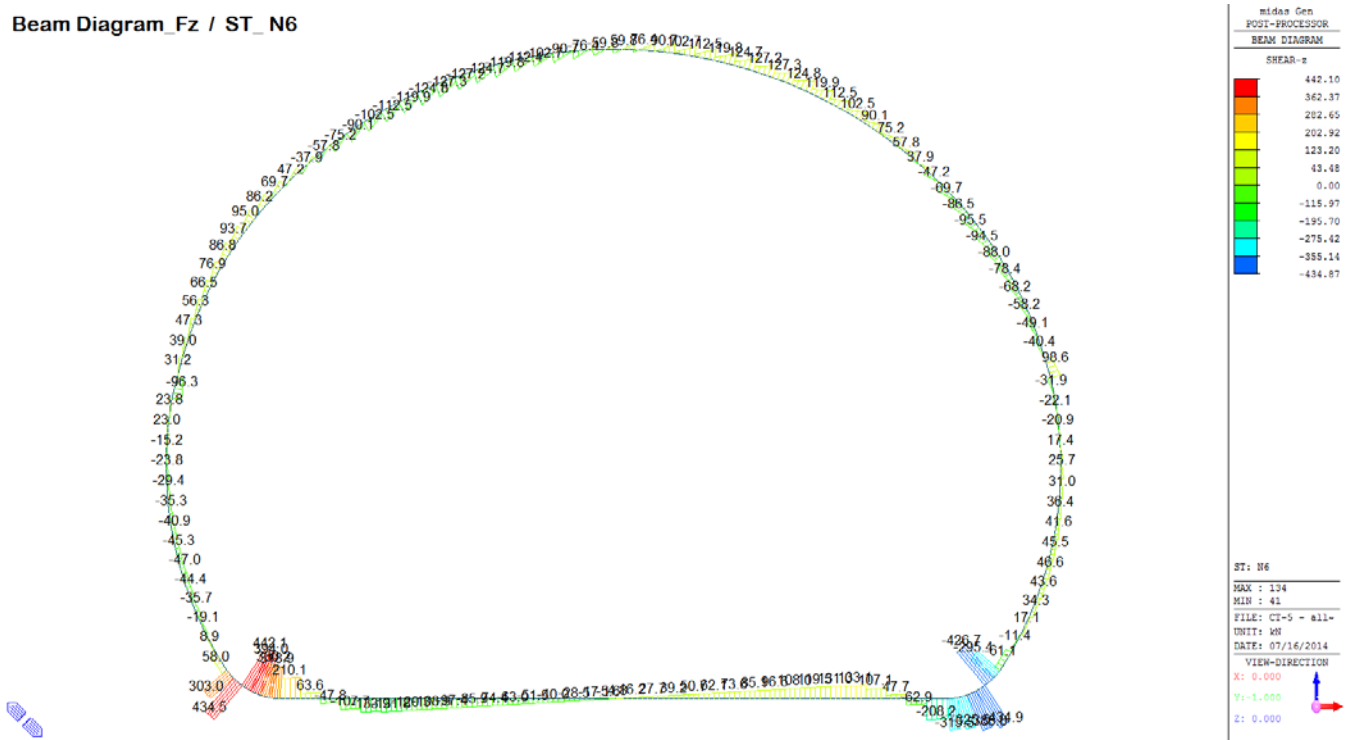
Beam Diagram\_Fx / ST\_N6



Beam Diagram\_My / ST\_N6

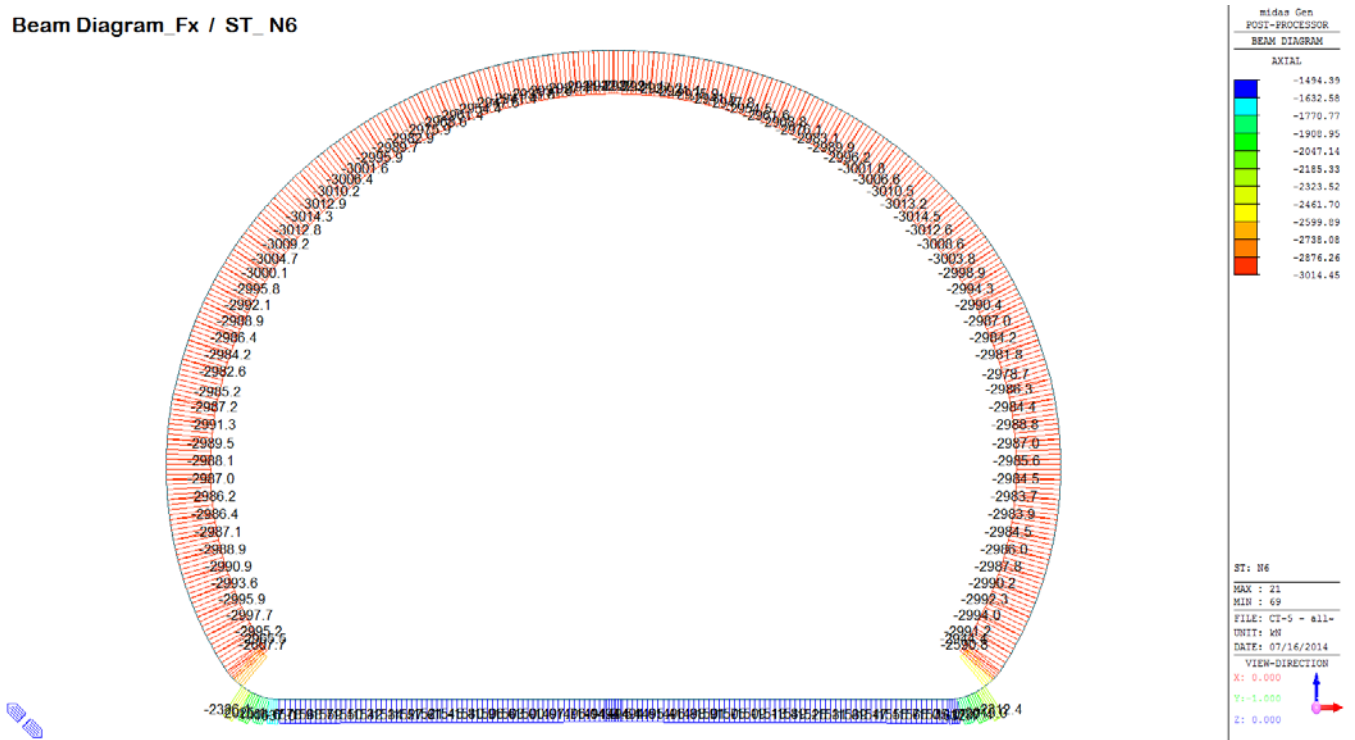


Beam Diagram\_Fz / ST\_N6

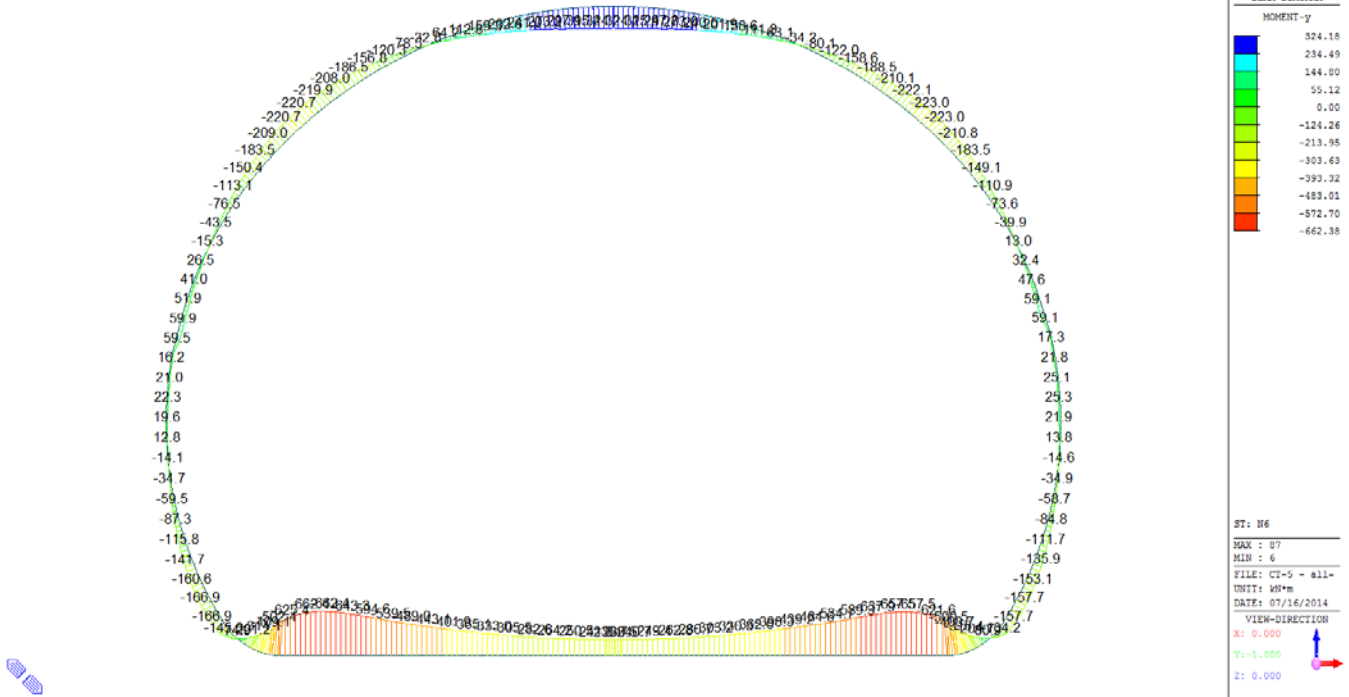


A.5.4.6. Load combination SLU 6 CT5 T3

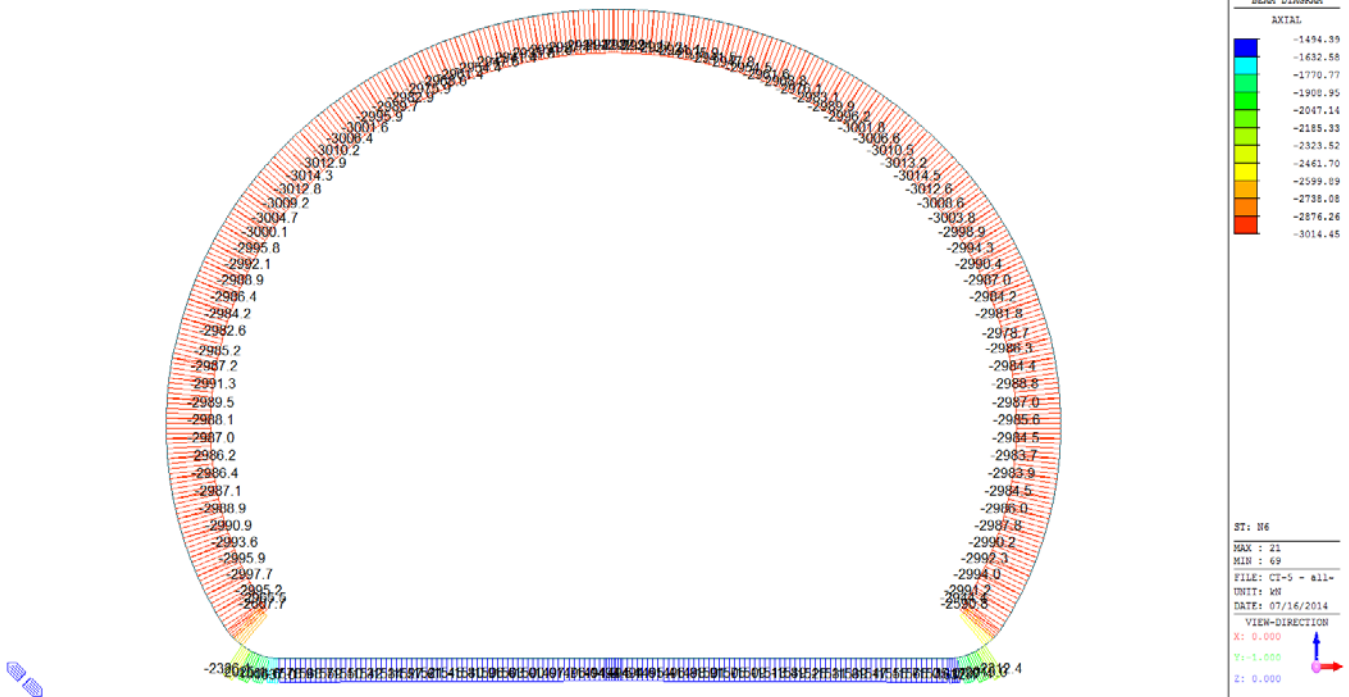
Beam Diagram\_Fx / ST\_N6



Beam Diagram\_My / ST\_N6



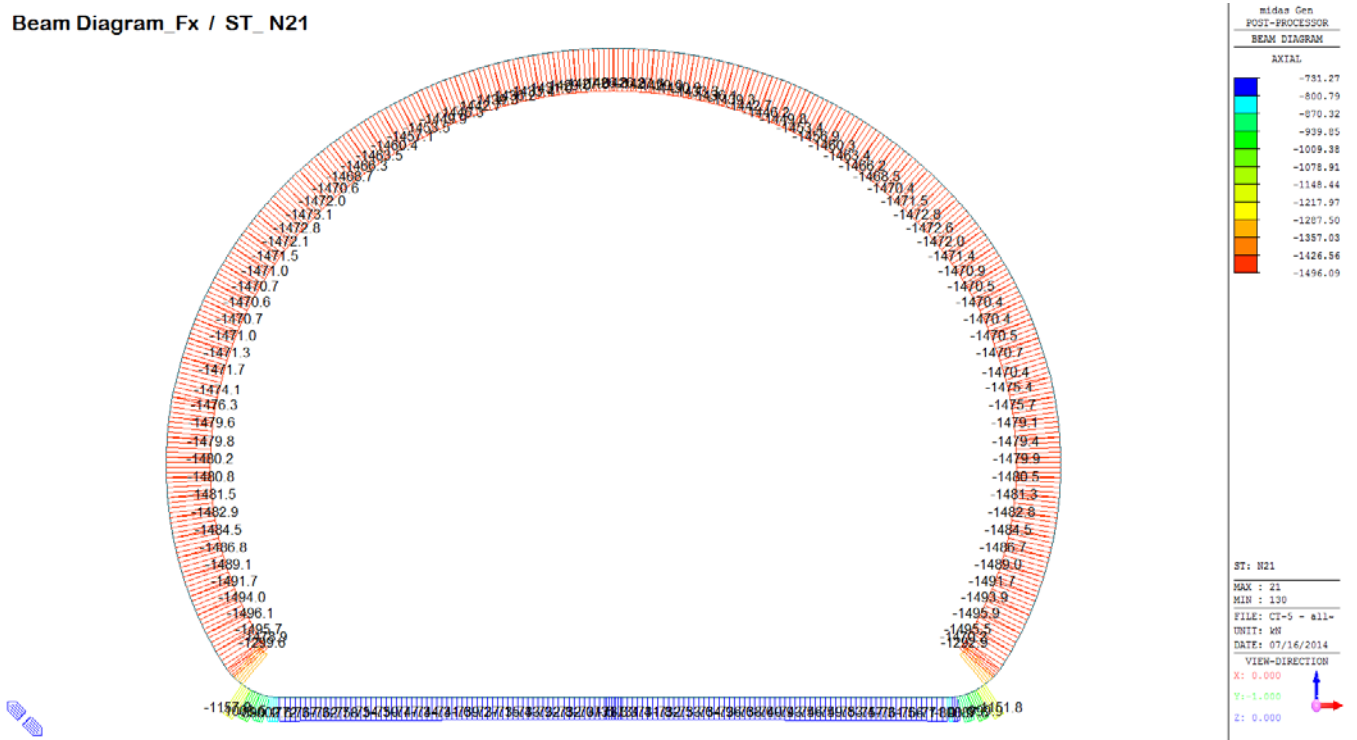
Beam Diagram\_Fx / ST\_N6



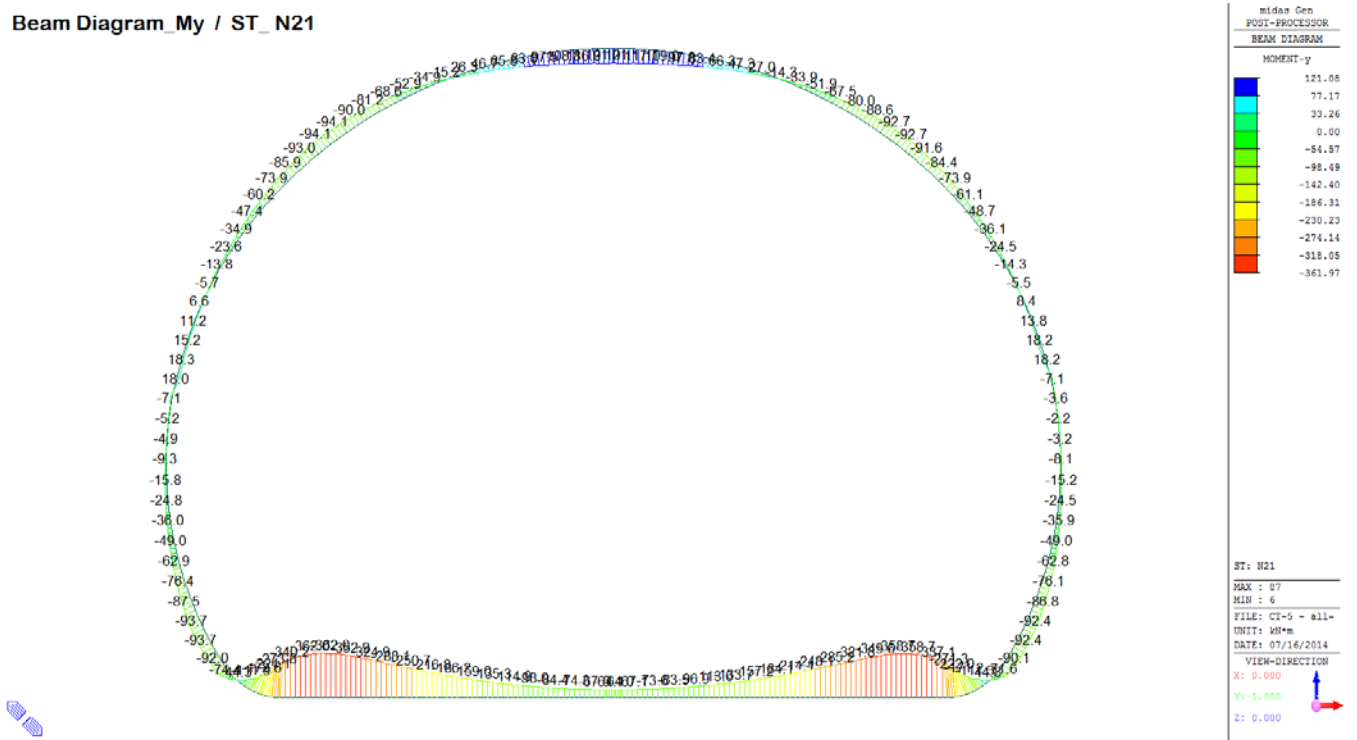


A.5.4.7. Load combination SLU 21 CT5 T2

Beam Diagram\_Fx / ST\_N21

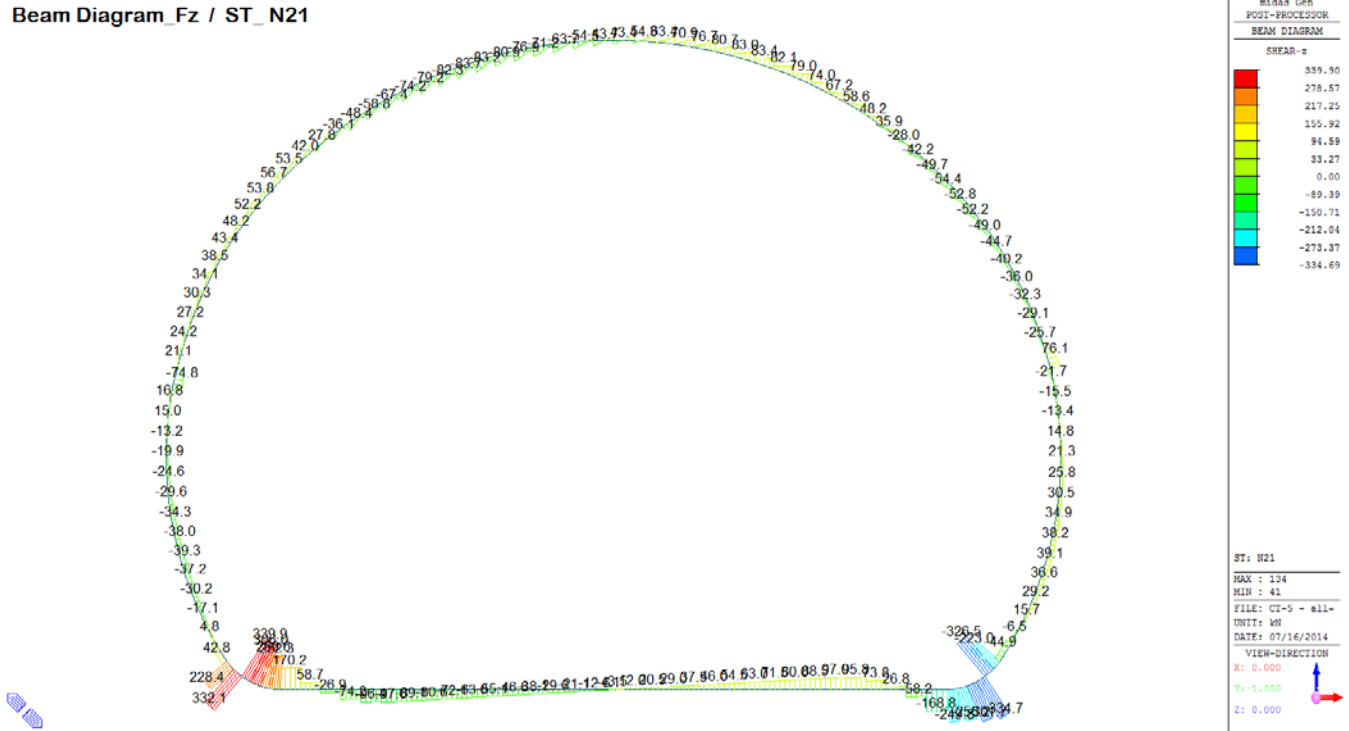


Beam Diagram\_My / ST\_N21



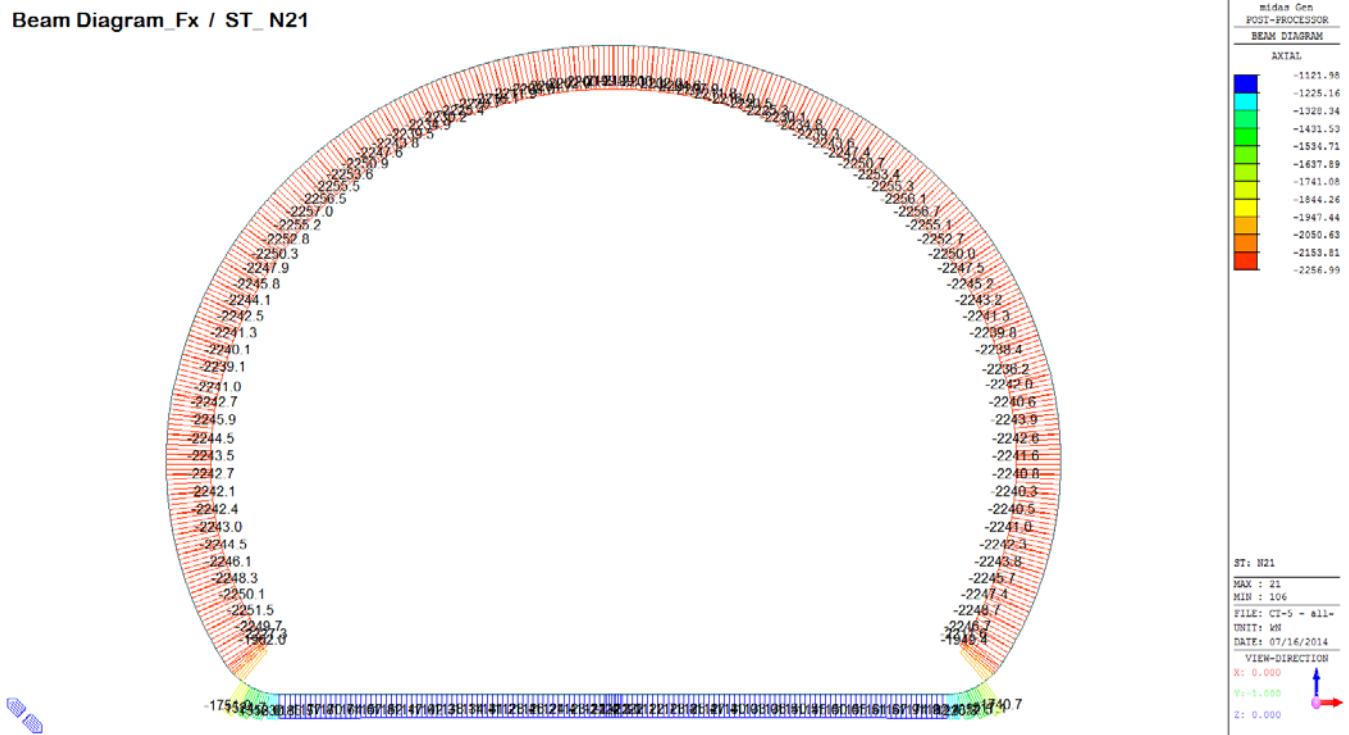


Beam Diagram\_Fz / ST\_N21

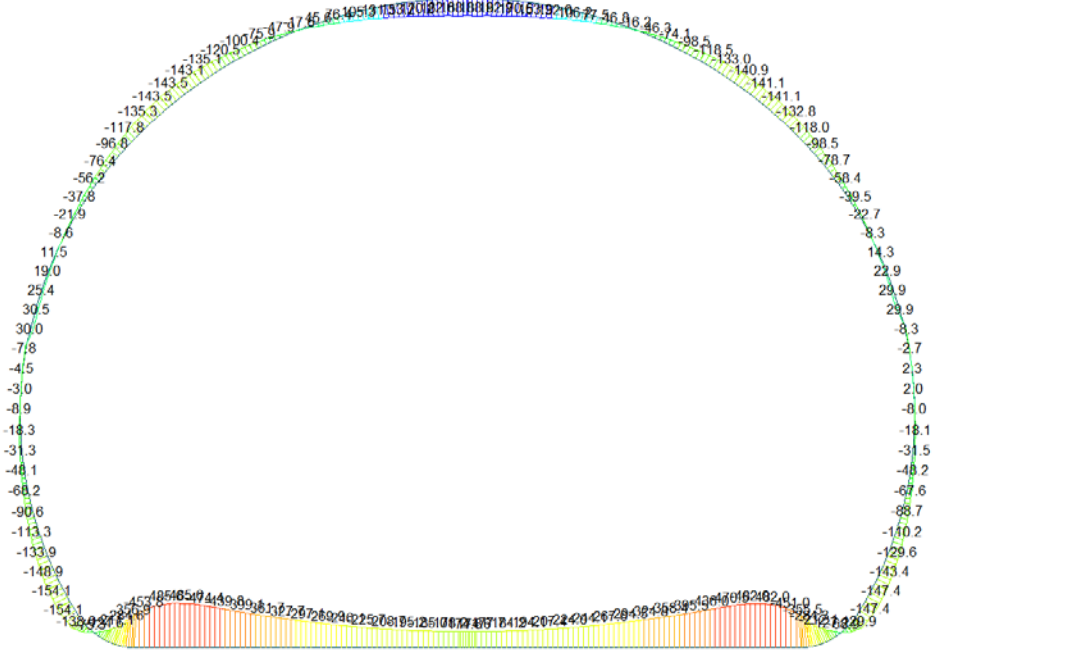


A.5.4.8. Load combination SLU 21 CT5 T3

Beam Diagram\_Fx / ST\_N21



Beam Diagram\_My / ST\_N21



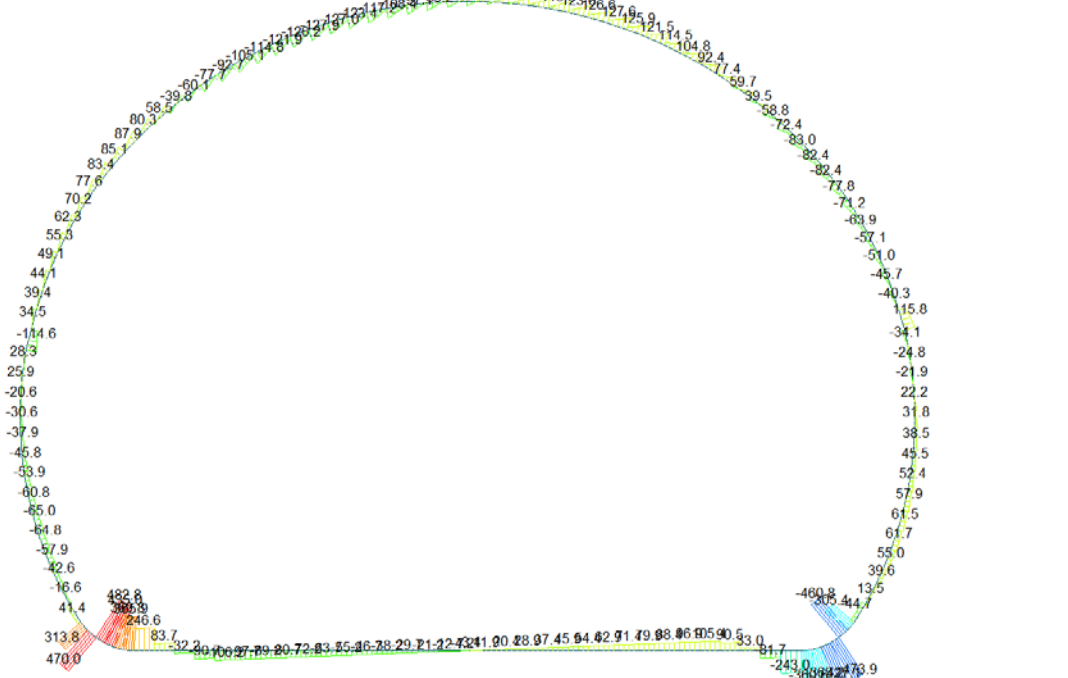
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

188.95
127.62
66.30
0.00
-56.35
-117.67
-178.99
-240.32
-301.64
-362.97
-424.29
-485.61

ST: N21  
MAX : 87  
MIN : 6  
FILE: CT-5 - all-  
UNIT: kN\*m  
DATE: 07/16/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz / ST\_N21



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

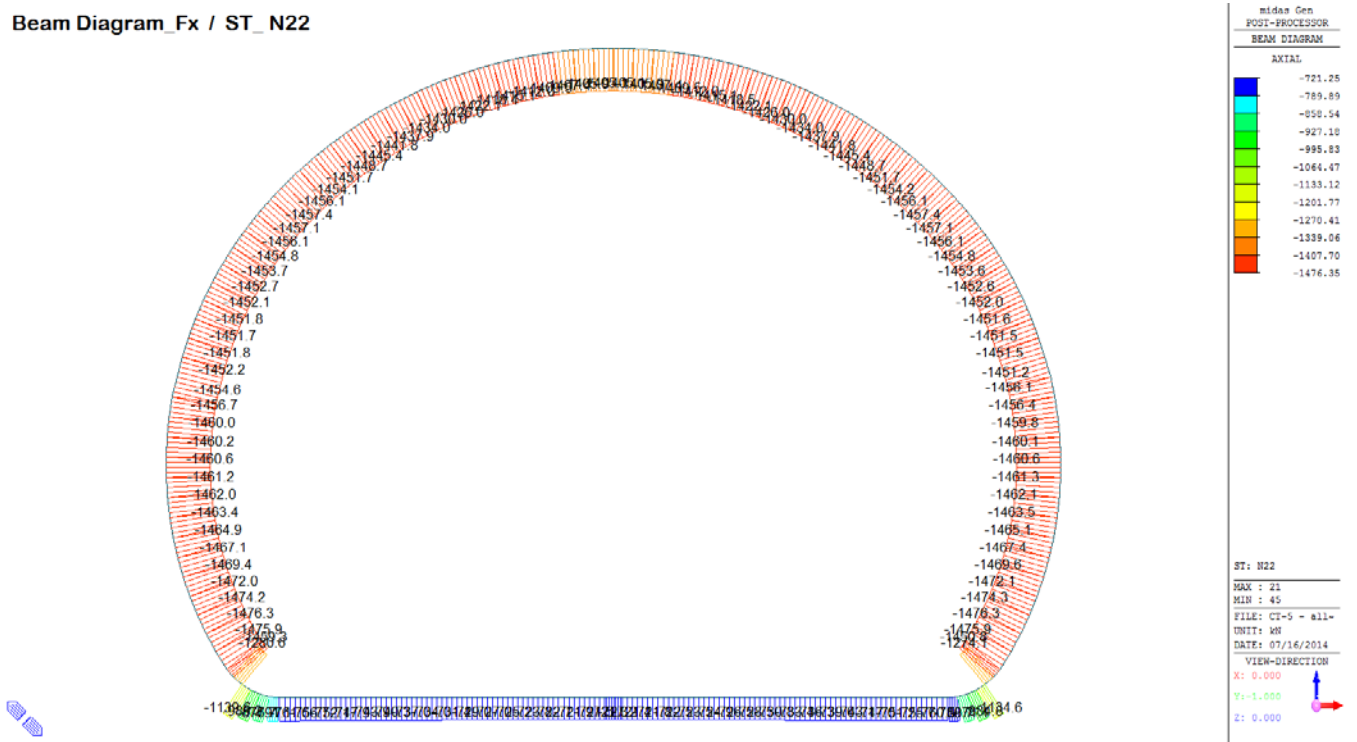
SHEAR-z

482.85
395.87
308.89
221.91
134.92
47.94
0.00
-126.02
-213.00
-299.98
-386.96
-473.95

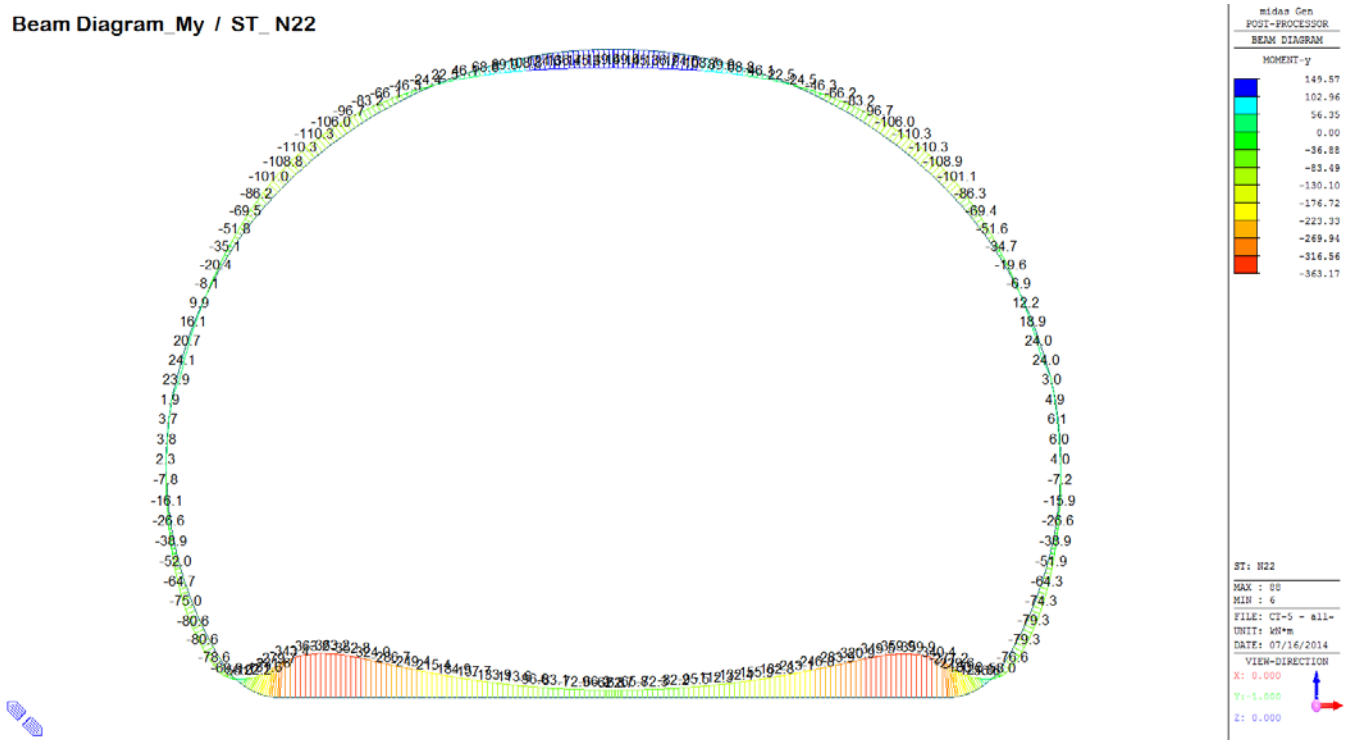
ST: N21  
MAX : 134  
MIN : 43  
FILE: CT-5 - all-  
UNIT: kN  
DATE: 07/16/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

A.5.4.9. Load combination SLU 22 CT5 T2

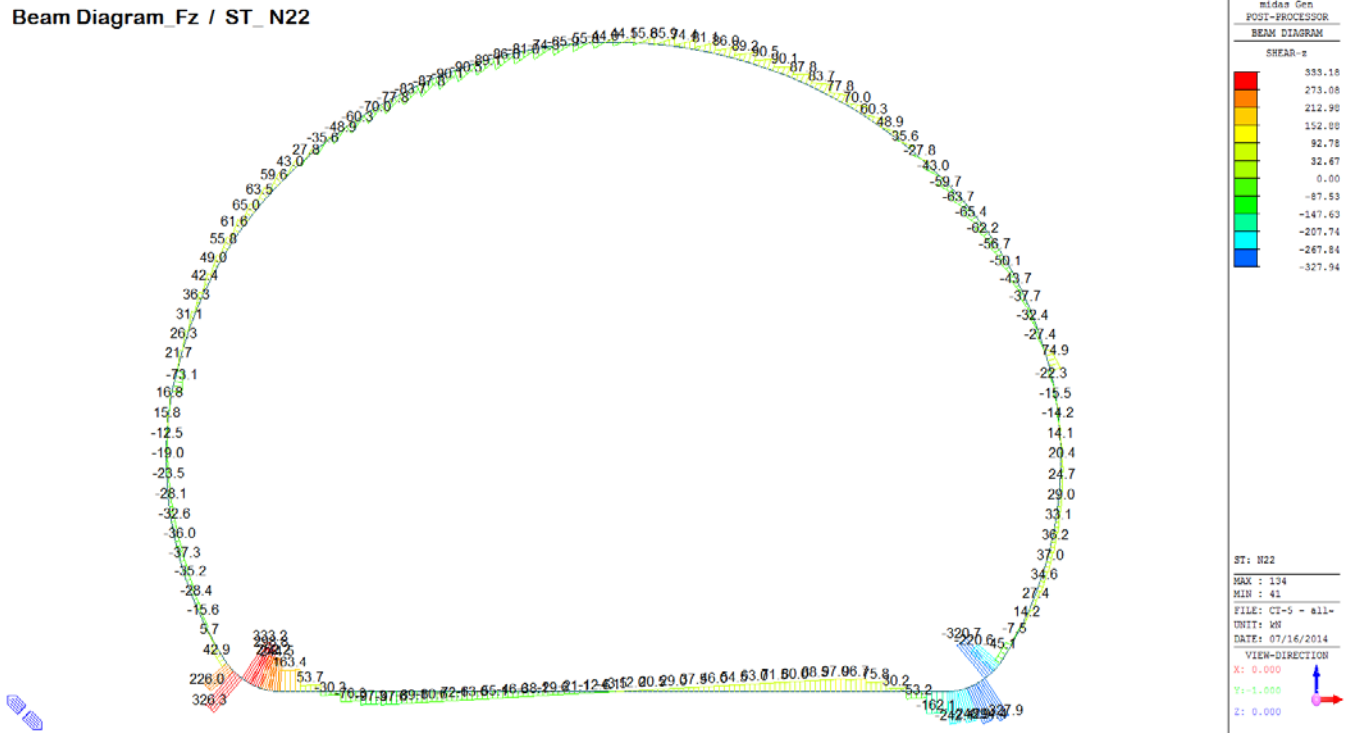
Beam Diagram Fx / ST\_N22



Beam Diagram My / ST\_N22

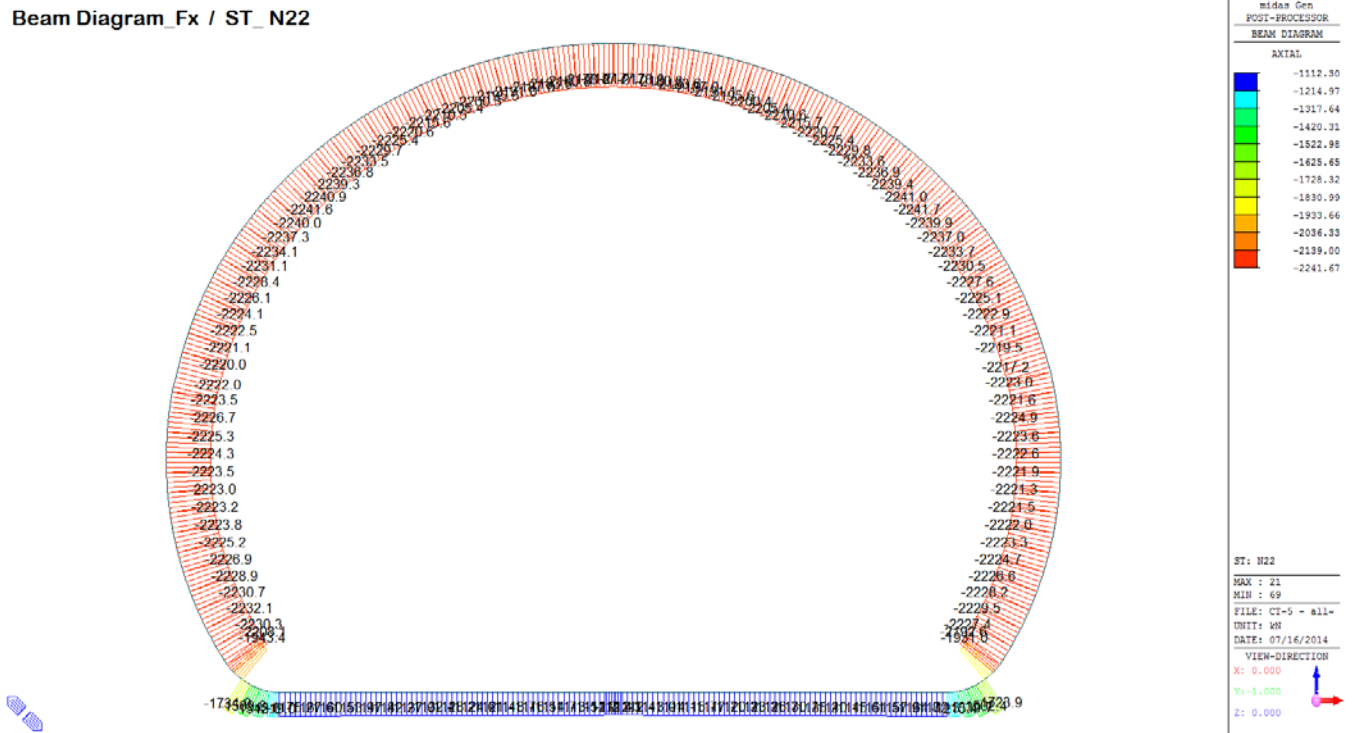


Beam Diagram\_Fz / ST\_N22

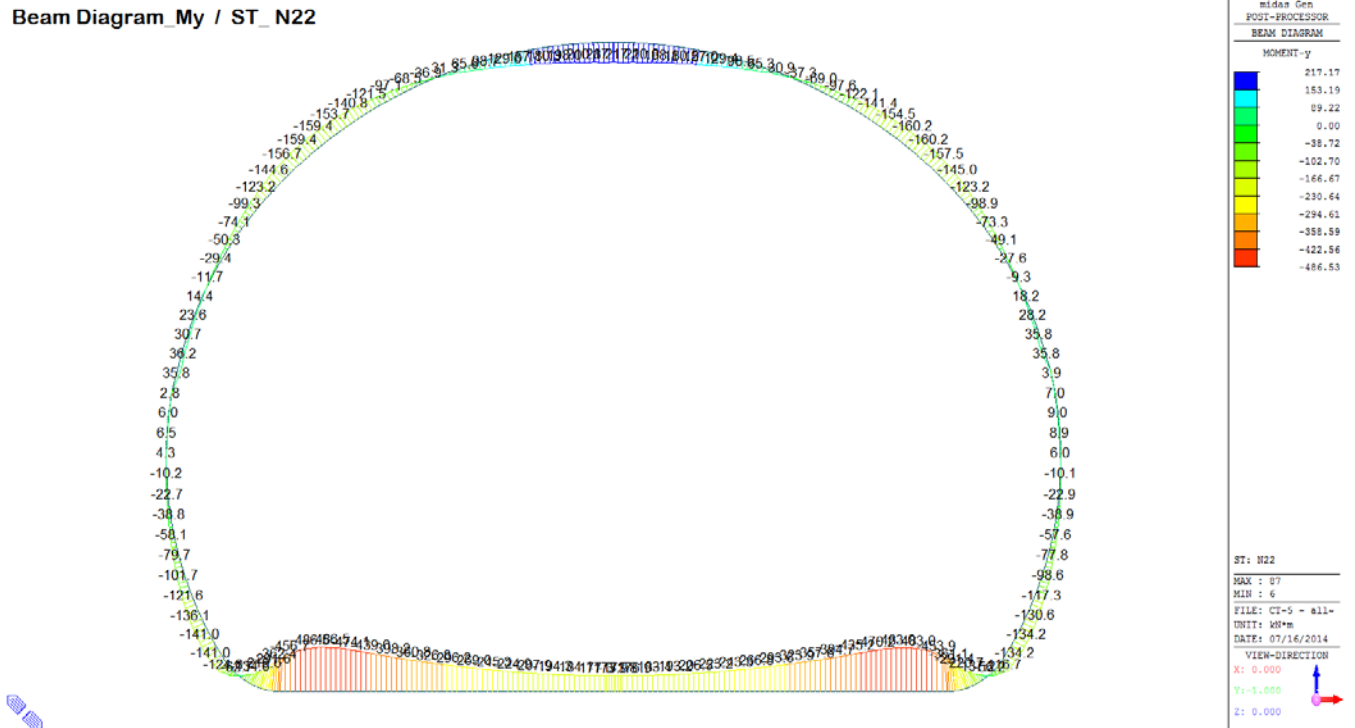


A.5.4.10. Load combination SLU 22 CT5 T3

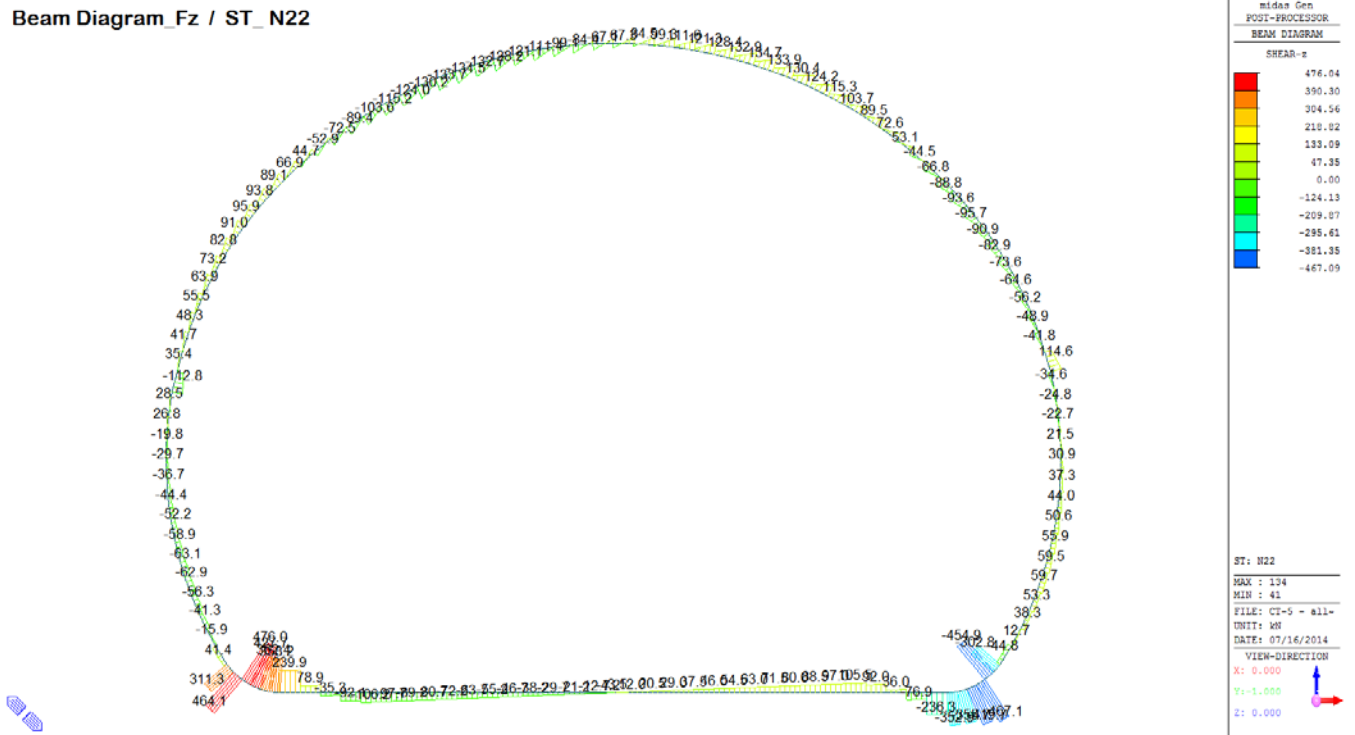
Beam Diagram\_Fx / ST\_N22



Beam Diagram\_My / ST\_N22



Beam Diagram\_Fz / ST\_N22



A.5.4.11. Rebarred sections ratio cheking – CT5 T2

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
1	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1321.610	263.928	0.000	474.463	-	418.721
7	1.00	0.85								<b>0.158</b>	<b>0.157</b>	0.000	0.883	-	<b>0.883</b>
2	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	<b>1172.760</b>	<b>329.355</b>	0.000	452.658	-	<b>356.370</b>
7	1.00	0.85								<b>0.179</b>	<b>0.180</b>	0.000	0.787	-	<b>0.787</b>
3	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1059.560	392.151	0.000	435.764	-	346.856
7	1.00	0.85								<b>0.232</b>	<b>0.233</b>	0.000	0.796	-	<b>0.796</b>
4	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1020.860	473.876	0.000	429.911	-	235.416
7	1.00	0.85								<b>0.358</b>	<b>0.350</b>	0.000	0.548	-	<b>0.548</b>
5	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1014.280	497.009	0.000	428.954	-	83.559
7	1.00	0.85								<b>0.379</b>	<b>0.380</b>	0.000	0.195	-	<b>0.195</b>
6	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1008.140	497.009	0.000	424.070	-	47.807
7	1.00	0.85								<b>0.377</b>	<b>0.380</b>	0.000	0.113	-	<b>0.113</b>
7	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1002.430	480.181	0.000	423.265	-	107.729
7	1.00	0.85								<b>0.374</b>	<b>0.367</b>	0.000	0.255	-	<b>0.255</b>
8	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1025.080	438.766	0.000	422.520	-	133.881
7	1.00	0.85								<b>0.306</b>	<b>0.299</b>	0.000	0.317	-	<b>0.317</b>
9	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	992.310	388.127	0.000	421.835	-	131.818
7	1.00	0.85								<b>0.249</b>	<b>0.244</b>	0.000	0.312	-	<b>0.312</b>
10	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1015.520	338.944	0.000	421.211	-	120.343
7	1.00	0.85								<b>0.194</b>	<b>0.192</b>	0.000	0.286	-	<b>0.286</b>
11	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	983.892	291.853	0.000	420.647	-	108.868
7	1.00	0.85								<b>0.164</b>	<b>0.161</b>	0.000	0.259	-	<b>0.259</b>
12	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1007.710	251.838	0.000	420.143	-	97.393
7	1.00	0.85								<b>0.140</b>	<b>0.140</b>	0.000	0.232	-	<b>0.232</b>
13	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1004.450	215.171	0.000	419.698	-	85.918
7	1.00	0.85								<b>0.126</b>	<b>0.125</b>	0.000	0.205	-	<b>0.205</b>
14	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1001.630	183.093	0.000	419.312	-	74.443
7	1.00	0.85								<b>0.112</b>	<b>0.114</b>	0.000	0.178	-	<b>0.178</b>
15	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	999.236	155.605	0.000	418.985	-	62.962
7	1.00	0.85								<b>0.103</b>	<b>0.105</b>	0.000	0.150	-	<b>0.150</b>
16	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	997.272	132.707	0.000	418.718	-	51.493
7	1.00	0.85								<b>0.097</b>	<b>0.097</b>	0.000	0.123	-	<b>0.123</b>
17	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	995.737	114.399	0.000	418.509	-	40.018
7	1.00	0.85								<b>0.093</b>	<b>0.091</b>	0.000	0.096	-	<b>0.096</b>
18	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	994.631	100.681	0.000	418.359	-	28.543
7	1.00	0.85								<b>0.088</b>	<b>0.088</b>	0.000	0.068	-	<b>0.068</b>
19	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	993.952	91.553	0.000	418.268	-	17.068
7	1.00	0.85								<b>0.086</b>	<b>0.086</b>	0.000	0.041	-	<b>0.041</b>
20	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	12	14-2-P16	14'557	993.700	87.016	0.000	296.074	-	4.285
7	1.00	0.85								<b>0.085</b>	<b>0.086</b>	0.000	0.014	-	<b>0.014</b>
21	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	12	14-2-P16	14'557	993.641	86.860	0.000	296.074	-	4.330
7	1.00	0.85								<b>0.085</b>	<b>0.086</b>	0.000	0.015	-	<b>0.015</b>
22	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	993.774	91.052	0.000	418.251	-	16.232
7	1.00	0.85								<b>0.086</b>	<b>0.085</b>	0.000	0.039	-	<b>0.039</b>
23	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	994.335	99.834	0.000	418.330	-	27.707
7	1.00	0.85								<b>0.088</b>	<b>0.089</b>	0.000	0.066	-	<b>0.066</b>
24	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	995.323	113.206	0.000	418.468	-	39.182
7	1.00	0.85								<b>0.091</b>	<b>0.093</b>	0.000	0.094	-	<b>0.094</b>
25	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	996.740	131.168	0.000	418.665	-	50.657
7	1.00	0.85								<b>0.096</b>	<b>0.098</b>	0.000	0.121	-	<b>0.121</b>
26	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	998.584	153.720	0.000	418.920	-	62.132
7	1.00	0.85								<b>0.103</b>	<b>0.104</b>	0.000	0.148	-	<b>0.148</b>
27	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1000.860	180.863	0.000	419.235	-	73.607
7	1.00	0.85								<b>0.111</b>	<b>0.113</b>	0.000	0.176	-	<b>0.176</b>
28	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1003.560	212.595	0.000	419.608	-	85.082
7	1.00	0.85								<b>0.124</b>	<b>0.124</b>	0.000	0.203	-	<b>0.203</b>
29	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1006.700	248.917	0.000	420.041	-	96.557
7	1.00	0.85								<b>0.137</b>	<b>0.139</b>	0.000	0.230	-	<b>0.230</b>
30	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1010.270	289.829	0.000	420.534	-	108.032
7	1.00	0.85								<b>0.159</b>	<b>0.158</b>	0.000	0.257	-	<b>0.257</b>

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
31	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1014.270	335.331	0.000	421.086	-	119.507
7	1.00	0.85								<b>0.194</b>	<b>0.190</b>	0.000	0.284	-	<b>0.284</b>
32	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	991.336	384.300	0.000	421.698	-	130.982
7	1.00	0.85								<b>0.239</b>	<b>0.238</b>	0.000	0.311	-	<b>0.311</b>
33	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	996.098	435.231	0.000	422.370	-	133.064
7	1.00	0.85								<b>0.297</b>	<b>0.296</b>	0.000	0.315	-	<b>0.315</b>
34	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1001.290	475.790	0.000	423.103	-	107.136
7	1.00	0.85								<b>0.351</b>	<b>0.352</b>	0.000	0.253	-	<b>0.253</b>
35	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1006.910	492.574	0.000	423.896	-	47.698
7	1.00	0.85								<b>0.376</b>	<b>0.376</b>	0.000	0.113	-	<b>0.113</b>
36	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1012.960	492.574	0.000	428.691	-	82.864
7	1.00	0.85								<b>0.378</b>	<b>0.376</b>	0.000	0.193	-	<b>0.193</b>
37	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1019.450	469.718	0.000	429.630	-	233.513
7	1.00	0.85								<b>0.328</b>	<b>0.332</b>	0.000	0.544	-	<b>0.544</b>
38	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1057.760	388.738	0.000	435.423	-	343.495
7	1.00	0.85								<b>0.231</b>	<b>0.231</b>	0.000	0.789	-	<b>0.789</b>
39	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1169.760	326.604	0.000	452.140	-	351.754
7	1.00	0.85								<b>0.178</b>	<b>0.178</b>	0.000	0.778	-	<b>0.778</b>
40	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1317.040	262.107	0.000	473.718	-	412.777
7	1.00	0.85								<b>0.157</b>	<b>0.156</b>	0.000	0.871	-	<b>0.871</b>
41	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1517.720	185.102	0.000	502.858	-	456.762
7	1.00	0.85								<b>0.144</b>	<b>0.142</b>	0.000	0.908	-	<b>0.908</b>
42	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	14'321	1705.160	98.686	0.000	529.899	-	444.888
7	1.00	0.85								<b>0.137</b>	<b>0.139</b>	0.000	0.840	-	<b>0.840</b>
43	100 x 70		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	11'930	1993.870	108.443	0.000	519.770	-	302.862
6	1.00	0.70								<b>0.197</b>	<b>0.196</b>	0.000	0.583	-	<b>0.583</b>
44	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	10'337	2024.540	133.401	0.000	476.962	-	61.062
5	1.00	0.60								<b>0.248</b>	<b>0.248</b>	0.000	0.128	-	<b>0.128</b>
45	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	12	14-2-P14	10'337	2025.180	136.269	0.000	243.931	-	10.180
5	1.00	0.60								<b>0.248</b>	<b>0.253</b>	0.000	0.042	-	<b>0.042</b>
46	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8'743	2029.480	136.269	0.000	400.772	-	22.351
4	1.00	0.50								<b>0.310</b>	<b>0.317</b>	0.000	0.056	-	<b>0.056</b>
47	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8'743	2026.440	128.195	0.000	400.772	-	40.932
4	1.00	0.50								<b>0.307</b>	<b>0.304</b>	0.000	0.102	-	<b>0.102</b>
48	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'946	2022.850	113.189	0.000	362.283	-	51.159
3	1.00	0.45								<b>0.335</b>	<b>0.333</b>	0.000	0.141	-	<b>0.141</b>
49	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'946	2019.700	94.637	0.000	362.283	-	54.617
3	1.00	0.45								<b>0.317</b>	<b>0.324</b>	0.000	0.151	-	<b>0.151</b>
50	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'149	2016.570	75.196	0.000	323.463	-	53.292
2	1.00	0.40								<b>0.346</b>	<b>0.340</b>	0.000	0.165	-	<b>0.165</b>
51	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'149	2014.290	56.811	0.000	323.463	-	48.715
2	1.00	0.40								<b>0.327</b>	<b>0.325</b>	0.000	0.151	-	<b>0.151</b>
52	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6'352	2012.260	40.745	0.000	284.237	-	42.530
1	1.00	0.35								<b>0.359</b>	<b>0.351</b>	0.000	0.150	-	<b>0.150</b>
53	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6'352	2011.170	27.659	0.000	284.237	-	35.937
1	1.00	0.35								<b>0.343</b>	<b>0.348</b>	0.000	0.126	-	<b>0.126</b>
54	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6'352	2010.300	17.692	0.000	284.237	-	29.605
1	1.00	0.35								<b>0.334</b>	<b>0.334</b>	0.000	0.104	-	<b>0.104</b>
55	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	1953.030	20.657	0.000	284.237	-	20.606
1	1.00	0.35								<b>0.328</b>	<b>0.326</b>	0.000	0.072	-	<b>0.072</b>
56	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1957.380	20.657	0.000	284.237	-	20.854
1	1.00	0.35								<b>0.328</b>	<b>0.326</b>	0.000	0.073	-	<b>0.073</b>
57	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1948.240	15.956	0.000	284.237	-	22.077
1	1.00	0.35								<b>0.322</b>	<b>0.327</b>	0.000	0.078	-	<b>0.078</b>
58	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	1999.680	15.557	0.000	284.237	-	31.939
1	1.00	0.35								<b>0.330</b>	<b>0.333</b>	0.000	0.112	-	<b>0.112</b>
59	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	1941.570	42.595	0.000	284.237	-	103.231
1	1.00	0.35								<b>0.350</b>	<b>0.347</b>	0.000	0.363	-	<b>0.363</b>
60	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1946.680	42.595	0.000	284.237	-	40.363
1	1.00	0.35								<b>0.351</b>	<b>0.347</b>	0.000	0.142	-	<b>0.142</b>



SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		f <sub>ck</sub>	f <sub>yk</sub>	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N <sub>Rdmax</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Edy</sub>	M <sub>Edz</sub>	V <sub>Rdc</sub>	V <sub>Rds</sub>	V <sub>Ed</sub>
SECTION	B <sub>c</sub> (m)	H <sub>c</sub> (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
61	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1946.910	34.364	0.000	284.237	-	49.106
1	1.00	0.35								<b>0.341</b>	<b>0.337</b>	0.000	0.173	-	<b>0.173</b>
62	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1947.460	23.115	0.000	284.237	-	58.215
1	1.00	0.35								<b>0.330</b>	<b>0.324</b>	0.000	0.205	-	<b>0.205</b>
63	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	1992.880	10.136	0.000	284.237	-	68.242
1	1.00	0.35								<b>0.324</b>	<b>0.319</b>	0.000	0.240	-	<b>0.240</b>
64	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	1945.850	30.787	0.000	284.237	-	78.399
1	1.00	0.35								<b>0.337</b>	<b>0.339</b>	0.000	0.276	-	<b>0.276</b>
65	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1947.900	55.673	0.000	284.237	-	87.956
1	1.00	0.35								<b>0.367</b>	<b>0.359</b>	0.000	0.309	-	<b>0.309</b>
66	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1950.120	82.708	0.000	284.237	-	94.513
1	1.00	0.35								<b>0.404</b>	<b>0.396</b>	0.000	0.333	-	<b>0.333</b>
67	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1952.260	109.671	0.000	284.237	-	95.508
1	1.00	0.35								<b>0.447</b>	<b>0.439</b>	0.000	0.336	-	<b>0.336</b>
68	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1953.620	132.546	0.000	284.237	-	86.460
1	1.00	0.35								<b>0.486</b>	<b>0.481</b>	0.000	0.304	-	<b>0.304</b>
69	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1953.280	148.236	0.000	284.237	-	69.660
1	1.00	0.35								<b>0.518</b>	<b>0.509</b>	0.000	0.245	-	<b>0.245</b>
70	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	1951.190	154.490	0.000	284.237	-	66.124
1	1.00	0.35								<b>0.528</b>	<b>0.523</b>	0.000	0.233	-	<b>0.233</b>
71	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	1951.390	154.490	0.000	284.237	-	62.712
1	1.00	0.35								<b>0.528</b>	<b>0.523</b>	0.000	0.221	-	<b>0.221</b>
72	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1947.610	152.277	0.000	284.237	-	57.783
1	1.00	0.35								<b>0.516</b>	<b>0.523</b>	0.000	0.203	-	<b>0.203</b>
73	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1943.220	142.573	0.000	284.237	-	75.192
1	1.00	0.35								<b>0.504</b>	<b>0.498</b>	0.000	0.265	-	<b>0.265</b>
74	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1938.350	126.363	0.000	284.237	-	90.117
1	1.00	0.35								<b>0.472</b>	<b>0.469</b>	0.000	0.317	-	<b>0.317</b>
75	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	1983.410	106.755	0.000	284.237	-	102.547
1	1.00	0.35								<b>0.445</b>	<b>0.440</b>	0.000	0.361	-	<b>0.361</b>
76	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	1979.180	92.853	0.000	284.237	-	112.474
1	1.00	0.35								<b>0.418</b>	<b>0.426</b>	0.000	0.396	-	<b>0.396</b>
77	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	1974.710	74.543	0.000	284.237	-	119.899
1	1.00	0.35								<b>0.394</b>	<b>0.394</b>	0.000	0.422	-	<b>0.422</b>
78	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	1970.100	52.803	0.000	284.237	-	124.825
1	1.00	0.35								<b>0.365</b>	<b>0.369</b>	0.000	0.439	-	<b>0.439</b>
79	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1908.840	51.767	0.000	284.237	-	127.260
1	1.00	0.35								<b>0.355</b>	<b>0.355</b>	0.000	0.448	-	<b>0.448</b>
80	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1903.590	85.631	0.000	284.237	-	127.219
1	1.00	0.35								<b>0.398</b>	<b>0.401</b>	0.000	0.448	-	<b>0.448</b>
81	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1898.630	118.050	0.000	284.237	-	124.720
1	1.00	0.35								<b>0.453</b>	<b>0.448</b>	0.000	0.439	-	<b>0.439</b>
82	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1894.090	148.055	0.000	284.237	-	119.789
1	1.00	0.35								<b>0.502</b>	<b>0.509</b>	0.000	0.421	-	<b>0.421</b>
83	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1890.060	174.684	0.000	284.237	-	112.453
1	1.00	0.35								<b>0.558</b>	<b>0.562</b>	0.000	0.396	-	<b>0.396</b>
84	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1886.660	196.992	0.000	284.237	-	102.746
1	1.00	0.35								<b>0.608</b>	<b>0.610</b>	0.000	0.361	-	<b>0.361</b>
85	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1883.980	214.048	0.000	284.237	-	90.706
1	1.00	0.35								<b>0.647</b>	<b>0.649</b>	0.000	0.319	-	<b>0.319</b>
86	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1882.130	224.936	0.000	284.237	-	76.376
1	1.00	0.35								<b>0.667</b>	<b>0.676</b>	0.000	0.269	-	<b>0.269</b>
87	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1881.210	228.762	0.000	284.237	-	59.804
1	1.00	0.35								<b>0.674</b>	<b>0.686</b>	0.000	0.210	-	<b>0.210</b>
88	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1881.210	228.762	0.000	284.237	-	59.795
1	1.00	0.35								<b>0.674</b>	<b>0.686</b>	0.000	0.210	-	<b>0.210</b>
89	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1882.130	224.939	0.000	284.237	-	76.368
1	1.00	0.35								<b>0.667</b>	<b>0.676</b>	0.000	0.269	-	<b>0.269</b>
90	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1883.980	214.055	0.000	284.237	-	90.697
1	1.00	0.35								<b>0.647</b>	<b>0.649</b>	0.000	0.319	-	<b>0.319</b>



SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		f <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	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	Bc (m)								Hc (m)	Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs
91	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1886.660	197.003	0.000	284.237	-	102.737
1	1.00	0.35								0.608	0.610	0.000	0.361	-	0.361
92	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1890.060	174.698	0.000	284.237	-	112.444
1	1.00	0.35								0.558	0.562	0.000	0.396	-	0.396
93	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1894.090	148.072	0.000	284.237	-	119.780
1	1.00	0.35								0.502	0.509	0.000	0.421	-	0.421
94	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1898.630	118.071	0.000	284.237	-	124.712
1	1.00	0.35								0.453	0.448	0.000	0.439	-	0.439
95	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1903.580	85.655	0.000	284.237	-	127.210
1	1.00	0.35								0.402	0.393	0.000	0.448	-	0.448
96	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1908.840	51.795	0.000	284.237	-	127.251
1	1.00	0.35								0.355	0.355	0.000	0.448	-	0.448
97	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	1970.320	54.947	0.000	284.237	-	124.816
1	1.00	0.35								0.368	0.369	0.000	0.439	-	0.439
98	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	1974.950	76.886	0.000	284.237	-	119.891
1	1.00	0.35								0.398	0.396	0.000	0.422	-	0.422
99	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	1979.450	95.390	0.000	284.237	-	112.467
1	1.00	0.35								0.422	0.429	0.000	0.396	-	0.396
100	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	1983.690	109.481	0.000	284.237	-	102.539
1	1.00	0.35								0.445	0.451	0.000	0.361	-	0.361
101	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1938.340	126.316	0.000	284.237	-	90.110
1	1.00	0.35								0.472	0.468	0.000	0.317	-	0.317
102	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1943.220	142.524	0.000	284.237	-	75.185
1	1.00	0.35								0.504	0.498	0.000	0.265	-	0.265
103	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1947.610	152.225	0.000	284.237	-	57.776
1	1.00	0.35								0.516	0.523	0.000	0.203	-	0.203
104	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	1951.390	154.436	0.000	284.237	-	65.902
1	1.00	0.35								0.528	0.522	0.000	0.232	-	0.232
105	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	1951.180	154.436	0.000	284.237	-	72.757
1	1.00	0.35								0.528	0.522	0.000	0.256	-	0.256
106	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	1953.270	148.178	0.000	284.237	-	71.390
1	1.00	0.35								0.518	0.509	0.000	0.251	-	0.251
107	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1953.610	132.486	0.000	284.237	-	86.219
1	1.00	0.35								0.486	0.481	0.000	0.303	-	0.303
108	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1952.250	109.708	0.000	284.237	-	94.988
1	1.00	0.35								0.447	0.439	0.000	0.334	-	0.334
109	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1950.130	82.953	0.000	284.237	-	93.684
1	1.00	0.35								0.404	0.398	0.000	0.330	-	0.330
110	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1947.950	56.249	0.000	284.237	-	86.803
1	1.00	0.35								0.367	0.363	0.000	0.305	-	0.305
111	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1945.950	31.824	0.000	284.237	-	76.928
1	1.00	0.35								0.338	0.336	0.000	0.271	-	0.271
112	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	1993.580	9.918	0.000	284.237	-	66.505
1	1.00	0.35								0.324	0.323	0.000	0.234	-	0.234
113	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1947.710	20.042	0.000	284.237	-	56.332
1	1.00	0.35								0.326	0.327	0.000	0.198	-	0.198
114	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1947.260	30.565	0.000	284.237	-	47.291
1	1.00	0.35								0.337	0.336	0.000	0.166	-	0.166
115	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1947.130	38.233	0.000	284.237	-	38.955
1	1.00	0.35								0.344	0.351	0.000	0.137	-	0.137
116	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	1947.390	43.280	0.000	284.237	-	31.205
1	1.00	0.35								0.351	0.352	0.000	0.110	-	0.110
117	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	1946.030	43.280	0.000	284.237	-	101.792
1	1.00	0.35								0.350	0.352	0.000	0.358	-	0.358
118	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	2001.170	15.636	0.000	284.237	-	23.801
1	1.00	0.35								0.330	0.335	0.000	0.084	-	0.084
119	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2005.620	13.048	0.000	284.237	-	22.982
1	1.00	0.35								0.329	0.323	0.000	0.081	-	0.081
120	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	1957.940	16.878	0.000	284.237	-	18.426
1	1.00	0.35								0.324	0.331	0.000	0.065	-	0.065

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
121	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6'352	2011.160	19.307	0.000	284.237	-	27.616
1	1.00	0.35								<b>0.335</b>	<b>0.338</b>	0.000	0.097	-	<b>0.097</b>
122	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6'352	2011.910	28.614	0.000	284.237	-	34.289
1	1.00	0.35								<b>0.345</b>	<b>0.343</b>	0.000	0.121	-	<b>0.121</b>
123	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6'352	2012.900	41.211	0.000	284.237	-	41.306
1	1.00	0.35								<b>0.359</b>	<b>0.355</b>	0.000	0.145	-	<b>0.145</b>
124	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'149	2014.850	56.973	0.000	323.463	-	47.957
2	1.00	0.40								<b>0.327</b>	<b>0.326</b>	0.000	0.148	-	<b>0.148</b>
125	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'149	2017.070	75.251	0.000	323.463	-	53.023
2	1.00	0.40								<b>0.346</b>	<b>0.341</b>	0.000	0.164	-	<b>0.164</b>
126	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'946	2020.170	94.786	0.000	362.283	-	54.853
3	1.00	0.45								<b>0.318</b>	<b>0.320</b>	0.000	0.151	-	<b>0.151</b>
127	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'946	2023.320	113.640	0.000	362.283	-	51.913
3	1.00	0.45								<b>0.335</b>	<b>0.335</b>	0.000	0.143	-	<b>0.143</b>
128	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8'743	2026.940	129.158	0.000	400.772	-	42.211
4	1.00	0.50								<b>0.307</b>	<b>0.306</b>	0.000	0.105	-	<b>0.105</b>
129	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8'743	2030.030	137.952	0.000	400.772	-	24.152
4	1.00	0.50								<b>0.313</b>	<b>0.314</b>	0.000	0.060	-	<b>0.060</b>
130	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	10'337	2032.940	136.008	0.000	243.932	-	9.745
5	1.00	0.60								<b>0.249</b>	<b>0.253</b>	0.000	0.040	-	<b>0.040</b>
131	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	10'337	2025.280	136.008	0.000	476.962	-	58.033
5	1.00	0.60								<b>0.249</b>	<b>0.253</b>	0.000	0.122	-	<b>0.122</b>
132	100 x 70		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	11'930	2006.070	112.211	0.000	521.469	-	310.113
6	1.00	0.70								<b>0.198</b>	<b>0.203</b>	0.000	0.595	-	<b>0.595</b>
133	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	14'321	1713.840	97.857	0.000	531.235	-	452.499
7	1.00	0.85								<b>0.138</b>	<b>0.138</b>	0.000	0.852	-	<b>0.852</b>
134	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1524.400	185.717	0.000	503.909	-	463.840
7	1.00	0.85								<b>0.144</b>	<b>0.142</b>	0.000	0.920	-	<b>0.920</b>

A.5.4.12. Rebarred sections ratio cheking – CT5 T3

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
1	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	2025.130	314.071	0.000	584.225	-	582.197
7	1.00	0.85								<b>0.209</b>	<b>0.212</b>	0.000	0.997	-	<b>0.997</b>
2	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	<b>1804.600</b>	<b>409.121</b>	0.000	541.772	-	<b>505.103</b>
7	1.00	0.85								<b>0.231</b>	<b>0.235</b>	0.000	0.932	-	<b>0.932</b>
3	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1636.980	502.374	0.000	517.181	-	500.219
7	1.00	0.85								<b>0.273</b>	<b>0.277</b>	0.000	0.967	-	<b>0.967</b>
4	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1578.910	625.434	0.000	508.594	-	338.384
7	1.00	0.85								<b>0.396</b>	<b>0.393</b>	0.000	0.665	-	<b>0.665</b>
5	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1568.690	662.385	0.000	507.124	-	117.098
7	1.00	0.85								<b>0.446</b>	<b>0.441</b>	0.000	0.231	-	<b>0.231</b>
6	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1559.140	662.385	0.000	501.858	-	53.540
7	1.00	0.85								<b>0.443</b>	<b>0.441</b>	0.000	0.107	-	<b>0.107</b>
7	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1550.260	643.264	0.000	500.605	-	127.456
7	1.00	0.85								<b>0.404</b>	<b>0.411</b>	0.000	0.255	-	<b>0.255</b>
8	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1542.050	594.576	0.000	499.446	-	143.402
7	1.00	0.85								<b>0.372</b>	<b>0.368</b>	0.000	0.287	-	<b>0.287</b>
9	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1534.500	539.511	0.000	498.380	-	131.927
7	1.00	0.85								<b>0.308</b>	<b>0.311</b>	0.000	0.265	-	<b>0.265</b>
10	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1554.590	488.191	0.000	497.408	-	120.452
7	1.00	0.85								<b>0.278</b>	<b>0.273</b>	0.000	0.242	-	<b>0.242</b>
11	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1548.230	442.303	0.000	496.528	-	108.977
7	1.00	0.85								<b>0.244</b>	<b>0.242</b>	0.000	0.219	-	<b>0.219</b>
12	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1542.550	401.005	0.000	495.741	-	97.502
7	1.00	0.85								<b>0.219</b>	<b>0.222</b>	0.000	0.197	-	<b>0.197</b>
13	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1537.520	364.297	0.000	495.046	-	86.027
7	1.00	0.85								<b>0.206</b>	<b>0.205</b>	0.000	0.174	-	<b>0.174</b>
14	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1506.610	333.032	0.000	494.442	-	74.552
7	1.00	0.85								<b>0.189</b>	<b>0.193</b>	0.000	0.151	-	<b>0.151</b>
15	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1529.460	304.651	0.000	493.930	-	63.077
7	1.00	0.85								<b>0.183</b>	<b>0.182</b>	0.000	0.128	-	<b>0.128</b>
16	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1526.420	281.713	0.000	493.509	-	51.602
7	1.00	0.85								<b>0.173</b>	<b>0.174</b>	0.000	0.105	-	<b>0.105</b>
17	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1524.030	263.365	0.000	493.179	-	40.127
7	1.00	0.85								<b>0.166</b>	<b>0.168</b>	0.000	0.081	-	<b>0.081</b>
18	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1495.970	250.470	0.000	492.940	-	28.652
7	1.00	0.85								<b>0.163</b>	<b>0.160</b>	0.000	0.058	-	<b>0.058</b>
19	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1521.210	240.439	0.000	492.792	-	17.177
7	1.00	0.85								<b>0.159</b>	<b>0.160</b>	0.000	0.035	-	<b>0.035</b>
20	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	12	14-2-P16	14'557	1520.790	235.861	0.000	296.074	-	4.285
7	1.00	0.85								<b>0.157</b>	<b>0.159</b>	0.000	0.014	-	<b>0.014</b>
21	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	12	14-2-P16	14'557	1520.660	235.669	0.000	296.074	-	4.330
7	1.00	0.85								<b>0.157</b>	<b>0.159</b>	0.000	0.015	-	<b>0.015</b>
22	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1520.820	239.821	0.000	492.742	-	16.123
7	1.00	0.85								<b>0.159</b>	<b>0.160</b>	0.000	0.033	-	<b>0.033</b>
23	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1521.640	248.563	0.000	492.857	-	27.598
7	1.00	0.85								<b>0.163</b>	<b>0.161</b>	0.000	0.056	-	<b>0.056</b>
24	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1523.120	261.895	0.000	493.063	-	39.073
7	1.00	0.85								<b>0.166</b>	<b>0.167</b>	0.000	0.079	-	<b>0.079</b>
25	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1498.940	280.696	0.000	493.360	-	50.548
7	1.00	0.85								<b>0.170</b>	<b>0.174</b>	0.000	0.102	-	<b>0.102</b>
26	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1528.030	302.329	0.000	493.747	-	62.023
7	1.00	0.85								<b>0.179</b>	<b>0.182</b>	0.000	0.126	-	<b>0.126</b>
27	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1531.470	329.431	0.000	494.226	-	73.498
7	1.00	0.85								<b>0.193</b>	<b>0.191</b>	0.000	0.149	-	<b>0.149</b>
28	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1535.570	361.123	0.000	494.796	-	84.973
7	1.00	0.85								<b>0.206</b>	<b>0.204</b>	0.000	0.172	-	<b>0.172</b>
29	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1513.810	398.293	0.000	495.458	-	96.448
7	1.00	0.85								<b>0.215</b>	<b>0.220</b>	0.000	0.195	-	<b>0.195</b>
30	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	14'557	1545.750	438.278	0.000	496.212	-	107.923
7	1.00	0.85								<b>0.244</b>	<b>0.240</b>	0.000	0.217	-	<b>0.217</b>

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		f <sub>ck</sub>	f <sub>yk</sub>	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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
31	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1525.140	484.632	0.000	497.058	-	119.398
7	1.00	0.85								<b>0.273</b>	<b>0.271</b>	0.000	0.240	-	<b>0.240</b>
32	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1531.780	534.687	0.000	497.996	-	130.873
7	1.00	0.85								<b>0.300</b>	<b>0.306</b>	0.000	0.263	-	<b>0.263</b>
33	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1539.090	589.331	0.000	499.028	-	142.348
7	1.00	0.85								<b>0.372</b>	<b>0.364</b>	0.000	0.285	-	<b>0.285</b>
34	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1547.060	637.498	0.000	500.152	-	127.256
7	1.00	0.85								<b>0.403</b>	<b>0.408</b>	0.000	0.254	-	<b>0.254</b>
35	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	14'557	1555.690	657.470	0.000	501.371	-	54.568
7	1.00	0.85								<b>0.442</b>	<b>0.438</b>	0.000	0.109	-	<b>0.109</b>
36	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1564.990	657.470	0.000	506.544	-	114.400
7	1.00	0.85								<b>0.445</b>	<b>0.438</b>	0.000	0.226	-	<b>0.226</b>
37	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1574.960	621.601	0.000	507.976	-	333.486
7	1.00	0.85								<b>0.395</b>	<b>0.391</b>	0.000	0.657	-	<b>0.657</b>
38	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1632.140	500.498	0.000	516.432	-	492.974
7	1.00	0.85								<b>0.272</b>	<b>0.276</b>	0.000	0.955	-	<b>0.955</b>
39	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	1797.360	408.688	0.000	540.681	-	496.139
7	1.00	0.85								<b>0.230</b>	<b>0.235</b>	0.000	0.918	-	<b>0.918</b>
40	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	2015.050	315.449	0.000	584.225	-	582.197
7	1.00	0.85								<b>0.208</b>	<b>0.213</b>	0.000	0.997	-	<b>0.997</b>
41	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	2312.370	204.749	0.000	657.400	-	656.882
7	1.00	0.85								<b>0.199</b>	<b>0.197</b>	0.000	0.999	-	<b>0.999</b>
42	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	14'321	2639.470	104.127	0.000	654.949	-	626.286
7	1.00	0.85								<b>0.202</b>	<b>0.204</b>	0.000	0.956	-	<b>0.956</b>
43	100 x 70		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	11'930	2994.220	186.851	0.000	552.334	-	414.247
6	1.00	0.70								<b>0.303</b>	<b>0.302</b>	0.000	0.750	-	<b>0.750</b>
44	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	10'337	3038.130	210.546	0.000	476.962	-	60.486
5	1.00	0.60								<b>0.379</b>	<b>0.373</b>	0.000	0.127	-	<b>0.127</b>
45	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	12	14-2-P14	10'337	3040.900	204.961	0.000	243.931	-	10.180
5	1.00	0.60								<b>0.373</b>	<b>0.381</b>	0.000	0.042	-	<b>0.042</b>
46	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8'743	3046.220	204.961	0.000	400.772	-	54.496
4	1.00	0.50								<b>0.468</b>	<b>0.472</b>	0.000	0.136	-	<b>0.136</b>
47	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8'743	3043.940	185.938	0.000	400.772	-	75.596
4	1.00	0.50								<b>0.452</b>	<b>0.461</b>	0.000	0.189	-	<b>0.189</b>
48	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'946	3041.230	159.191	0.000	362.283	-	84.859
3	1.00	0.45								<b>0.494</b>	<b>0.490</b>	0.000	0.234	-	<b>0.234</b>
49	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'946	3039.200	129.500	0.000	362.283	-	84.790
3	1.00	0.45								<b>0.468</b>	<b>0.472</b>	0.000	0.234	-	<b>0.234</b>
50	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'149	3037.410	100.331	0.000	323.463	-	79.839
2	1.00	0.40								<b>0.507</b>	<b>0.505</b>	0.000	0.247	-	<b>0.247</b>
51	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'149	3036.640	73.452	0.000	323.463	-	72.284
2	1.00	0.40								<b>0.483</b>	<b>0.480</b>	0.000	0.223	-	<b>0.223</b>
52	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6'352	3036.290	50.299	0.000	284.237	-	62.785
1	1.00	0.35								<b>0.528</b>	<b>0.532</b>	0.000	0.221	-	<b>0.221</b>
53	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6'352	3037.020	31.667	0.000	284.237	-	53.029
1	1.00	0.35								<b>0.510</b>	<b>0.500</b>	0.000	0.187	-	<b>0.187</b>
54	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6'352	3038.090	17.636	0.000	284.237	-	43.800
1	1.00	0.35								<b>0.496</b>	<b>0.488</b>	0.000	0.154	-	<b>0.154</b>
55	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	2982.280	24.248	0.000	284.237	-	30.546
1	1.00	0.35								<b>0.493</b>	<b>0.497</b>	0.000	0.107	-	<b>0.107</b>
56	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2988.790	24.248	0.000	284.237	-	32.190
1	1.00	0.35								<b>0.494</b>	<b>0.497</b>	0.000	0.113	-	<b>0.113</b>
57	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2984.440	20.859	0.000	284.237	-	34.342
1	1.00	0.35								<b>0.490</b>	<b>0.491</b>	0.000	0.121	-	<b>0.121</b>
58	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3033.980	17.178	0.000	284.237	-	48.255
1	1.00	0.35								<b>0.494</b>	<b>0.490</b>	0.000	0.170	-	<b>0.170</b>
59	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	2974.140	59.086	0.000	284.237	-	156.899
1	1.00	0.35								<b>0.528</b>	<b>0.525</b>	0.000	0.552	-	<b>0.552</b>
60	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2981.770	59.086	0.000	284.237	-	59.267
1	1.00	0.35								<b>0.530</b>	<b>0.525</b>	0.000	0.209	-	<b>0.209</b>

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck [N/mm <sup>2</sup> ]	fyk [N/mm <sup>2</sup> ]	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	Bc (m)								Hc (m)	Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs
61	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2984.190	47.650	0.000	284.237	-	70.658
1	1.00	0.35								0.516	0.524	0.000	0.249	-	0.249
62	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2986.980	32.351	0.000	284.237	-	82.541
1	1.00	0.35								0.501	0.511	0.000	0.290	-	0.290
63	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3035.520	13.296	0.000	284.237	-	95.885
1	1.00	0.35								0.491	0.484	0.000	0.337	-	0.337
64	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3038.050	30.636	0.000	284.237	-	109.826
1	1.00	0.35								0.507	0.517	0.000	0.386	-	0.386
65	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2994.930	73.610	0.000	284.237	-	123.614
1	1.00	0.35								0.549	0.540	0.000	0.435	-	0.435
66	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2999.920	110.877	0.000	284.237	-	134.222
1	1.00	0.35								0.593	0.604	0.000	0.472	-	0.472
67	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	3004.920	149.137	0.000	284.237	-	138.425
1	1.00	0.35								0.648	0.658	0.000	0.487	-	0.487
68	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	3009.020	183.479	0.000	284.237	-	130.340
1	1.00	0.35								0.703	0.713	0.000	0.459	-	0.459
69	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	3011.040	210.838	0.000	284.237	-	114.582
1	1.00	0.35								0.749	0.765	0.000	0.403	-	0.403
70	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	3009.900	223.036	0.000	284.237	-	98.800
1	1.00	0.35								0.781	0.779	0.000	0.348	-	0.348
71	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	3010.460	223.036	0.000	284.237	-	88.277
1	1.00	0.35								0.781	0.779	0.000	0.311	-	0.311
72	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	3006.610	222.112	0.000	284.237	-	82.316
1	1.00	0.35								0.780	0.776	0.000	0.290	-	0.290
73	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	3001.800	210.117	0.000	284.237	-	108.121
1	1.00	0.35								0.746	0.762	0.000	0.380	-	0.380
74	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2996.170	188.475	0.000	284.237	-	130.335
1	1.00	0.35								0.714	0.715	0.000	0.459	-	0.459
75	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3040.350	159.912	0.000	284.237	-	148.936
1	1.00	0.35								0.668	0.681	0.000	0.524	-	0.524
76	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3034.900	135.734	0.000	284.237	-	163.906
1	1.00	0.35								0.635	0.636	0.000	0.577	-	0.577
77	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3029.030	105.345	0.000	284.237	-	175.235
1	1.00	0.35								0.593	0.591	0.000	0.617	-	0.617
78	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3022.900	70.178	0.000	284.237	-	182.921
1	1.00	0.35								0.549	0.541	0.000	0.644	-	0.644
79	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2959.860	63.149	0.000	284.237	-	186.968
1	1.00	0.35								0.531	0.529	0.000	0.658	-	0.658
80	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2952.980	111.828	0.000	284.237	-	187.389
1	1.00	0.35								0.589	0.591	0.000	0.659	-	0.659
81	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2946.430	158.571	0.000	284.237	-	184.202
1	1.00	0.35								0.661	0.654	0.000	0.648	-	0.648
82	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2940.370	201.950	0.000	284.237	-	177.434
1	1.00	0.35								0.731	0.733	0.000	0.624	-	0.624
83	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2934.960	240.545	0.000	284.237	-	167.118
1	1.00	0.35								0.804	0.808	0.000	0.588	-	0.588
84	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2930.340	272.956	0.000	284.237	-	153.294
1	1.00	0.35								0.866	0.878	0.000	0.539	-	0.539
85	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2926.680	297.801	0.000	284.237	-	136.010
1	1.00	0.35								0.923	0.930	0.000	0.479	-	0.479
86	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	6'589	2924.120	313.719	0.000	291.441	-	115.320
1	1.00	0.35								0.905	0.913	0.000	0.396	-	0.396
87	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	6'589	2922.820	319.158	0.000	291.441	-	91.283
1	1.00	0.35								0.926	0.920	0.000	0.313	-	0.313
88	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	6'589	2922.810	319.158	0.000	291.441	-	90.866
1	1.00	0.35								0.926	0.920	0.000	0.312	-	0.312
89	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	6'589	2924.100	313.670	0.000	291.441	-	114.904
1	1.00	0.35								0.905	0.913	0.000	0.394	-	0.394
90	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2926.630	297.919	0.000	284.237	-	135.596
1	1.00	0.35								0.923	0.931	0.000	0.477	-	0.477

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
91	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2930.280	273.239	0.000	284.237	-	152.882
1	1.00	0.35								0.866	0.878	0.000	0.538	-	0.538
92	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2934.870	240.993	0.000	284.237	-	166.709
1	1.00	0.35								0.804	0.809	0.000	0.587	-	0.587
93	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2940.270	202.561	0.000	284.237	-	177.029
1	1.00	0.35								0.731	0.735	0.000	0.623	-	0.623
94	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2946.320	159.345	0.000	284.237	-	183.801
1	1.00	0.35								0.661	0.657	0.000	0.647	-	0.647
95	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2952.850	112.761	0.000	284.237	-	186.994
1	1.00	0.35								0.589	0.596	0.000	0.658	-	0.658
96	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2959.710	64.240	0.000	284.237	-	186.579
1	1.00	0.35								0.533	0.523	0.000	0.656	-	0.656
97	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3023.080	72.189	0.000	284.237	-	182.539
1	1.00	0.35								0.549	0.557	0.000	0.642	-	0.642
98	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3029.230	107.523	0.000	284.237	-	174.861
1	1.00	0.35								0.593	0.604	0.000	0.615	-	0.615
99	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3035.120	138.074	0.000	284.237	-	163.541
1	1.00	0.35								0.641	0.634	0.000	0.575	-	0.575
100	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3040.590	162.411	0.000	284.237	-	148.580
1	1.00	0.35								0.682	0.669	0.000	0.523	-	0.523
101	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2995.940	186.499	0.000	284.237	-	129.989
1	1.00	0.35								0.714	0.708	0.000	0.457	-	0.457
102	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	3001.550	208.007	0.000	284.237	-	107.784
1	1.00	0.35								0.746	0.755	0.000	0.379	-	0.379
103	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	3006.350	219.871	0.000	284.237	-	81.991
1	1.00	0.35								0.780	0.768	0.000	0.288	-	0.288
104	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	3010.180	220.670	0.000	284.237	-	87.929
1	1.00	0.35								0.781	0.771	0.000	0.309	-	0.309
105	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	3009.620	220.670	0.000	284.237	-	108.803
1	1.00	0.35								0.781	0.771	0.000	0.383	-	0.383
106	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	3010.880	208.999	0.000	284.237	-	113.626
1	1.00	0.35								0.749	0.758	0.000	0.400	-	0.400
107	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	3009.270	183.468	0.000	284.237	-	128.743
1	1.00	0.35								0.703	0.713	0.000	0.453	-	0.453
108	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	3005.520	150.412	0.000	284.237	-	137.731
1	1.00	0.35								0.654	0.652	0.000	0.485	-	0.485
109	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	3000.820	113.077	0.000	284.237	-	134.019
1	1.00	0.35								0.596	0.607	0.000	0.472	-	0.472
110	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2996.100	76.539	0.000	284.237	-	123.561
1	1.00	0.35								0.549	0.561	0.000	0.435	-	0.435
111	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2991.640	43.496	0.000	284.237	-	109.690
1	1.00	0.35								0.513	0.522	0.000	0.386	-	0.386
112	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3037.130	13.898	0.000	284.237	-	95.567
1	1.00	0.35								0.492	0.487	0.000	0.336	-	0.336
113	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2988.900	26.454	0.000	284.237	-	82.107
1	1.00	0.35								0.496	0.499	0.000	0.289	-	0.289
114	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2986.390	40.988	0.000	284.237	-	70.367
1	1.00	0.35								0.510	0.516	0.000	0.248	-	0.248
115	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2984.240	51.913	0.000	284.237	-	59.607
1	1.00	0.35								0.521	0.528	0.000	0.210	-	0.210
116	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2982.560	59.495	0.000	284.237	-	49.515
1	1.00	0.35								0.530	0.529	0.000	0.174	-	0.174
117	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	2980.580	59.495	0.000	284.237	-	155.528
1	1.00	0.35								0.530	0.529	0.000	0.547	-	0.547
118	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6'352	3035.280	16.604	0.000	284.237	-	39.428
1	1.00	0.35								0.494	0.489	0.000	0.139	-	0.139
119	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'352	2991.340	20.399	0.000	284.237	-	37.797
1	1.00	0.35								0.491	0.480	0.000	0.133	-	0.133
120	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6'352	2984.780	20.399	0.000	284.237	-	28.345
1	1.00	0.35								0.490	0.480	0.000	0.100	-	0.100

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
121	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6'352	3041.010	18.886	0.000	284.237	-	42.074
1	1.00	0.35								<b>0.497</b>	<b>0.494</b>	0.000	0.148	-	<b>0.148</b>
122	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6'352	3039.900	31.930	0.000	284.237	-	52.180
1	1.00	0.35								<b>0.510</b>	<b>0.504</b>	0.000	0.184	-	<b>0.184</b>
123	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6'352	3039.170	50.071	0.000	284.237	-	63.177
1	1.00	0.35								<b>0.528</b>	<b>0.529</b>	0.000	0.222	-	<b>0.222</b>
124	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'149	3039.580	73.373	0.000	323.463	-	74.278
2	1.00	0.40								<b>0.483</b>	<b>0.480</b>	0.000	0.230	-	<b>0.230</b>
125	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'149	3040.480	101.191	0.000	323.463	-	83.807
2	1.00	0.40								<b>0.508</b>	<b>0.510</b>	0.000	0.259	-	<b>0.259</b>
126	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'946	3042.500	132.023	0.000	362.283	-	89.489
3	1.00	0.45								<b>0.473</b>	<b>0.466</b>	0.000	0.247	-	<b>0.247</b>
127	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'946	3044.790	163.382	0.000	362.283	-	89.028
3	1.00	0.45								<b>0.500</b>	<b>0.492</b>	0.000	0.246	-	<b>0.246</b>
128	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8'743	3047.720	191.708	0.000	400.772	-	79.546
4	1.00	0.50								<b>0.461</b>	<b>0.455</b>	0.000	0.198	-	<b>0.198</b>
129	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8'743	3050.200	212.320	0.000	400.772	-	58.469
4	1.00	0.50								<b>0.475</b>	<b>0.475</b>	0.000	0.146	-	<b>0.146</b>
130	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	10'337	3052.210	219.570	0.000	476.962	-	22.959
5	1.00	0.60								<b>0.381</b>	<b>0.389</b>	0.000	0.048	-	<b>0.048</b>
131	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	10'337	3042.530	219.570	0.000	476.962	-	56.067
5	1.00	0.60								<b>0.383</b>	<b>0.380</b>	0.000	0.118	-	<b>0.118</b>
132	100 x 70		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	11'930	3015.780	197.719	0.000	552.334	-	425.586
6	1.00	0.70								<b>0.308</b>	<b>0.310</b>	0.000	0.771	-	<b>0.771</b>
133	100 x 85		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	14'321	2656.840	112.729	0.000	657.400	-	638.763
7	1.00	0.85								<b>0.205</b>	<b>0.206</b>	0.000	0.972	-	<b>0.972</b>
134	100 x 85		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	14'557	2326.060	201.198	0.000	657.400	-	656.882
7	1.00	0.85								<b>0.198</b>	<b>0.199</b>	0.000	0.999	-	<b>0.999</b>

A.5.4.13. Rebarred sections ratio checking for fire combinations load – CT5 T2

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
87(M+N) / 80(V)	100 x 35		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P14	7'105	1417.910	119.495	0.000	326.142	-	82.724
1	1.00	0.30								<b>0.398</b>	<b>0.403</b>	0.000	0.254	-	<b>0.254</b>
50(M+N) / 50(V)	100 x 40		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	8'168	1477.790	36.370	0.000	370.575	-	34.345
2	1.00	0.35								<b>0.210</b>	<b>0.211</b>	0.000	0.093	-	<b>0.093</b>
127(M+N) / 126(V)	100 x 45	100 x 45	30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	9'230	1481.490	62.569	0.000	387.671	-	37.123
3	1.00	0.40								<b>0.202</b>	<b>0.201</b>	0.000	0.096	-	<b>0.096</b>
129(M+N) / 128(V)	100 x 50		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	10'293	1485.500	82.470	0.000	403.391	-	32.382
4	1.00	0.45								<b>0.190</b>	<b>0.189</b>	0.000	0.080	-	<b>0.080</b>
130(M+N) / 44(V)	100 x 60		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	12'418	1482.560	82.470	0.000	428.523	-	36.591
5	1.00	0.55								<b>0.148</b>	<b>0.151</b>	0.000	0.085	-	<b>0.085</b>
132(M+N) / 132(V)	100 x 70		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	14'543	1469.110	69.714	0.000	452.662	-	217.003
6	1.00	0.65								<b>0.117</b>	<b>0.120</b>	0.000	0.479	-	<b>0.479</b>
5(M+N) / 134(V)	100 x 85		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P16	17'953	769.709	334.534	0.000	465.273	-	323.084
7	1.00	0.80								<b>0.243</b>	<b>0.241</b>	0.000	0.694	-	<b>0.694</b>

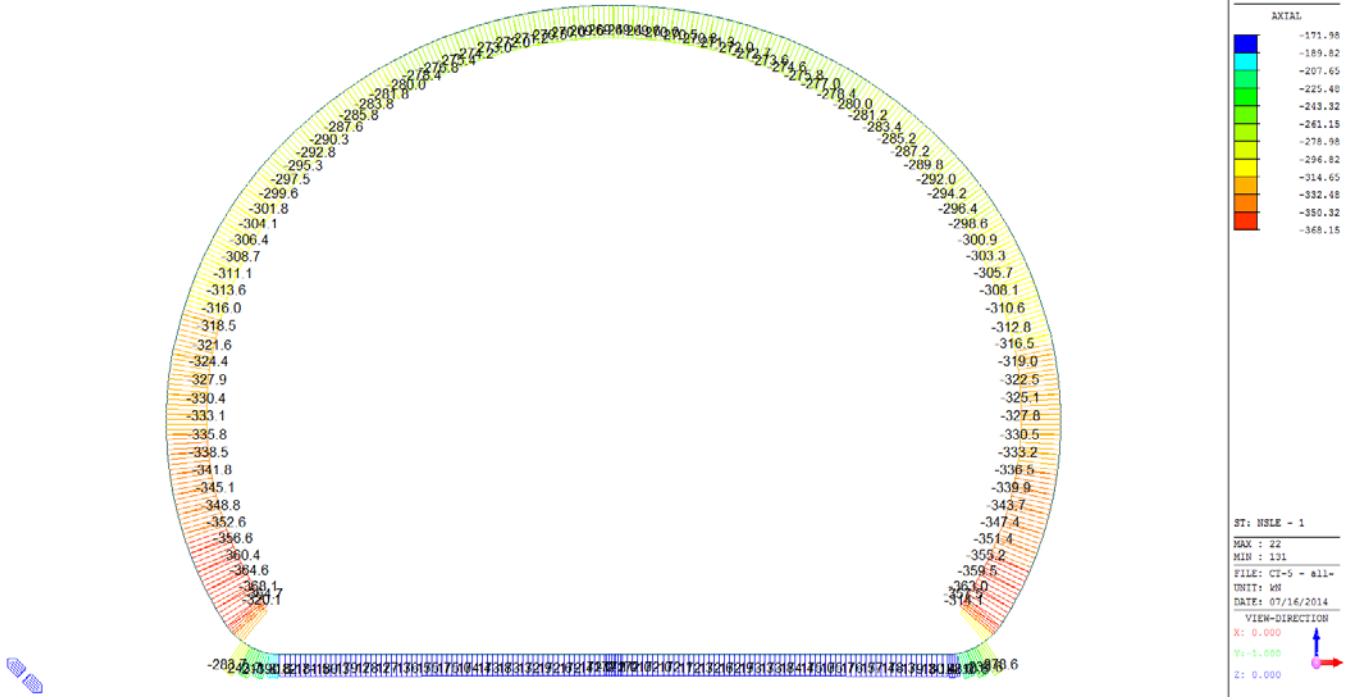
A.5.4.14. Rebarred sections ratio checking for fire combinations load – CT5 T3

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
87(M+N) / 95(V)	100 x 35		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P16	7'328	2200.900	173.799	0.000	326.142	-	123.524
1	1.00	0.30								<b>0.568</b>	<b>0.569</b>	0.000	0.379	-	<b>0.379</b>
125(M+N) / 125(V)	100 x 40		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	8'168	2245.340	50.164	0.000	371.823	-	54.620
2	1.00	0.35								<b>0.314</b>	<b>0.314</b>	0.000	0.147	-	<b>0.147</b>
127(M+N) / 127(V)	100 x 45	100 x 45	30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	9'230	2246.800	93.265	0.000	416.570	-	63.843
3	1.00	0.40								<b>0.304</b>	<b>0.308</b>	0.000	0.153	-	<b>0.153</b>
129(M+N) / 128(V)	100 x 50		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	10'293	2249.720	132.200	0.000	460.576	-	60.438
4	1.00	0.45								<b>0.291</b>	<b>0.294</b>	0.000	0.131	-	<b>0.131</b>
131(M+N) / 44(V)	100 x 60		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	12'418	2244.260	141.206	0.000	531.428	-	33.037
5	1.00	0.55								<b>0.232</b>	<b>0.233</b>	0.000	0.062	-	<b>0.062</b>
132(M+N) / 132(V)	100 x 70		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	14'543	2226.230	130.264	0.000	557.152	-	299.471
6	1.00	0.65								<b>0.185</b>	<b>0.185</b>	0.000	0.538	-	<b>0.538</b>
5(M+N) / 134(V)	100 x 85		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P16	17'953	1187.390	446.788	0.000	549.619	-	460.129
7	1.00	0.80								<b>0.279</b>	<b>0.274</b>	0.000	0.837	-	<b>0.837</b>

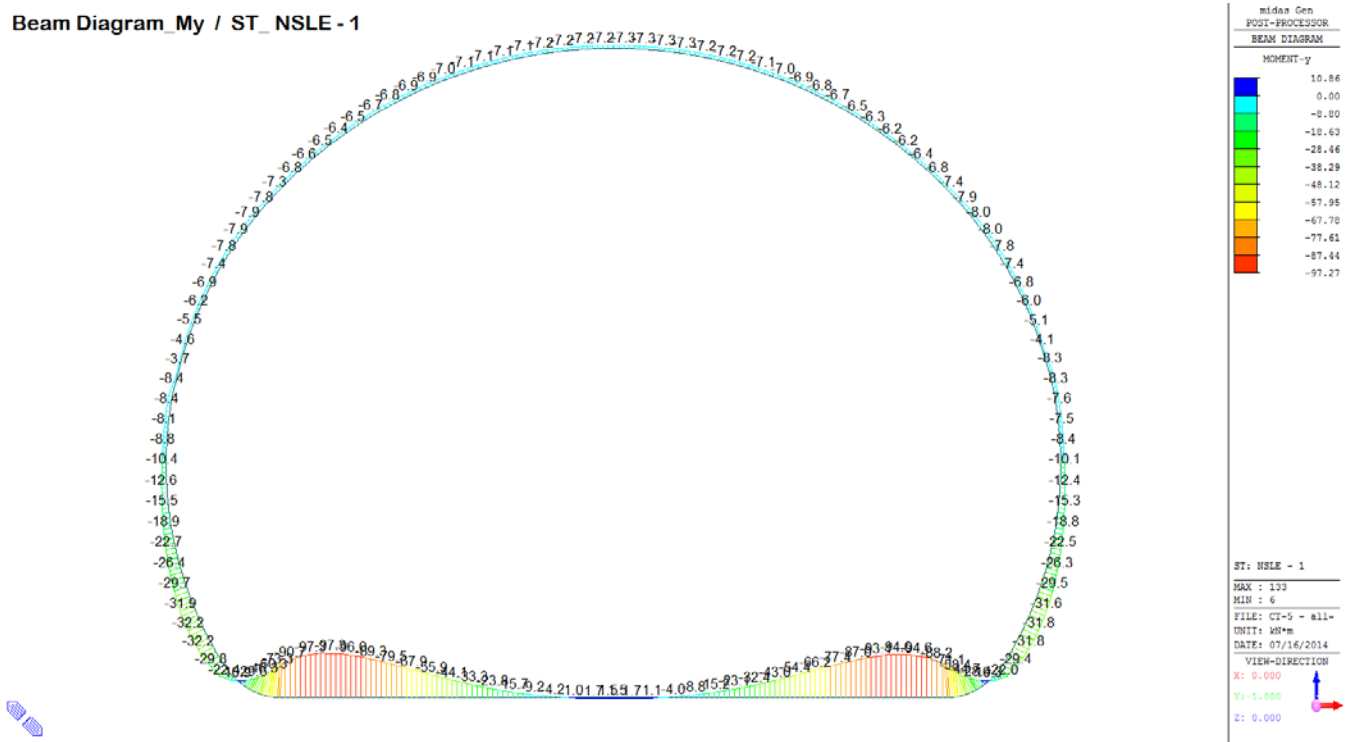


A.5.4.15. Load combination SLE 1

Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 1

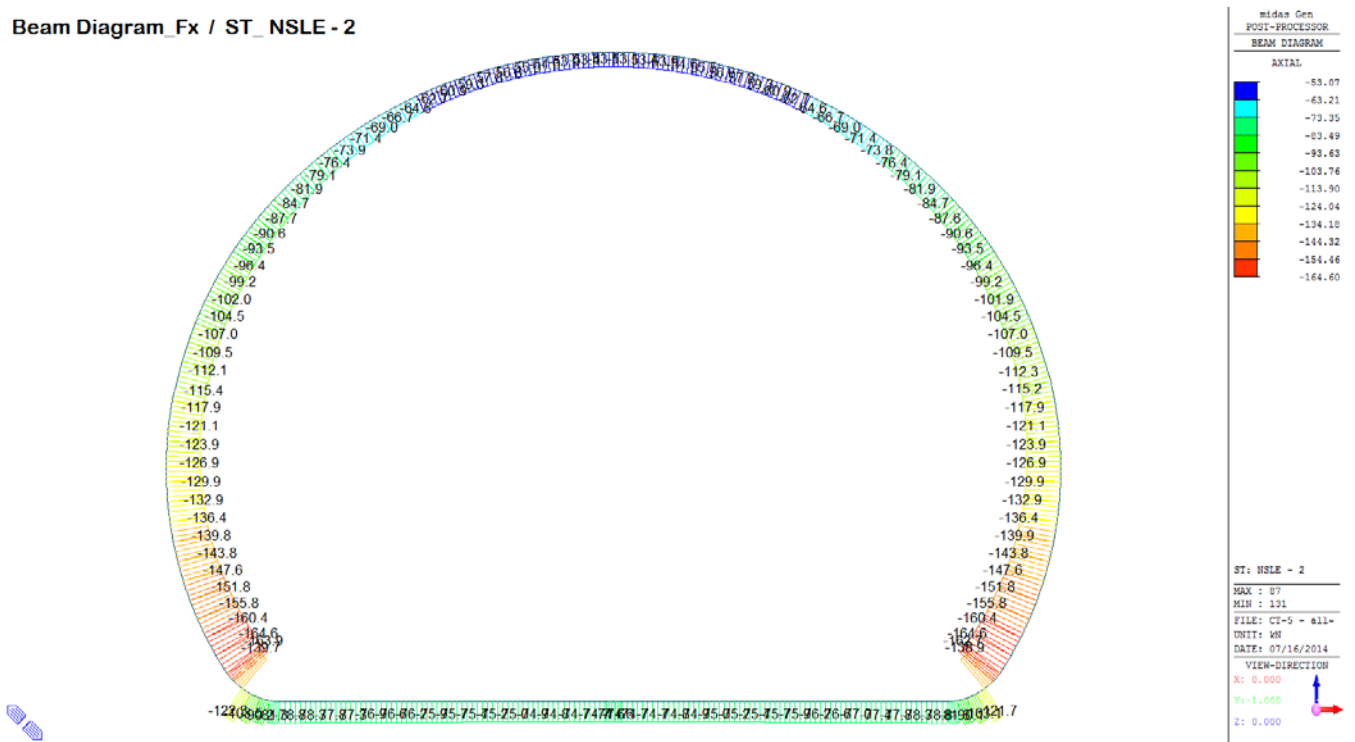


Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 1

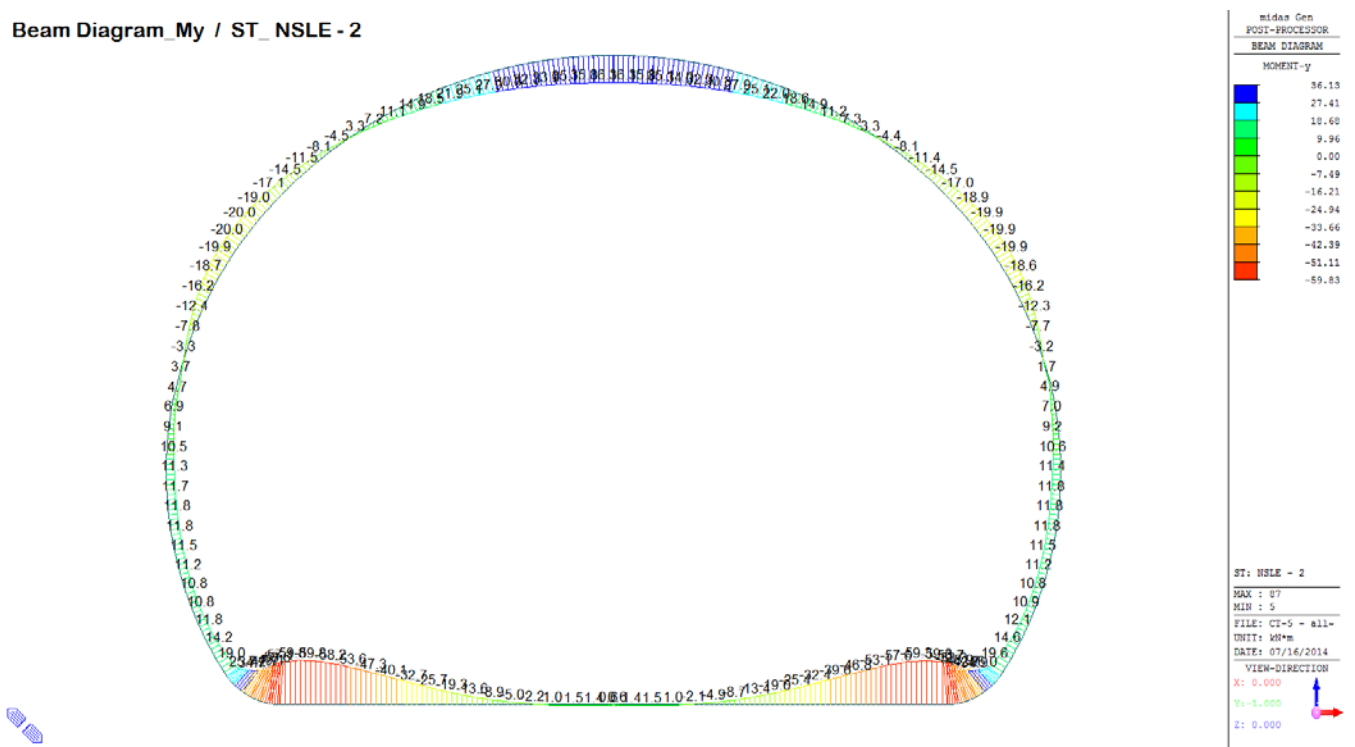


A.5.4.16. Load combination SLE 2

Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 2

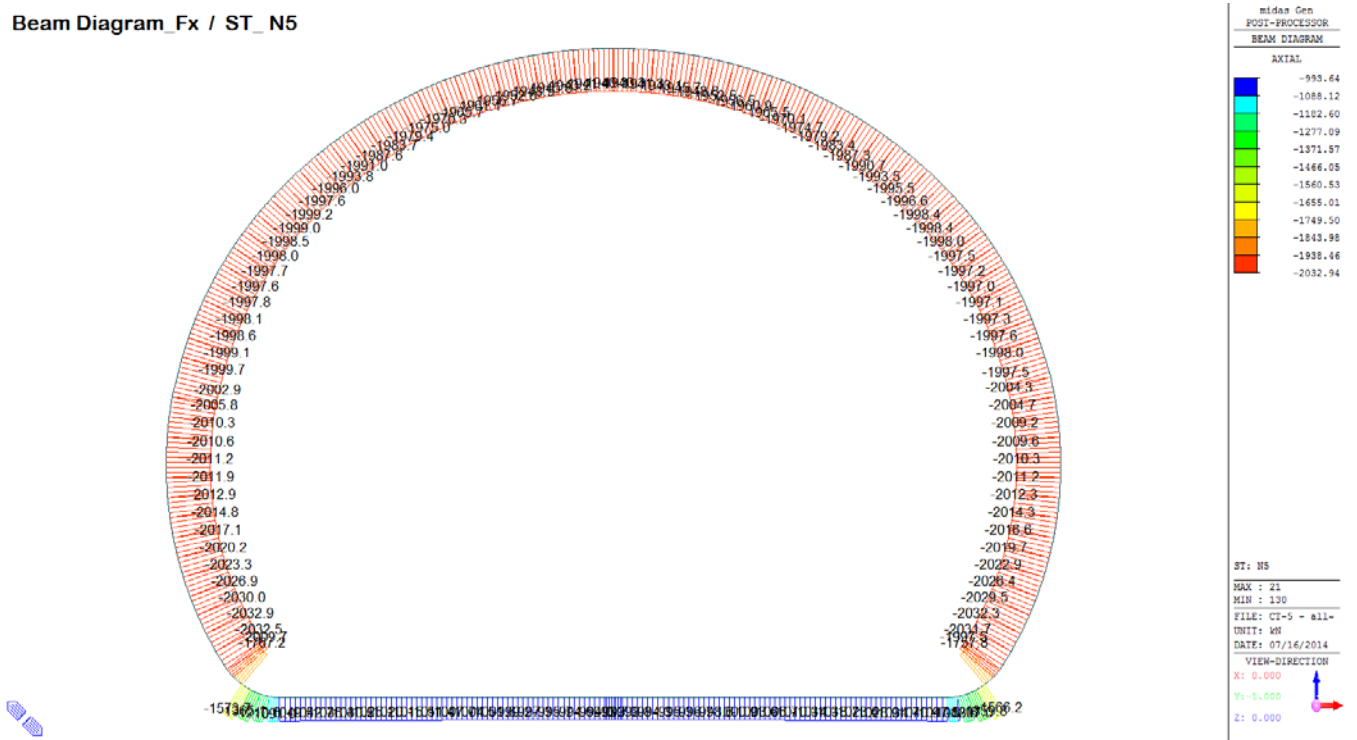


Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 2

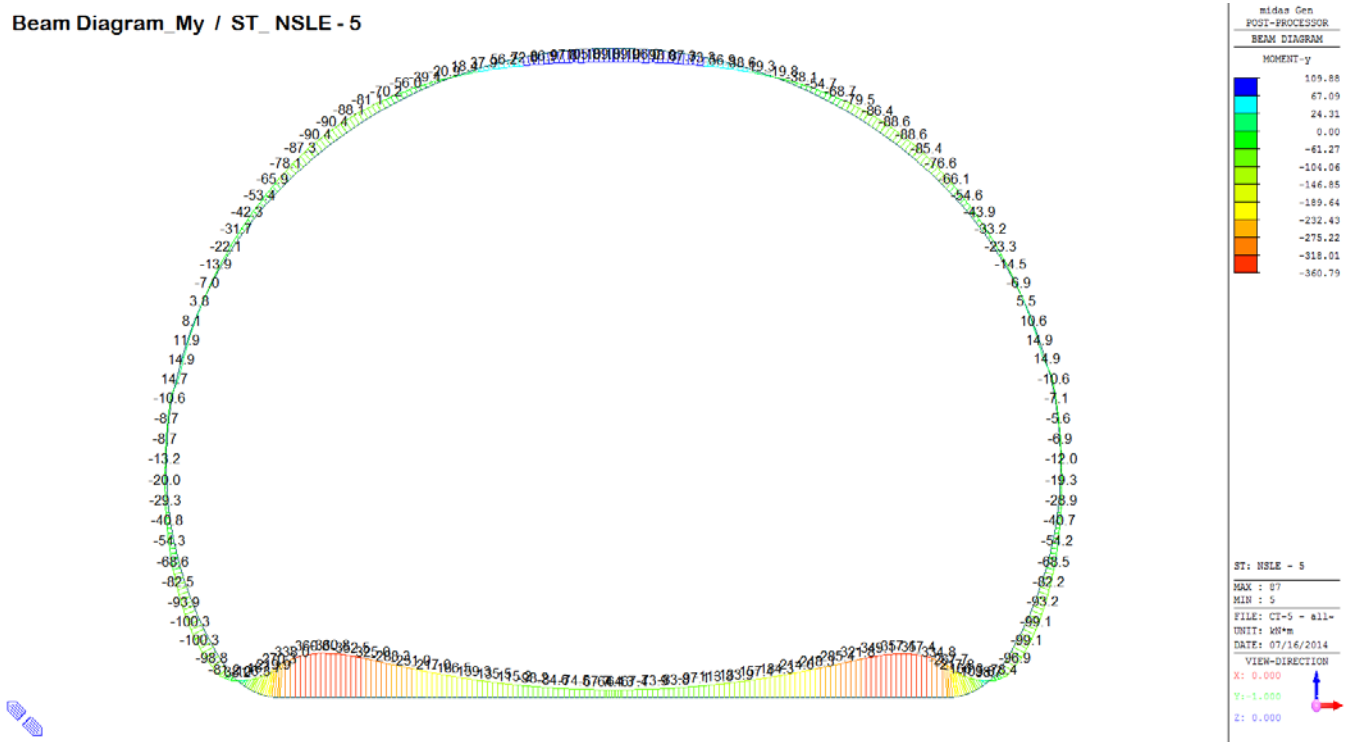


A.5.4.17. Load combination SLE 5 CT5 T2

Beam Diagram\_Fx / ST\_N5

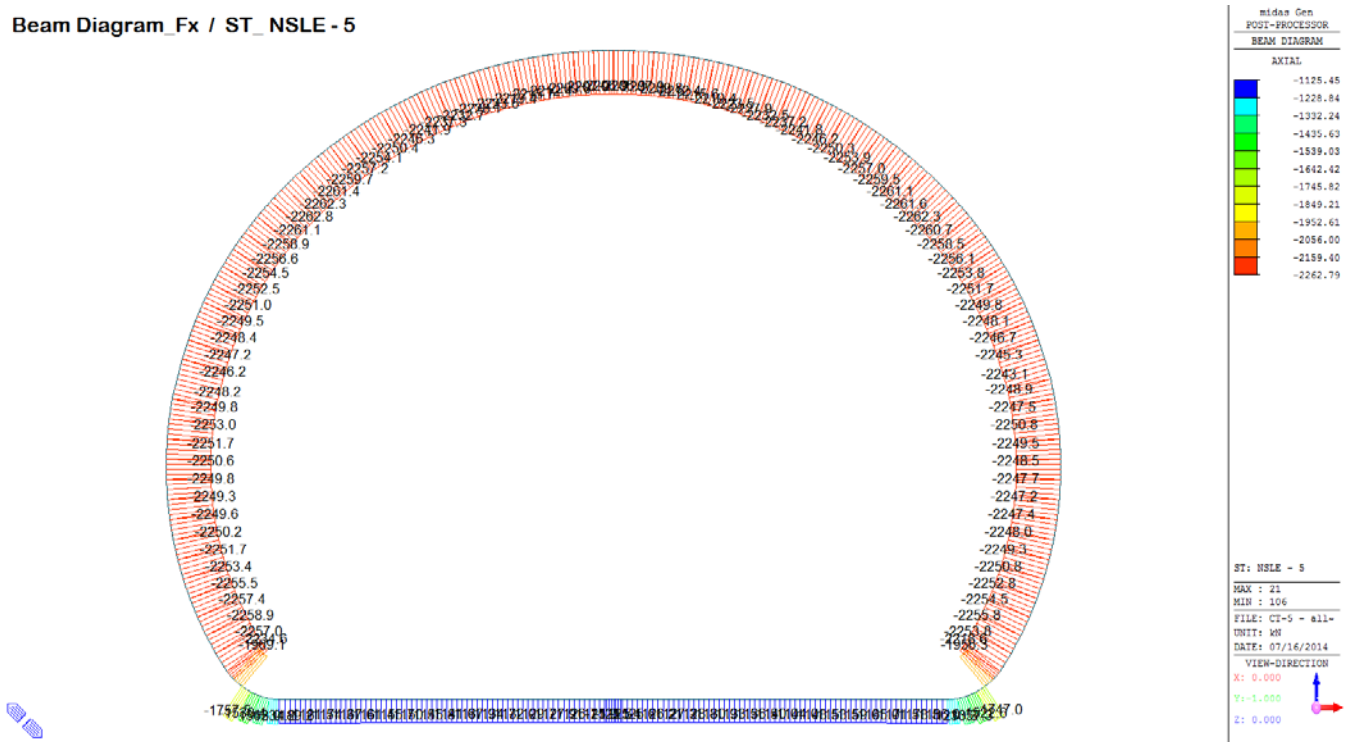


Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 5

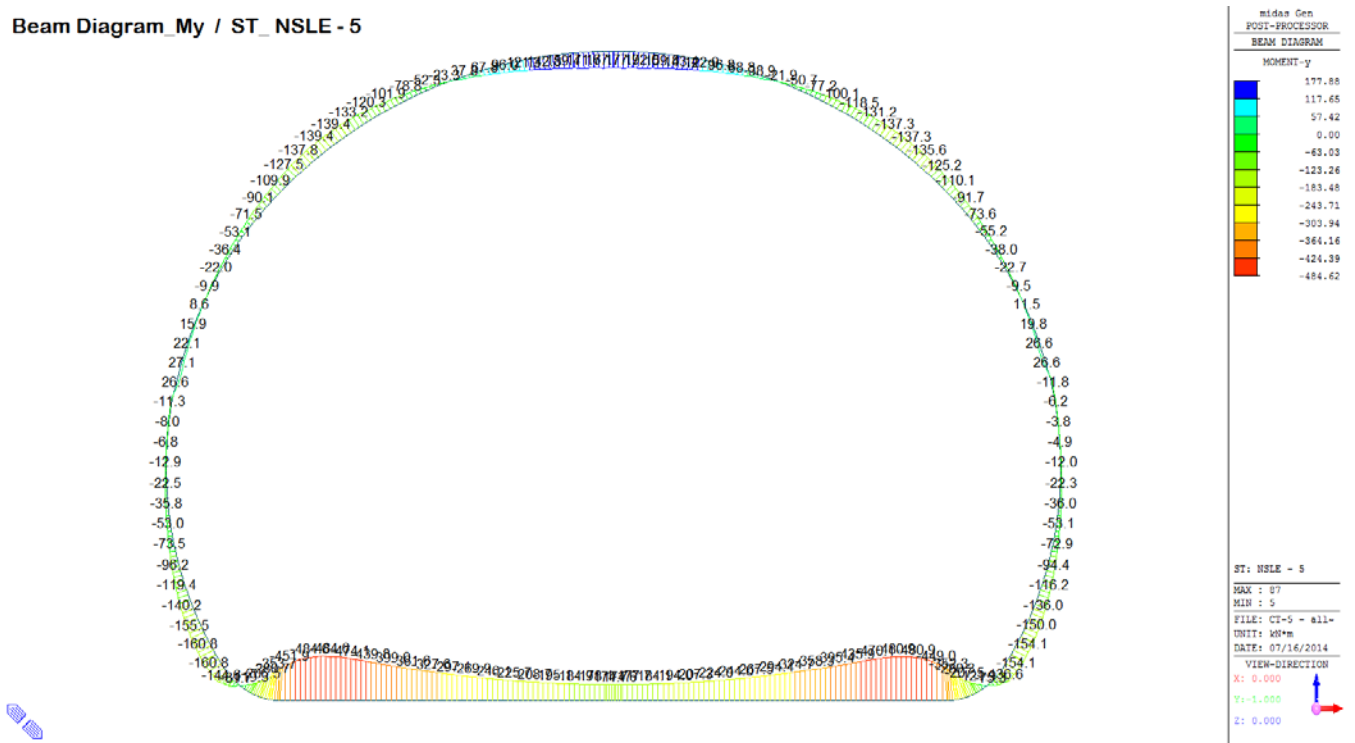


A.5.4.18. Load combination SLE 5 CT5 T3

Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 5

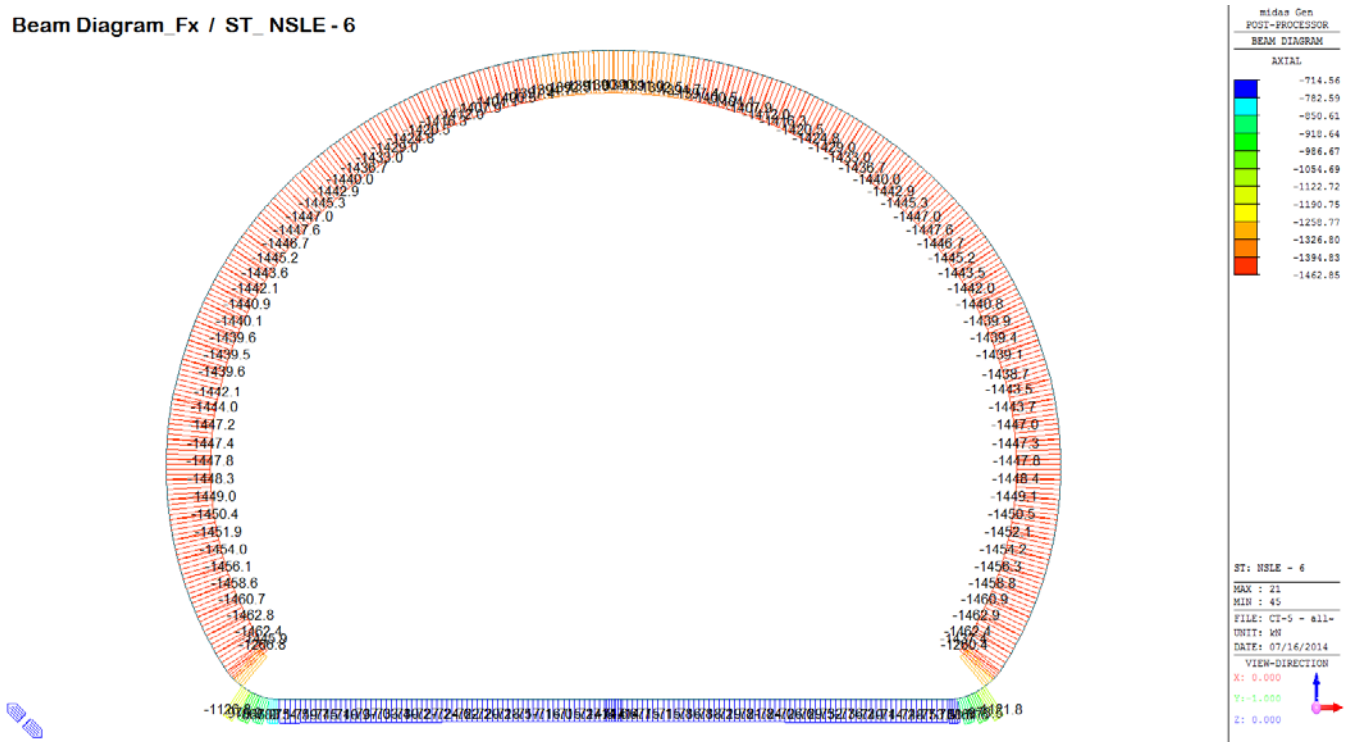


Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 5

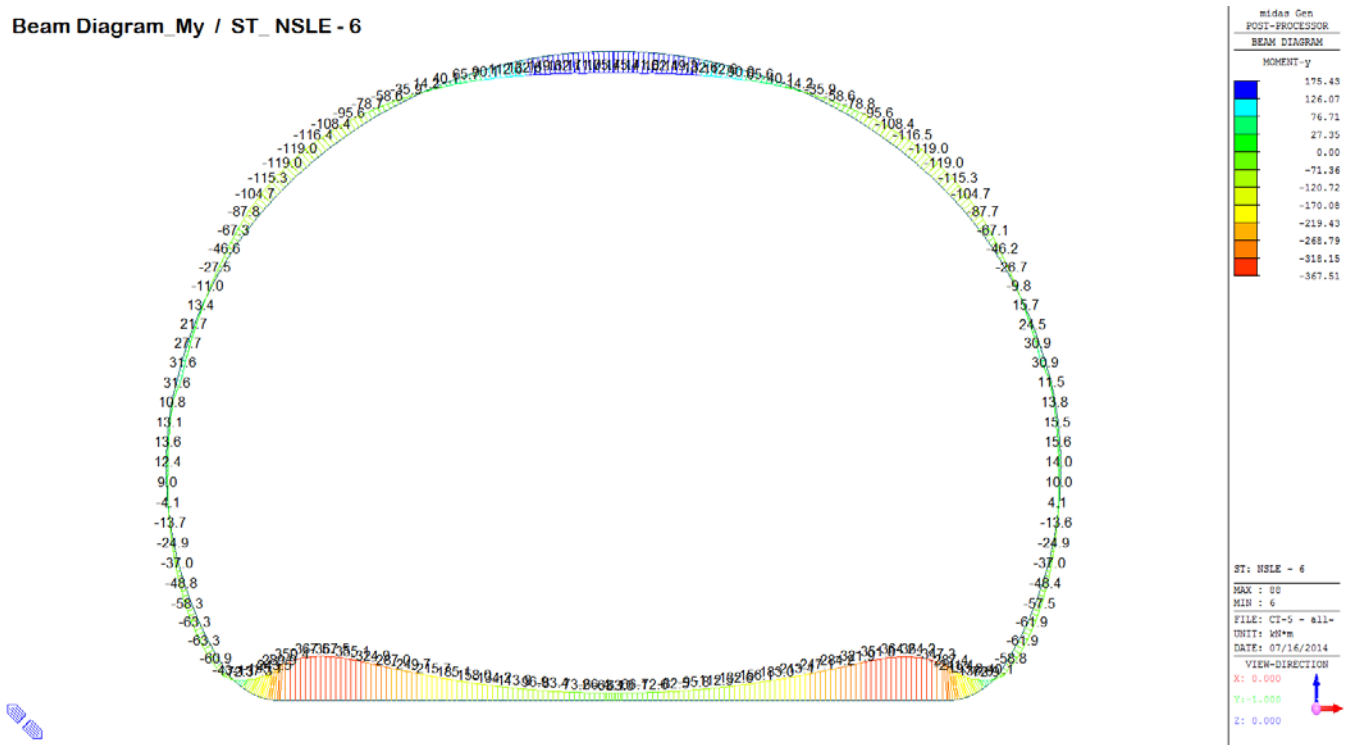


A.5.4.19. Load combination SLE 6 CT5 T2

Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 6

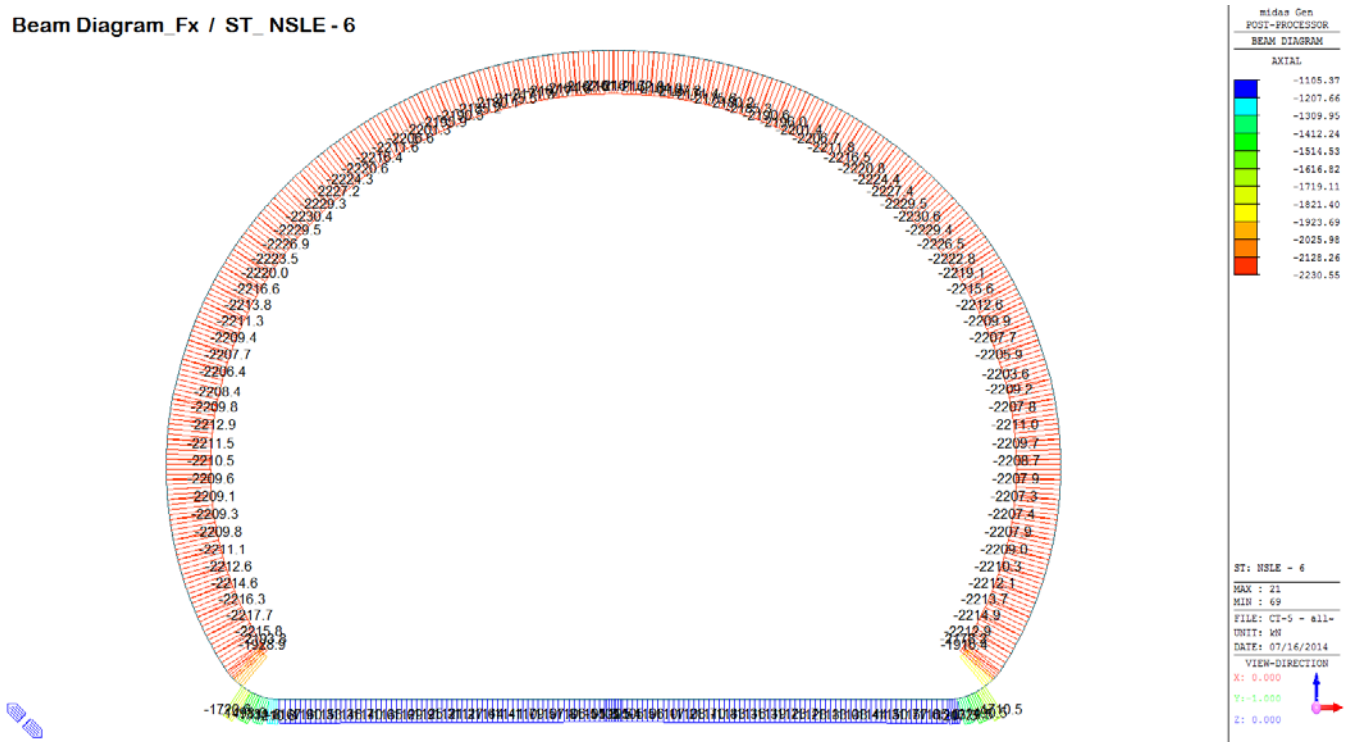


Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 6

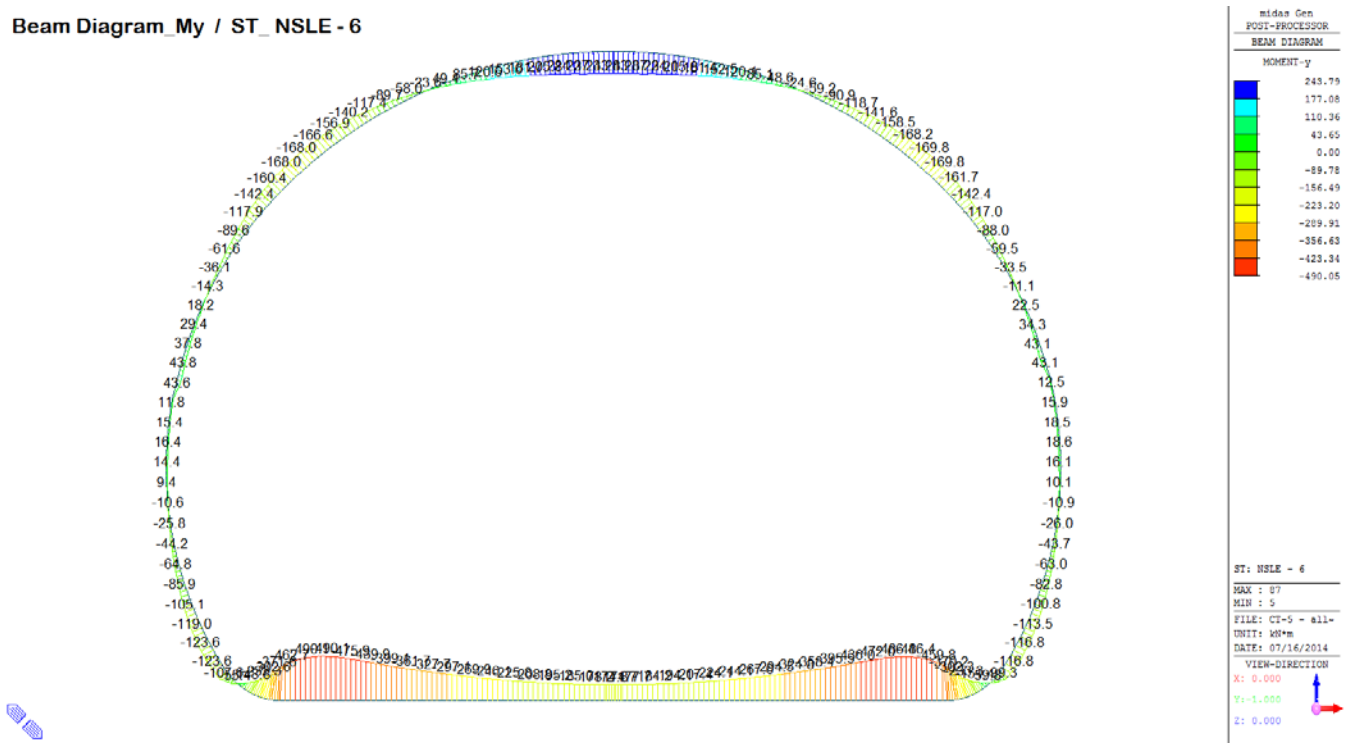


A.5.4.20. Load combination SLE 6 CT5 T3

Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 6



Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 6



A.5.4.21. Rebarred sections stress checking – CT5 T2

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
1	100 x 85		SLE - N6	0.47	2.90	OK	-2.77	-18.00	OK	1.55	360.00	OK
7	1.00	0.85										
2	100 x 85		SLE - N6	1.00	2.90	OK	-3.04	-18.00	OK	4.46	360.00	OK
7	1.00	0.85										
3	100 x 85		SLE - N6	1.49	2.90	OK	-3.33	-18.00	OK	7.10	360.00	OK
7	1.00	0.85										
4	100 x 85		SLE - N6	2.02	2.90	OK	-3.80	-18.00	OK	9.95	360.00	OK
7	1.00	0.85										
5	100 x 85		SLE - N6	2.17	2.90	OK	-3.93	-18.00	OK	10.74	360.00	OK
7	1.00	0.85										
6	100 x 85		SLE - N6	2.18	2.90	OK	-3.93	-18.00	OK	10.77	360.00	OK
7	1.00	0.85										
7	100 x 85		SLE - N6	2.08	2.90	OK	-3.82	-18.00	OK	10.26	360.00	OK
7	1.00	0.85										
8	100 x 85		SLE - N6	1.83	2.90	OK	-3.59	-18.00	OK	8.96	360.00	OK
7	1.00	0.85										
9	100 x 85		SLE - N6	1.52	2.90	OK	-3.28	-18.00	OK	7.33	360.00	OK
7	1.00	0.85										
10	100 x 85		SLE - N5	1.21	2.90	OK	-2.97	-18.00	OK	5.71	360.00	OK
7	1.00	0.85										
11	100 x 85		SLE - N5	0.94	2.90	OK	-2.68	-18.00	OK	4.24	360.00	OK
7	1.00	0.85										
12	100 x 85		SLE - N5	0.69	2.90	OK	-2.43	-18.00	OK	2.92	360.00	OK
7	1.00	0.85										
13	100 x 85		SLE - N5	0.46	2.90	OK	-2.20	-18.00	OK	1.75	360.00	OK
7	1.00	0.85										
N6	100 x 85		SLE - N6	0.27	2.90	OK	-2.00	-18.00	OK	0.72	360.00	OK
7	1.00	0.85										
15	100 x 85		SLE - N5	0.10	2.90	OK	-1.83	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
16	100 x 85		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-1.68	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
17	100 x 85		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-1.57	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
18	100 x 85		SLE - N6	0.00	2.90	OK	-1.48	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
19	100 x 85		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-1.43	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
20	100 x 85		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-1.40	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
21	100 x 85		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-1.40	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
22	100 x 85		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-1.42	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
23	100 x 85		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-1.48	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
24	100 x 85		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-1.56	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
25	100 x 85		SLE - N6	0.00	2.90	OK	-1.67	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
26	100 x 85		SLE - N5	0.09	2.90	OK	-1.81	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
27	100 x 85		SLE - N5	0.25	2.90	OK	-1.98	-18.00	OK	0.65	360.00	OK
7	1.00	0.85										
28	100 x 85		SLE - N5	0.45	2.90	OK	-2.18	-18.00	OK	1.67	360.00	OK
7	1.00	0.85										
29	100 x 85		SLE - N6	0.67	2.90	OK	-2.41	-18.00	OK	2.83	360.00	OK
7	1.00	0.85										
30	100 x 85		SLE - N5	0.92	2.90	OK	-2.66	-18.00	OK	4.14	360.00	OK
7	1.00	0.85										

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
31	100 x 85		SLE - N6	1.19	2.90	OK	-2.94	-18.00	OK	5.60	360.00	OK
7	1.00	0.85										
32	100 x 85		SLE - N6	1.50	2.90	OK	-3.26	-18.00	OK	7.21	360.00	OK
7	1.00	0.85										
33	100 x 85		SLE - N6	1.81	2.90	OK	-3.56	-18.00	OK	8.83	360.00	OK
7	1.00	0.85										
34	100 x 85		SLE - N6	2.05	2.90	OK	-3.79	-18.00	OK	10.12	360.00	OK
7	1.00	0.85										
35	100 x 85		SLE - N6	2.15	2.90	OK	-3.90	-18.00	OK	10.63	360.00	OK
7	1.00	0.85										
36	100 x 85		SLE - N6	2.14	2.90	OK	-3.91	-18.00	OK	10.60	360.00	OK
7	1.00	0.85										
37	100 x 85		SLE - N6	2.00	2.90	OK	-3.77	-18.00	OK	9.83	360.00	OK
7	1.00	0.85										
38	100 x 85		SLE - N6	1.47	2.90	OK	-3.31	-18.00	OK	7.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
39	100 x 85		SLE - N6	0.99	2.90	OK	-3.02	-18.00	OK	4.39	360.00	OK
7	1.00	0.85										
40	100 x 85		SLE - N6	0.46	2.90	OK	-2.75	-18.00	OK	1.51	360.00	OK
7	1.00	0.85										
41	100 x 85		SLE - N6	0.21	2.90	OK	-2.46	-18.00	OK	1.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
42	100 x 85		SLE - N5	0.13	2.90	OK	-2.09	-18.00	OK	0.53	360.00	OK
7	1.00	0.85										
43	100 x 70		SLE - N5	0.09	2.90	OK	-3.07	-18.00	OK	0.21	360.00	OK
6	1.00	0.70										
44	100 x 60		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-4.11	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
5	1.00	0.60										
45	100 x 60		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-4.15	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
5	1.00	0.60										
46	100 x 50		SLE - N5	0.06	2.90	OK	-5.38	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
4	1.00	0.50										
47	100 x 50		SLE - N5	0.05	2.90	OK	-5.23	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
4	1.00	0.50										
48	100 x 45		SLE - N5	0.10	2.90	OK	-5.76	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
3	1.00	0.45										
49	100 x 45		SLE - N5	0.02	2.90	OK	-5.35	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
3	1.00	0.45										
50	100 x 40		SLE - N5	0.09	2.90	OK	-5.76	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
2	1.00	0.40										
51	100 x 40		SLE - N5	0.11	2.90	OK	-5.25	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
2	1.00	0.40										
52	100 x 35		SLE - N5	0.21	2.90	OK	-5.67	-18.00	OK	0.11	360.00	OK
1	1.00	0.35										
53	100 x 35		SLE - N5	0.20	2.90	OK	-5.20	-18.00	OK	0.11	360.00	OK
1	1.00	0.35										
54	100 x 35		SLE - N5	0.20	2.90	OK	-4.84	-18.00	OK	0.09	360.00	OK
1	1.00	0.35										
55	100 x 35		SLE - N6	0.17	2.90	OK	-4.87	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
56	100 x 35		SLE - N6	0.11	2.90	OK	-4.88	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
57	100 x 35		SLE - N6	0.01	2.90	OK	-4.78	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
58	100 x 35		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-4.74	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
59	100 x 35		SLE - N6	0.00	2.90	OK	-5.61	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
60	100 x 35		SLE - N6	0.00	2.90	OK	-5.63	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										



STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$	$\sigma_{ct, Adm}$	CHECK	$\sigma_c, MAX$	$\sigma_c, Adm$	CHECK	$\sigma_s, MAX$	$\sigma_s, Adm$	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
61	100 x 35		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-5.31	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
62	100 x 35		SLE - N6	0.31	2.90	OK	-4.88	-18.00	OK	0.71	360.00	OK
1	1.00	0.35										
63	100 x 35		SLE - N5	0.51	2.90	OK	-4.59	-18.00	OK	1.54	360.00	OK
1	1.00	0.35										
64	100 x 35		SLE - N5	0.64	2.90	OK	-5.42	-18.00	OK	2.08	360.00	OK
1	1.00	0.35										
65	100 x 35		SLE - N6	0.71	2.90	OK	-6.38	-18.00	OK	2.37	360.00	OK
1	1.00	0.35										
66	100 x 35		SLE - N6	0.72	2.90	OK	-7.41	-18.00	OK	2.43	360.00	OK
1	1.00	0.35										
67	100 x 35		SLE - N6	0.72	2.90	OK	-8.42	-18.00	OK	2.43	360.00	OK
1	1.00	0.35										
68	100 x 35		SLE - N6	1.00	2.90	OK	-9.26	-18.00	OK	2.29	360.00	OK
1	1.00	0.35										
69	100 x 35		SLE - N6	1.52	2.90	OK	-9.78	-18.00	OK	1.95	360.00	OK
1	1.00	0.35										
70	100 x 35		SLE - N6	1.71	2.90	OK	-9.95	-18.00	OK	1.49	360.00	OK
1	1.00	0.35										
71	100 x 35		SLE - N6	1.71	2.90	OK	-9.95	-18.00	OK	0.93	360.00	OK
1	1.00	0.35										
72	100 x 35		SLE - N6	1.59	2.90	OK	-9.82	-18.00	OK	0.29	360.00	OK
1	1.00	0.35										
73	100 x 35		SLE - N6	1.21	2.90	OK	-9.42	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
74	100 x 35		SLE - N6	0.59	2.90	OK	-8.78	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
75	100 x 35		SLE - N5	0.16	2.90	OK	-8.09	-18.00	OK	0.29	360.00	OK
1	1.00	0.35										
76	100 x 35		SLE - N5	0.36	2.90	OK	-7.55	-18.00	OK	1.11	360.00	OK
1	1.00	0.35										
77	100 x 35		SLE - N5	0.55	2.90	OK	-6.85	-18.00	OK	1.91	360.00	OK
1	1.00	0.35										
78	100 x 35		SLE - N5	0.73	2.90	OK	-6.03	-18.00	OK	2.67	360.00	OK
1	1.00	0.35										
79	100 x 35		SLE - N6	0.91	2.90	OK	-6.00	-18.00	OK	3.39	360.00	OK
1	1.00	0.35										
80	100 x 35		SLE - N6	1.06	2.90	OK	-7.23	-18.00	OK	4.04	360.00	OK
1	1.00	0.35										
81	100 x 35		SLE - N6	1.20	2.90	OK	-8.42	-18.00	OK	4.63	360.00	OK
1	1.00	0.35										
82	100 x 35		SLE - N6	1.52	2.90	OK	-9.51	-18.00	OK	5.14	360.00	OK
1	1.00	0.35										
83	100 x 35		SLE - N6	2.50	2.90	OK	-10.48	-18.00	OK	5.56	360.00	OK
1	1.00	0.35										
84	100 x 35		SLE - N6	3.33	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
85	100 x 35		SLE - N6	3.96	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
86	100 x 35		SLE - N6	4.37	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
87	100 x 35		SLE - N6	4.51	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
88	100 x 35		SLE - N6	4.51	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
89	100 x 35		SLE - N6	4.37	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
90	100 x 35		SLE - N6	3.96	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$	$\sigma_{ct, Adm}$	CHECK	$\sigma_c, MAX$	$\sigma_c, Adm$	CHECK	$\sigma_s, MAX$	$\sigma_s, Adm$	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
91	100 x 35		SLE - N6	3.33	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
92	100 x 35		SLE - N6	2.50	2.90	OK	-10.49	-18.00	OK	5.56	360.00	OK
1	1.00	0.35										
93	100 x 35		SLE - N6	1.52	2.90	OK	-9.51	-18.00	OK	5.13	360.00	OK
1	1.00	0.35										
94	100 x 35		SLE - N6	1.20	2.90	OK	-8.42	-18.00	OK	4.62	360.00	OK
1	1.00	0.35										
95	100 x 35		SLE - N6	1.06	2.90	OK	-7.24	-18.00	OK	4.04	360.00	OK
1	1.00	0.35										
96	100 x 35		SLE - N6	0.90	2.90	OK	-6.00	-18.00	OK	3.38	360.00	OK
1	1.00	0.35										
97	100 x 35		SLE - N5	0.73	2.90	OK	-6.09	-18.00	OK	2.67	360.00	OK
1	1.00	0.35										
98	100 x 35		SLE - N5	0.55	2.90	OK	-6.92	-18.00	OK	1.90	360.00	OK
1	1.00	0.35										
99	100 x 35		SLE - N5	0.36	2.90	OK	-7.62	-18.00	OK	1.11	360.00	OK
1	1.00	0.35										
100	100 x 35		SLE - N5	0.16	2.90	OK	-8.16	-18.00	OK	0.28	360.00	OK
1	1.00	0.35										
101	100 x 35		SLE - N6	0.59	2.90	OK	-8.78	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
102	100 x 35		SLE - N6	1.20	2.90	OK	-9.41	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
103	100 x 35		SLE - N6	1.59	2.90	OK	-9.82	-18.00	OK	0.30	360.00	OK
1	1.00	0.35										
104	100 x 35		SLE - N6	1.71	2.90	OK	-9.95	-18.00	OK	0.94	360.00	OK
1	1.00	0.35										
105	100 x 35		SLE - N6	1.71	2.90	OK	-9.95	-18.00	OK	1.50	360.00	OK
1	1.00	0.35										
106	100 x 35		SLE - N6	1.52	2.90	OK	-9.77	-18.00	OK	1.97	360.00	OK
1	1.00	0.35										
107	100 x 35		SLE - N6	1.00	2.90	OK	-9.26	-18.00	OK	2.30	360.00	OK
1	1.00	0.35										
108	100 x 35		SLE - N6	0.72	2.90	OK	-8.42	-18.00	OK	2.45	360.00	OK
1	1.00	0.35										
109	100 x 35		SLE - N6	0.72	2.90	OK	-7.42	-18.00	OK	2.45	360.00	OK
1	1.00	0.35										
110	100 x 35		SLE - N6	0.71	2.90	OK	-6.40	-18.00	OK	2.38	360.00	OK
1	1.00	0.35										
111	100 x 35		SLE - N6	0.64	2.90	OK	-5.46	-18.00	OK	2.10	360.00	OK
1	1.00	0.35										
112	100 x 35		SLE - N5	0.51	2.90	OK	-4.65	-18.00	OK	1.55	360.00	OK
1	1.00	0.35										
113	100 x 35		SLE - N6	0.32	2.90	OK	-4.77	-18.00	OK	0.73	360.00	OK
1	1.00	0.35										
1N6	100 x 35		SLE - N6	0.09	2.90	OK	-5.18	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
115	100 x 35		SLE - N6	0.00	2.90	OK	-5.47	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
116	100 x 35		SLE - N6	0.00	2.90	OK	-5.66	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
117	100 x 35		SLE - N6	0.00	2.90	OK	-5.66	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
118	100 x 35		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-4.75	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
119	100 x 35		SLE - N6	0.10	2.90	OK	-4.77	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
120	100 x 35		SLE - N6	0.16	2.90	OK	-4.76	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										

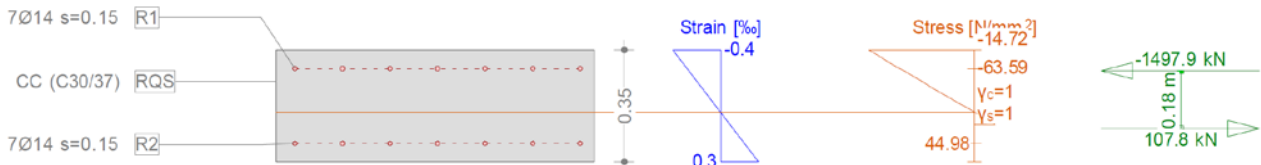
STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	$\sigma_c, MAX$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c, Adm$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	$\sigma_s, MAX$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s, Adm$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)										
121	100 x 35		SLE - N5	0.19	2.90	OK	-4.90	-18.00	OK	0.08	360.00	OK
1	1.00	0.35										
122	100 x 35		SLE - N5	0.20	2.90	OK	-5.23	-18.00	OK	0.10	360.00	OK
1	1.00	0.35										
123	100 x 35		SLE - N5	0.20	2.90	OK	-5.69	-18.00	OK	0.11	360.00	OK
1	1.00	0.35										
124	100 x 40		SLE - N5	0.11	2.90	OK	-5.26	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
2	1.00	0.40										
125	100 x 40		SLE - N5	0.09	2.90	OK	-5.76	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
2	1.00	0.40										
126	100 x 45		SLE - N5	0.02	2.90	OK	-5.35	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
3	1.00	0.45										
127	100 x 45		SLE - N5	0.10	2.90	OK	-5.77	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
3	1.00	0.45										
128	100 x 50		SLE - N5	0.05	2.90	OK	-5.25	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
4	1.00	0.50										
129	100 x 50		SLE - N5	0.05	2.90	OK	-5.41	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
4	1.00	0.50										
130	100 x 60		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-4.17	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
5	1.00	0.60										
131	100 x 60		SLE - N5	0.04	2.90	OK	-4.14	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
5	1.00	0.60										
132	100 x 70		SLE - N5	0.08	2.90	OK	-3.11	-18.00	OK	0.18	360.00	OK
6	1.00	0.70										
133	100 x 85		SLE - N5	0.12	2.90	OK	-2.09	-18.00	OK	0.52	360.00	OK
7	1.00	0.85										
134	100 x 85		SLE - N6	0.21	2.90	OK	-2.47	-18.00	OK	1.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										

Crack checking for determinants cracked members

MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
SECTION	Bc (m)	Hc (m)			
87	100 x 35		SLE - N6	4.51	2.90
1	1.00	0.35			
88	100 x 35		SLE - N6	4.51	2.90
1	1.00	0.35			

Cross-section CT-5 T2 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces  $N_x=-1390.0; M_y=173.0;$

Scale 1 :23.2



A.5.4.22. Rebarred sections ratio checking – CT5 T3

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	100 x 85		SLE - N6	0.29	2.90	OK	-3.69	-18.00	OK	1.41	360.00	OK
7	1.00	0.85										
2	100 x 85		SLE - N6	0.94	2.90	OK	-4.08	-18.00	OK	3.69	360.00	OK
7	1.00	0.85										
3	100 x 85		SLE - N6	1.66	2.90	OK	-4.51	-18.00	OK	7.61	360.00	OK
7	1.00	0.85										
4	100 x 85		SLE - N6	2.47	2.90	OK	-5.22	-18.00	OK	11.91	360.00	OK
7	1.00	0.85										
5	100 x 85		SLE - N6	2.70	2.90	OK	-5.43	-18.00	OK	13.17	360.00	OK
7	1.00	0.85										
6	100 x 85		SLE - N6	2.71	2.90	OK	-5.43	-18.00	OK	13.22	360.00	OK
7	1.00	0.85										
7	100 x 85		SLE - N6	2.60	2.90	OK	-5.31	-18.00	OK	12.65	360.00	OK
7	1.00	0.85										
8	100 x 85		SLE - N6	2.31	2.90	OK	-5.02	-18.00	OK	11.11	360.00	OK
7	1.00	0.85										
9	100 x 85		SLE - N6	1.98	2.90	OK	-4.67	-18.00	OK	9.36	360.00	OK
7	1.00	0.85										
10	100 x 85		SLE - N5	1.67	2.90	OK	-4.36	-18.00	OK	7.76	360.00	OK
7	1.00	0.85										
11	100 x 85		SLE - N5	1.40	2.90	OK	-4.07	-18.00	OK	6.30	360.00	OK
7	1.00	0.85										
12	100 x 85		SLE - N5	1.15	2.90	OK	-3.81	-18.00	OK	4.99	360.00	OK
7	1.00	0.85										
13	100 x 85		SLE - N5	0.93	2.90	OK	-3.58	-18.00	OK	3.82	360.00	OK
7	1.00	0.85										
N6	100 x 85		SLE - N6	0.73	2.90	OK	-3.38	-18.00	OK	2.80	360.00	OK
7	1.00	0.85										
15	100 x 85		SLE - N5	0.57	2.90	OK	-3.21	-18.00	OK	1.92	360.00	OK
7	1.00	0.85										
16	100 x 85		SLE - N5	0.43	2.90	OK	-3.06	-18.00	OK	1.19	360.00	OK
7	1.00	0.85										
17	100 x 85		SLE - N5	0.32	2.90	OK	-2.95	-18.00	OK	0.61	360.00	OK
7	1.00	0.85										
18	100 x 85		SLE - N6	0.23	2.90	OK	-2.86	-18.00	OK	0.17	360.00	OK
7	1.00	0.85										
19	100 x 85		SLE - N5	0.18	2.90	OK	-2.80	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
20	100 x 85		SLE - N5	0.15	2.90	OK	-2.78	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
21	100 x 85		SLE - N5	0.15	2.90	OK	-2.77	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
22	100 x 85		SLE - N5	0.18	2.90	OK	-2.80	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
23	100 x 85		SLE - N5	0.23	2.90	OK	-2.85	-18.00	OK	0.14	360.00	OK
7	1.00	0.85										
24	100 x 85		SLE - N5	0.31	2.90	OK	-2.94	-18.00	OK	0.57	360.00	OK
7	1.00	0.85										
25	100 x 85		SLE - N6	0.42	2.90	OK	-3.05	-18.00	OK	1.14	360.00	OK
7	1.00	0.85										
26	100 x 85		SLE - N5	0.55	2.90	OK	-3.19	-18.00	OK	1.86	360.00	OK
7	1.00	0.85										
27	100 x 85		SLE - N5	0.72	2.90	OK	-3.36	-18.00	OK	2.72	360.00	OK
7	1.00	0.85										
28	100 x 85		SLE - N5	0.91	2.90	OK	-3.56	-18.00	OK	3.73	360.00	OK
7	1.00	0.85										
29	100 x 85		SLE - N6	1.13	2.90	OK	-3.79	-18.00	OK	4.88	360.00	OK
7	1.00	0.85										
30	100 x 85		SLE - N5	1.37	2.90	OK	-4.04	-18.00	OK	6.18	360.00	OK
7	1.00	0.85										

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
31	100 x 85		SLE - N6	1.65	2.90	OK	-4.33	-18.00	OK	7.63	360.00	OK
7	1.00	0.85										
32	100 x 85		SLE - N6	1.95	2.90	OK	-4.64	-18.00	OK	9.22	360.00	OK
7	1.00	0.85										
33	100 x 85		SLE - N6	2.28	2.90	OK	-4.98	-18.00	OK	10.95	360.00	OK
7	1.00	0.85										
34	100 x 85		SLE - N6	2.57	2.90	OK	-5.27	-18.00	OK	12.49	360.00	OK
7	1.00	0.85										
35	100 x 85		SLE - N6	2.69	2.90	OK	-5.39	-18.00	OK	13.08	360.00	OK
7	1.00	0.85										
36	100 x 85		SLE - N6	2.68	2.90	OK	-5.40	-18.00	OK	13.03	360.00	OK
7	1.00	0.85										
37	100 x 85		SLE - N6	2.45	2.90	OK	-5.19	-18.00	OK	11.81	360.00	OK
7	1.00	0.85										
38	100 x 85		SLE - N6	1.65	2.90	OK	-4.49	-18.00	OK	7.58	360.00	OK
7	1.00	0.85										
39	100 x 85		SLE - N6	0.95	2.90	OK	-4.07	-18.00	OK	3.72	360.00	OK
7	1.00	0.85										
40	100 x 85		SLE - N6	0.28	2.90	OK	-3.69	-18.00	OK	1.40	360.00	OK
7	1.00	0.85										
41	100 x 85		SLE - N6	0.21	2.90	OK	-3.27	-18.00	OK	1.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										
42	100 x 85		SLE - N5	0.13	2.90	OK	-2.92	-18.00	OK	0.53	360.00	OK
7	1.00	0.85										
43	100 x 70		SLE - N5	0.09	2.90	OK	-4.84	-18.00	OK	0.21	360.00	OK
6	1.00	0.70										
44	100 x 60		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-6.32	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
5	1.00	0.60										
45	100 x 60		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-6.33	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
5	1.00	0.60										
46	100 x 50		SLE - N5	0.06	2.90	OK	-8.11	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
4	1.00	0.50										
47	100 x 50		SLE - N5	0.05	2.90	OK	-7.77	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
4	1.00	0.50										
48	100 x 45		SLE - N5	0.10	2.90	OK	-8.45	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
3	1.00	0.45										
49	100 x 45		SLE - N5	0.02	2.90	OK	-7.79	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
3	1.00	0.45										
50	100 x 40		SLE - N5	0.09	2.90	OK	-8.35	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
2	1.00	0.40										
51	100 x 40		SLE - N5	0.11	2.90	OK	-7.61	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
2	1.00	0.40										
52	100 x 35		SLE - N5	0.21	2.90	OK	-8.18	-18.00	OK	0.11	360.00	OK
1	1.00	0.35										
53	100 x 35		SLE - N5	0.20	2.90	OK	-7.51	-18.00	OK	0.11	360.00	OK
1	1.00	0.35										
54	100 x 35		SLE - N5	0.20	2.90	OK	-7.09	-18.00	OK	0.09	360.00	OK
1	1.00	0.35										
55	100 x 35		SLE - N6	0.17	2.90	OK	-7.18	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
56	100 x 35		SLE - N6	0.11	2.90	OK	-7.19	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
57	100 x 35		SLE - N6	0.01	2.90	OK	-7.05	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
58	100 x 35		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-6.99	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
59	100 x 35		SLE - N6	0.00	2.90	OK	-8.40	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
60	100 x 35		SLE - N6	0.00	2.90	OK	-8.42	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$	$\sigma_{ct, Adm}$	CHECK	$\sigma_c, MAX$	$\sigma_c, Adm$	CHECK	$\sigma_s, MAX$	$\sigma_s, Adm$	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
61	100 x 35		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-7.99	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
62	100 x 35		SLE - N6	0.31	2.90	OK	-7.42	-18.00	OK	0.71	360.00	OK
1	1.00	0.35										
63	100 x 35		SLE - N5	0.51	2.90	OK	-6.88	-18.00	OK	1.54	360.00	OK
1	1.00	0.35										
64	100 x 35		SLE - N5	0.64	2.90	OK	-7.96	-18.00	OK	2.08	360.00	OK
1	1.00	0.35										
65	100 x 35		SLE - N6	0.71	2.90	OK	-9.24	-18.00	OK	2.37	360.00	OK
1	1.00	0.35										
66	100 x 35		SLE - N6	0.72	2.90	OK	-10.65	-18.00	OK	2.43	360.00	OK
1	1.00	0.35										
67	100 x 35		SLE - N6	0.72	2.90	OK	-12.08	-18.00	OK	2.43	360.00	OK
1	1.00	0.35										
68	100 x 35		SLE - N6	0.68	2.90	OK	-13.34	-18.00	OK	2.29	360.00	OK
1	1.00	0.35										
69	100 x 35		SLE - N6	1.55	2.90	OK	-14.29	-18.00	OK	1.95	360.00	OK
1	1.00	0.35										
70	100 x 35		SLE - N6	1.95	2.90	OK	-14.68	-18.00	OK	1.49	360.00	OK
1	1.00	0.35										
71	100 x 35		SLE - N6	1.95	2.90	OK	-14.68	-18.00	OK	0.93	360.00	OK
1	1.00	0.35										
72	100 x 35		SLE - N6	1.88	2.90	OK	-14.59	-18.00	OK	0.29	360.00	OK
1	1.00	0.35										
73	100 x 35		SLE - N6	1.42	2.90	OK	-14.11	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
74	100 x 35		SLE - N6	0.60	2.90	OK	-13.27	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
75	100 x 35		SLE - N5	0.16	2.90	OK	-12.23	-18.00	OK	0.29	360.00	OK
1	1.00	0.35										
76	100 x 35		SLE - N5	0.36	2.90	OK	-11.32	-18.00	OK	1.11	360.00	OK
1	1.00	0.35										
77	100 x 35		SLE - N5	0.55	2.90	OK	-10.19	-18.00	OK	1.91	360.00	OK
1	1.00	0.35										
78	100 x 35		SLE - N5	0.73	2.90	OK	-8.88	-18.00	OK	2.67	360.00	OK
1	1.00	0.35										
79	100 x 35		SLE - N6	0.91	2.90	OK	-8.63	-18.00	OK	3.39	360.00	OK
1	1.00	0.35										
80	100 x 35		SLE - N6	1.06	2.90	OK	-10.41	-18.00	OK	4.04	360.00	OK
1	1.00	0.35										
81	100 x 35		SLE - N6	1.20	2.90	OK	-12.11	-18.00	OK	4.63	360.00	OK
1	1.00	0.35										
82	100 x 35		SLE - N6	1.33	2.90	OK	-13.68	-18.00	OK	5.14	360.00	OK
1	1.00	0.35										
83	100 x 35		SLE - N6	2.68	2.90	OK	-15.09	-18.00	OK	5.56	360.00	OK
1	1.00	0.35										
84	100 x 35		SLE - N6	3.88	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
85	100 x 35		SLE - N6	4.79	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
86	100 x 35		SLE - N6	5.38	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
87	100 x 35		SLE - N6	5.58	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
88	100 x 35		SLE - N6	5.58	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
89	100 x 35		SLE - N6	5.38	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
90	100 x 35		SLE - N6	4.80	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$	$\sigma_{ct, Adm}$	CHECK	$\sigma_c, MAX$	$\sigma_c, Adm$	CHECK	$\sigma_s, MAX$	$\sigma_s, Adm$	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
91	100 x 35		SLE - N6	3.89	2.90	FESSURATO	***	-18.00	***	***	360.00	***
1	1.00	0.35										
92	100 x 35		SLE - N6	2.70	2.90	OK	-15.10	-18.00	OK	5.56	360.00	OK
1	1.00	0.35										
93	100 x 35		SLE - N6	1.32	2.90	OK	-13.71	-18.00	OK	5.13	360.00	OK
1	1.00	0.35										
94	100 x 35		SLE - N6	1.20	2.90	OK	-12.13	-18.00	OK	4.62	360.00	OK
1	1.00	0.35										
95	100 x 35		SLE - N6	1.06	2.90	OK	-10.44	-18.00	OK	4.04	360.00	OK
1	1.00	0.35										
96	100 x 35		SLE - N6	0.90	2.90	OK	-8.67	-18.00	OK	3.38	360.00	OK
1	1.00	0.35										
97	100 x 35		SLE - N5	0.73	2.90	OK	-8.95	-18.00	OK	2.67	360.00	OK
1	1.00	0.35										
98	100 x 35		SLE - N5	0.55	2.90	OK	-10.27	-18.00	OK	1.90	360.00	OK
1	1.00	0.35										
99	100 x 35		SLE - N5	0.36	2.90	OK	-11.41	-18.00	OK	1.11	360.00	OK
1	1.00	0.35										
100	100 x 35		SLE - N5	0.16	2.90	OK	-12.32	-18.00	OK	0.28	360.00	OK
1	1.00	0.35										
101	100 x 35		SLE - N6	0.53	2.90	OK	-13.20	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
102	100 x 35		SLE - N6	1.34	2.90	OK	-14.03	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
103	100 x 35		SLE - N6	1.80	2.90	OK	-14.51	-18.00	OK	0.30	360.00	OK
1	1.00	0.35										
104	100 x 35		SLE - N6	1.87	2.90	OK	-14.59	-18.00	OK	0.94	360.00	OK
1	1.00	0.35										
105	100 x 35		SLE - N6	1.87	2.90	OK	-14.59	-18.00	OK	1.50	360.00	OK
1	1.00	0.35										
106	100 x 35		SLE - N6	1.49	2.90	OK	-14.22	-18.00	OK	1.97	360.00	OK
1	1.00	0.35										
107	100 x 35		SLE - N6	0.68	2.90	OK	-13.34	-18.00	OK	2.30	360.00	OK
1	1.00	0.35										
108	100 x 35		SLE - N6	0.72	2.90	OK	-12.13	-18.00	OK	2.45	360.00	OK
1	1.00	0.35										
109	100 x 35		SLE - N6	0.72	2.90	OK	-10.73	-18.00	OK	2.45	360.00	OK
1	1.00	0.35										
110	100 x 35		SLE - N6	0.71	2.90	OK	-9.35	-18.00	OK	2.38	360.00	OK
1	1.00	0.35										
111	100 x 35		SLE - N6	0.64	2.90	OK	-8.09	-18.00	OK	2.10	360.00	OK
1	1.00	0.35										
112	100 x 35		SLE - N5	0.51	2.90	OK	-7.02	-18.00	OK	1.55	360.00	OK
1	1.00	0.35										
113	100 x 35		SLE - N6	0.32	2.90	OK	-7.21	-18.00	OK	0.73	360.00	OK
1	1.00	0.35										
1N6	100 x 35		SLE - N6	0.09	2.90	OK	-7.75	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
115	100 x 35		SLE - N6	0.00	2.90	OK	-8.16	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
116	100 x 35		SLE - N6	0.00	2.90	OK	-8.44	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
117	100 x 35		SLE - N6	0.00	2.90	OK	-8.44	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
118	100 x 35		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-6.97	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
119	100 x 35		SLE - N6	0.10	2.90	OK	-7.06	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
120	100 x 35		SLE - N6	0.16	2.90	OK	-7.04	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										

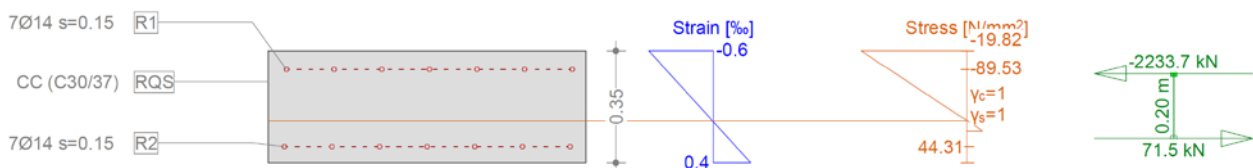
STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	$\sigma_c, MAX$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c, Adm$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	$\sigma_s, MAX$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s, Adm$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)										
121	100 x 35		SLE - N5	0.19	2.90	OK	-7.06	-18.00	OK	0.08	360.00	OK
1	1.00	0.35										
122	100 x 35		SLE - N5	0.20	2.90	OK	-7.53	-18.00	OK	0.10	360.00	OK
1	1.00	0.35										
123	100 x 35		SLE - N5	0.20	2.90	OK	-8.18	-18.00	OK	0.11	360.00	OK
1	1.00	0.35										
124	100 x 40		SLE - N5	0.11	2.90	OK	-7.61	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
2	1.00	0.40										
125	100 x 40		SLE - N5	0.09	2.90	OK	-8.38	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
2	1.00	0.40										
126	100 x 45		SLE - N5	0.02	2.90	OK	-7.86	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
3	1.00	0.45										
127	100 x 45		SLE - N5	0.10	2.90	OK	-8.54	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
3	1.00	0.45										
128	100 x 50		SLE - N5	0.05	2.90	OK	-7.88	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
4	1.00	0.50										
129	100 x 50		SLE - N5	0.05	2.90	OK	-8.25	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
4	1.00	0.50										
130	100 x 60		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-6.44	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
5	1.00	0.60										
131	100 x 60		SLE - N5	0.04	2.90	OK	-6.43	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
5	1.00	0.60										
132	100 x 70		SLE - N5	0.08	2.90	OK	-4.96	-18.00	OK	0.18	360.00	OK
6	1.00	0.70										
133	100 x 85		SLE - N5	0.12	2.90	OK	-2.99	-18.00	OK	0.52	360.00	OK
7	1.00	0.85										
134	100 x 85		SLE - N6	0.21	2.90	OK	-3.26	-18.00	OK	1.00	360.00	OK
7	1.00	0.85										

Crack checking for determinants cracked members

MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
SECTION	Bc (m)	Hc (m)			
87	100 x 35		SLE - N6	5.58	2.90
1	1.00	0.35			
88	100 x 35		SLE - N6	5.58	2.90
1	1.00	0.35			

Cross-section CT-5 T3 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces  $N_x=-2162.0$ ;  $M_y=240.1$ ;

Scale 1 :23.1





## **ANHANG 7 - FEM-ANALYSE DES KÜNSTLICHEN TUNNELS**

Die Anlage 5 führt die graphischen Darstellungen und wichtigsten In- und Outputs der Analysen für die Betonschale des künstlichen Tunnels, die mit dem Rechenprogramm MIDAS Gen durchgeführt wurden, sowie die Nachweise im GZG und GZT.

## **APPENDICE 7 - ANALISI FEM DELLA GALLERIA ARTIFICIALE**

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

### A.6.1. General parameters of structure

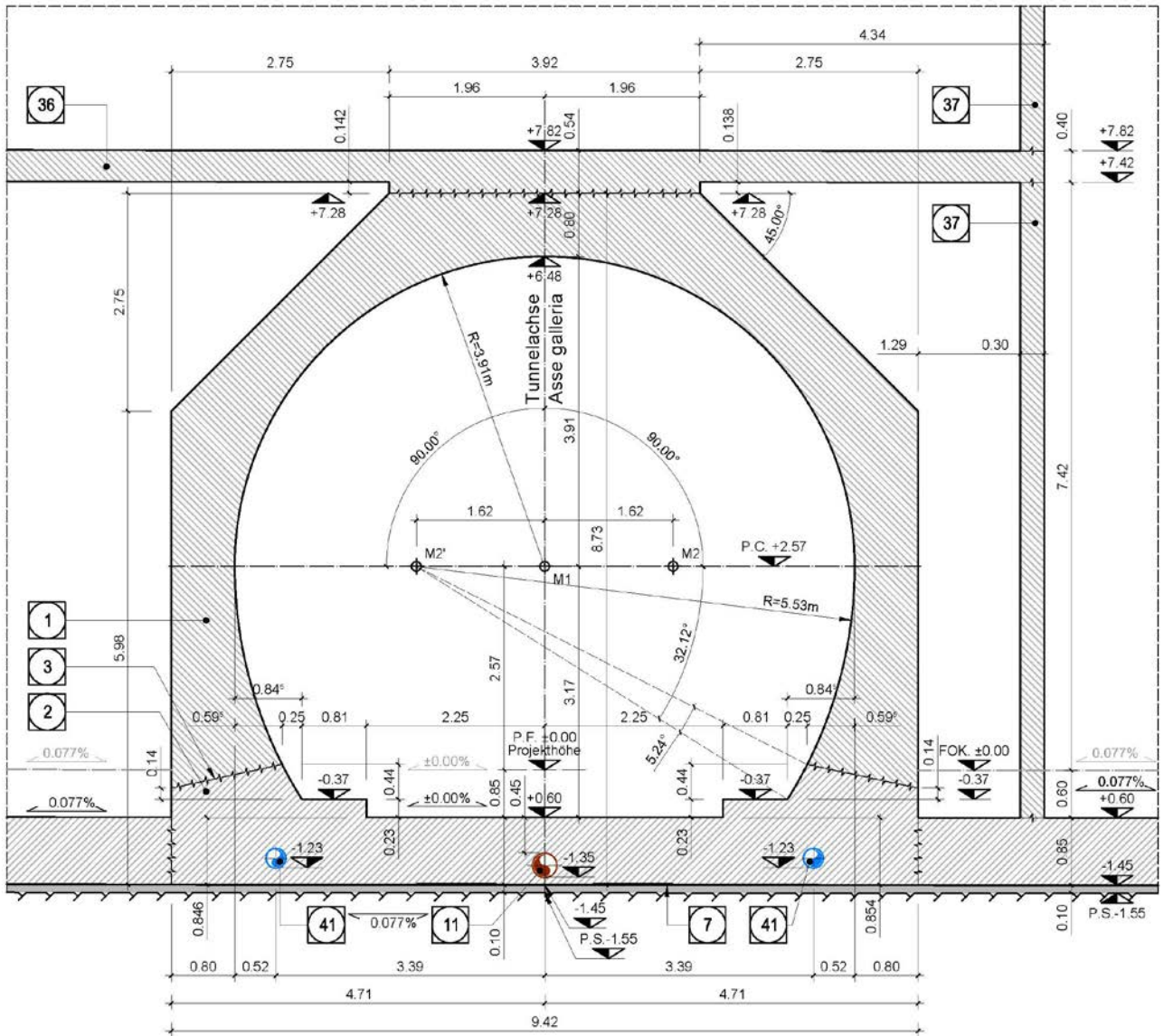


Figure 14 GL-CT5-T cross section

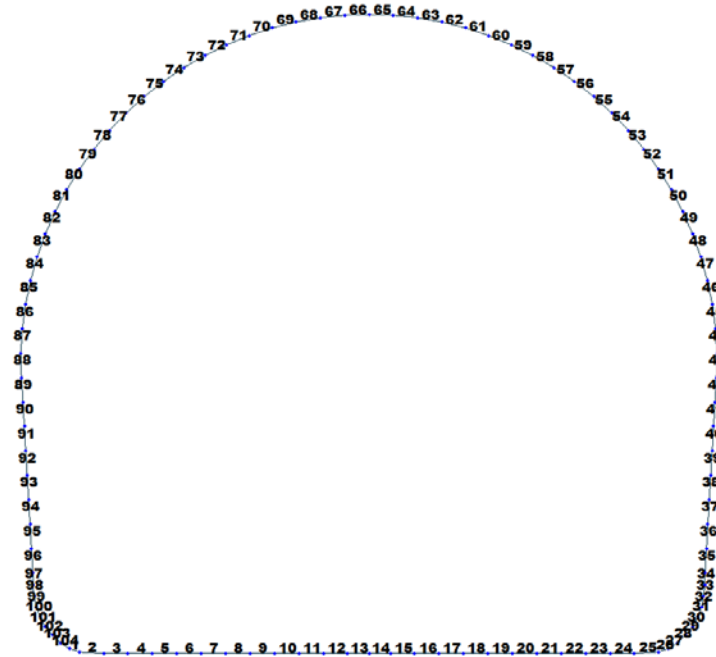


Figure 15 Elements numbering

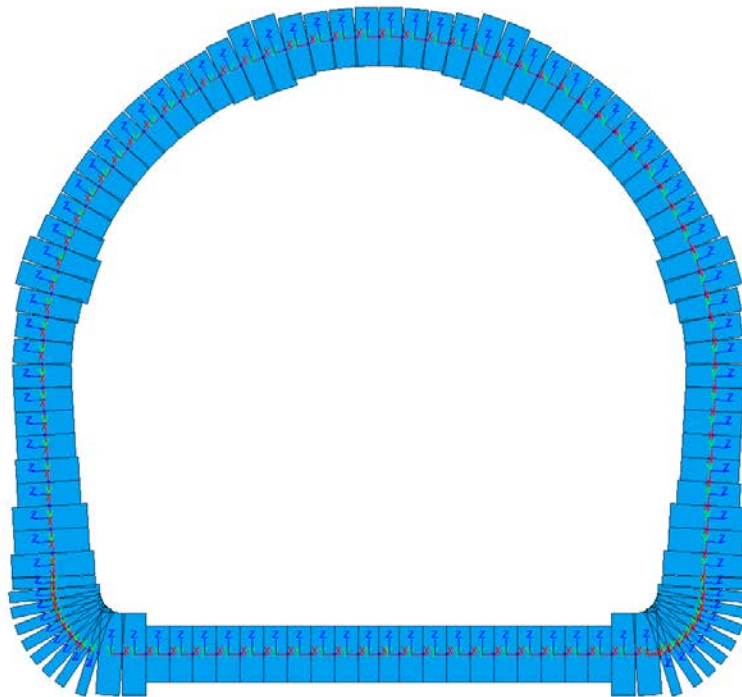


Figure 16 Element local axis

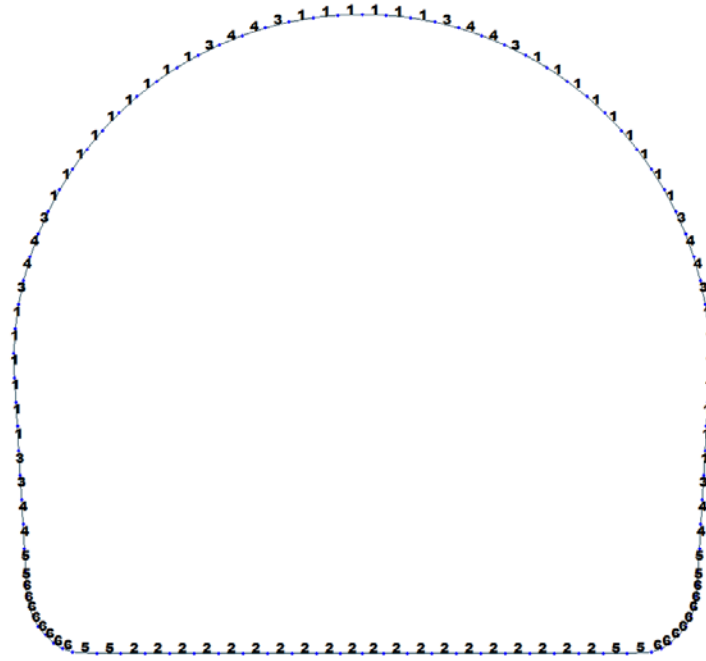


Figure 17 Element section property

Table 4 Section characteristic

ID	Name	Area (m <sup>2</sup> )	Asy (m <sup>2</sup> )	Asz (m <sup>2</sup> )	Ixx (m <sup>4</sup> )	Iyy (m <sup>4</sup> )	Izz (m <sup>4</sup> )	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 5 Material parameters

ID	Name	Type	Code	Elasticity (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson	Thermal (1/[F])	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Mass Density (kN/m <sup>3</sup> /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

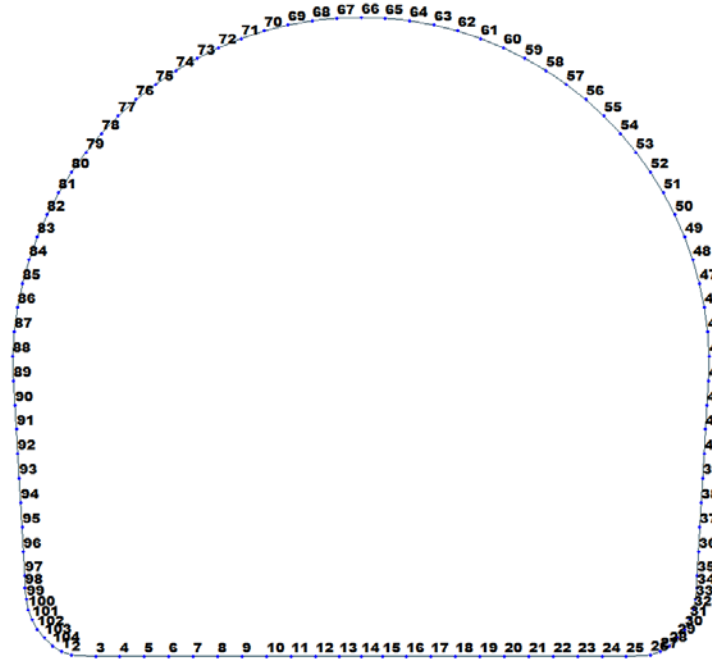


Figure 18 Node numbering

Table 6 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-CT5-T cross section

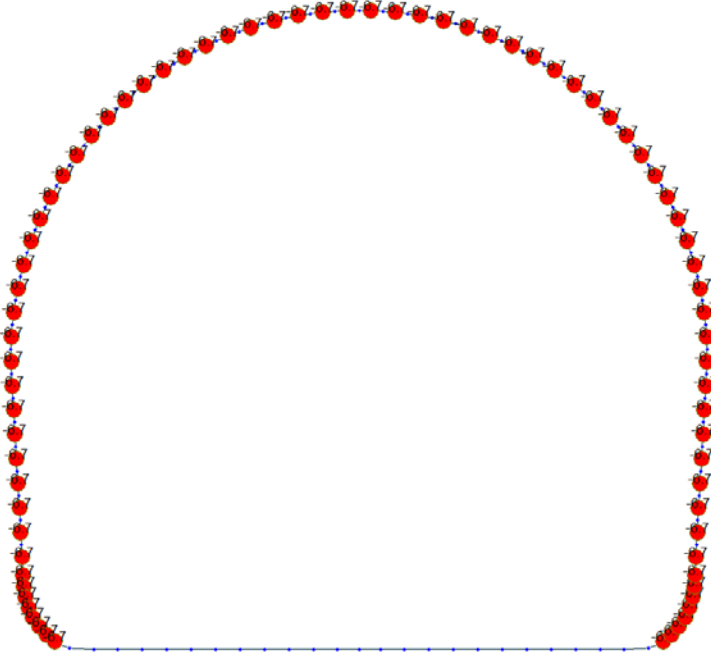


Figure 19 Load G6 SLU

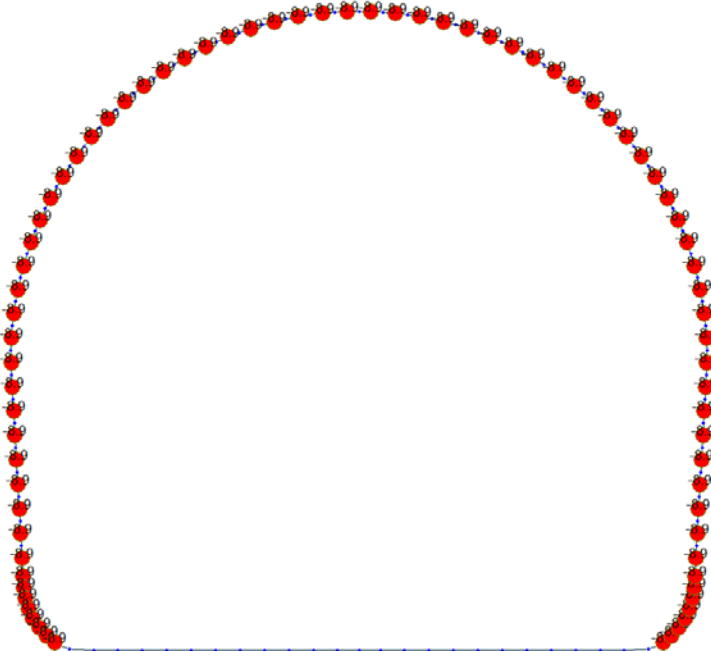


Figure 20 Load G6 SLE

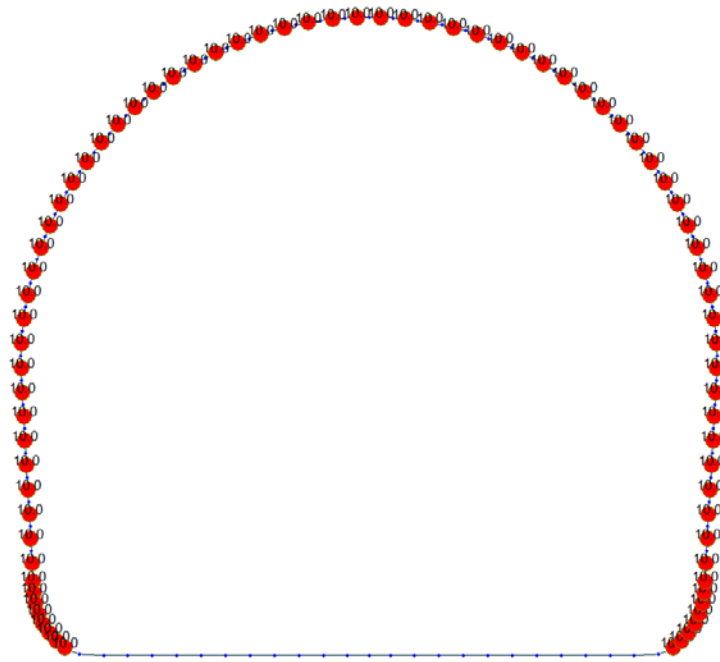


Figure 21 Q1 E (Costant temperature)

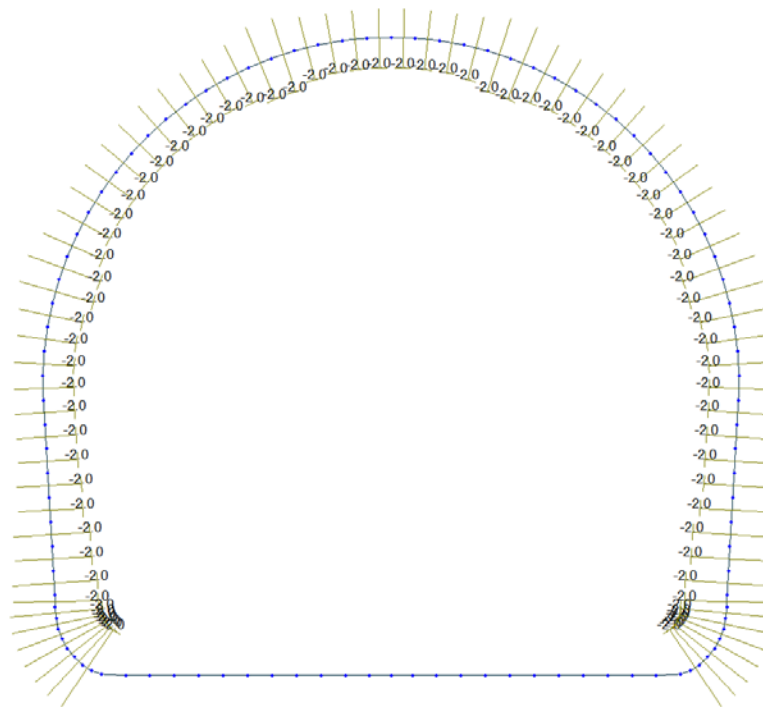


Figure 22 Load Q1 E (Temperature gradient)



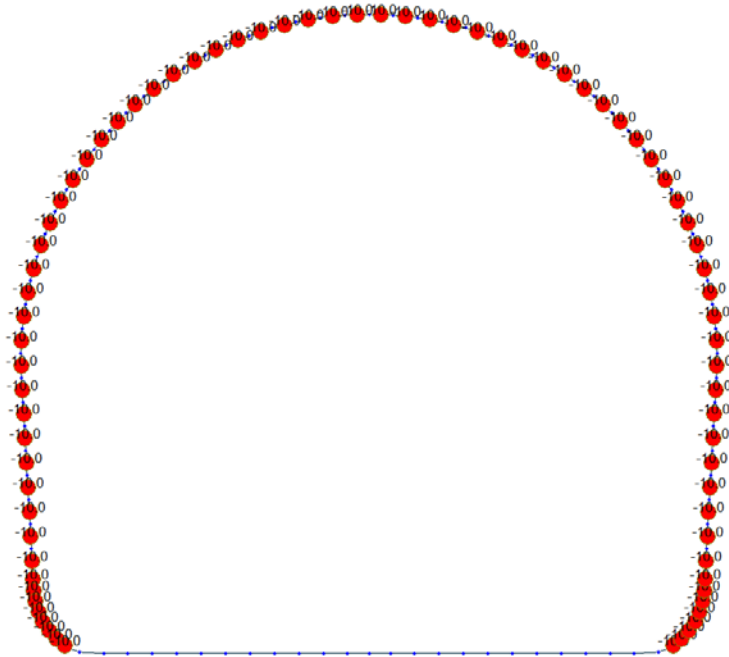


Figure 23 Load Q1 I (Costant temperature)

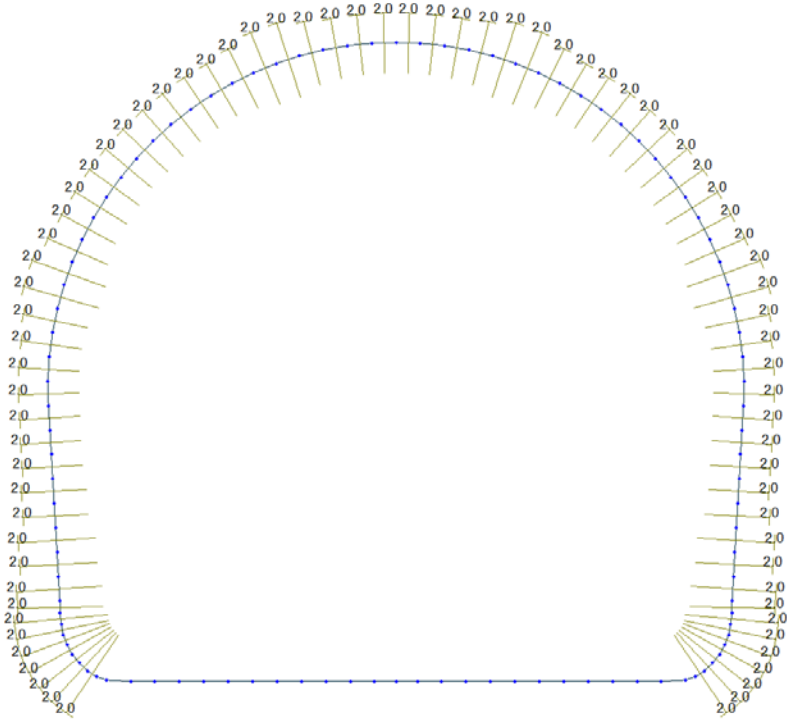


Figure 24 Load Q1 I (Temperature gradient)

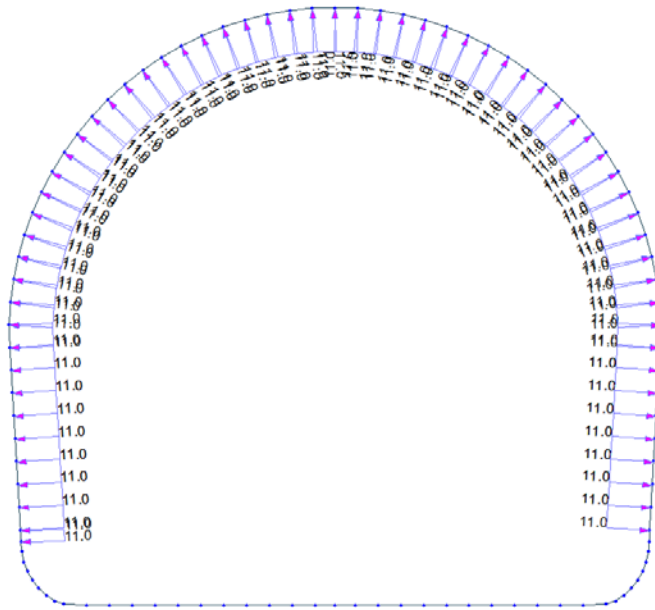


Figure 25 Load A1 Aspiration

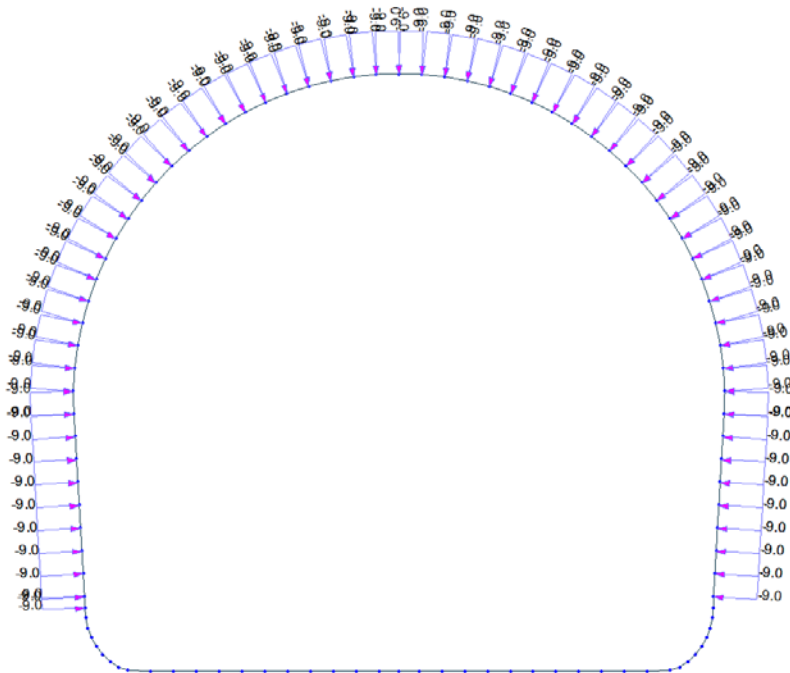


Figure 26 Load A Pression

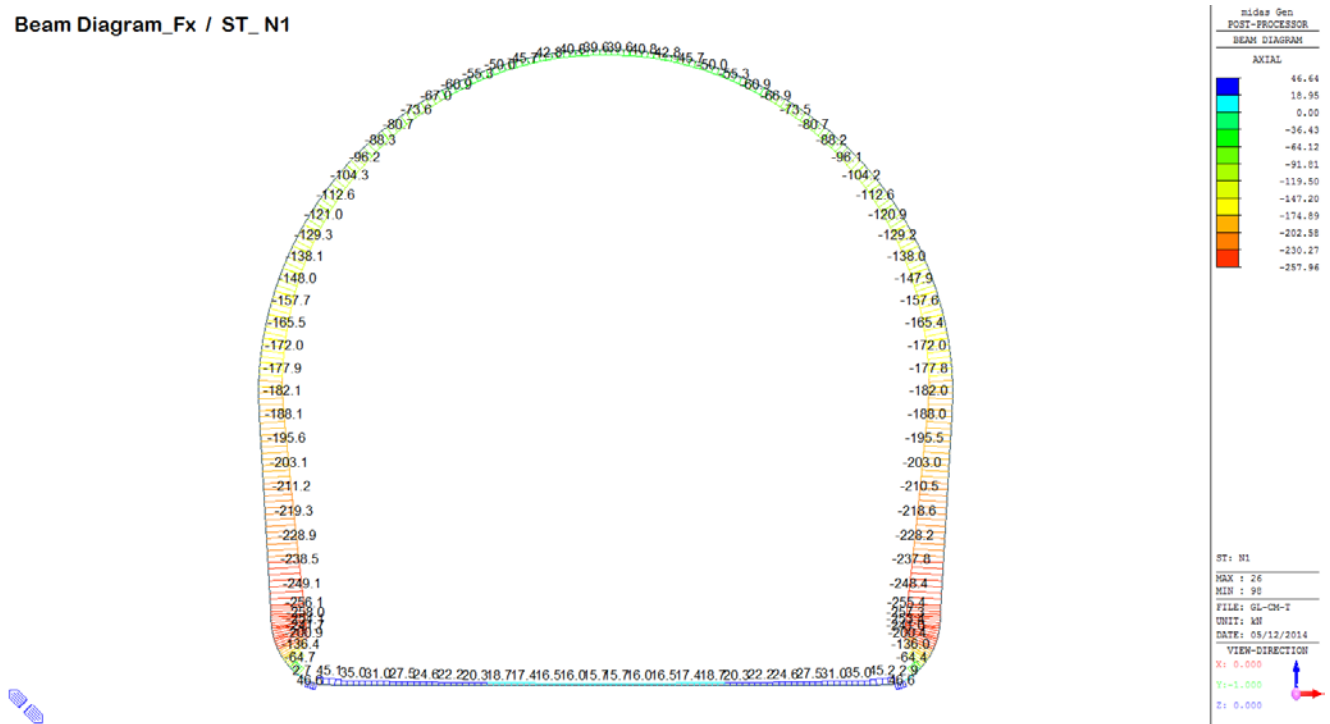
### A.6.3. Load combinations

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)
5	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)
6	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)
7	21	Inactive	Add	G1( 1.000) + + G5 - C (Orizzontale)( 1.000) +	G5 - A( 1.000) + Q1 - E( 0.600)	G5 - C (Verticale)( 1.000)
8	22	Inactive	Add	G1( 1.000) + + G5 - C (Orizzontale)( 1.000) +	G5 - A( 1.000) + G6 - SLU( 1.000)	G5 - C (Verticale)( 1.000)
9	SLE - 1	Inactive	Add	G1( 1.000) +	Q1 - E( 1.000)	
10	SLE - 2	Inactive	Add	G1( 1.000) +	G6 - SLE( 1.000) +	Q1 - I( 1.000)

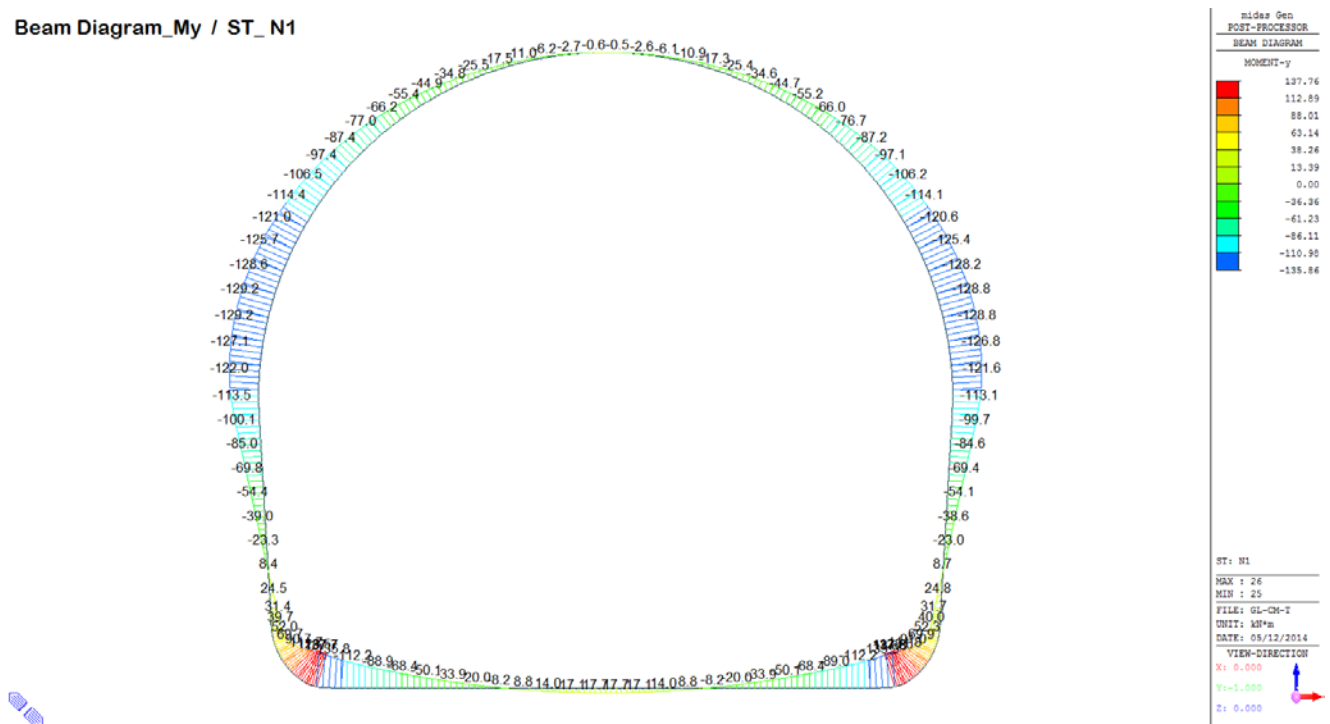
## A.6.4. Output and check result for GL-CT5-T cross section

### A.6.4.1. Load combination SLU 1

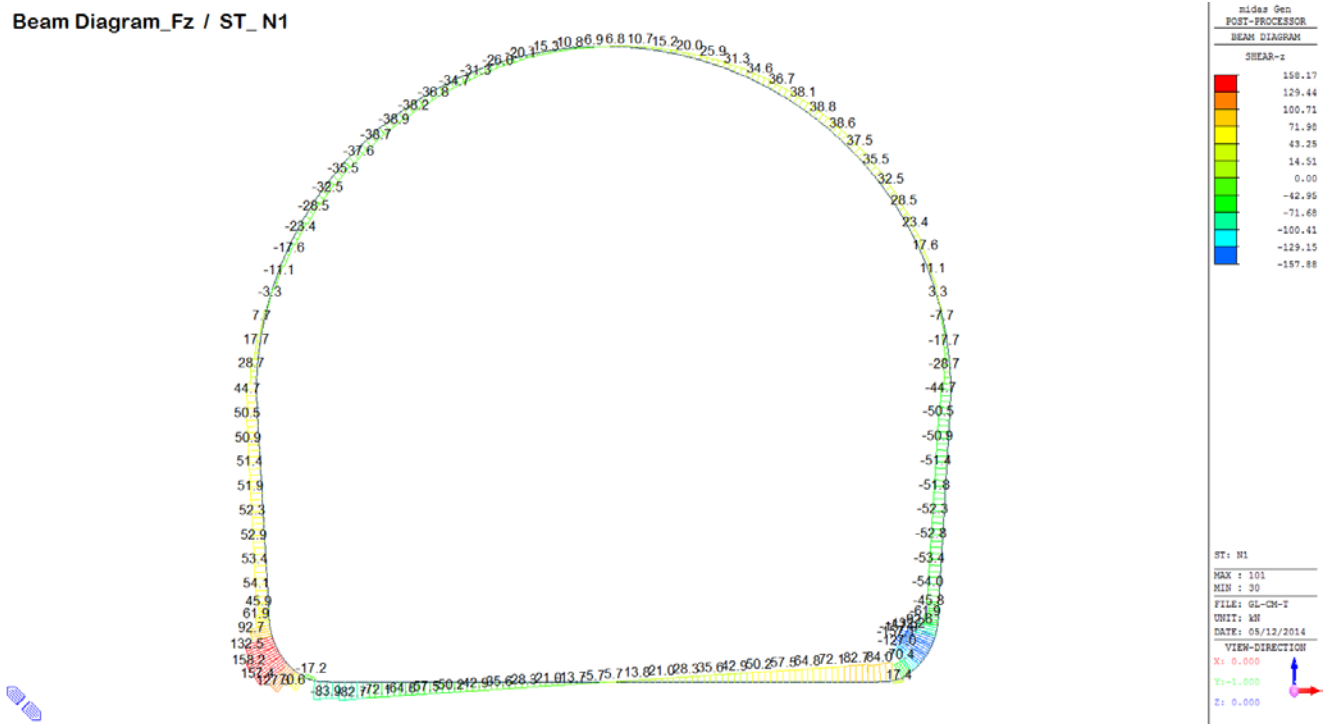
Beam Diagram\_Fx / ST\_N1



Beam Diagram\_My / ST\_N1

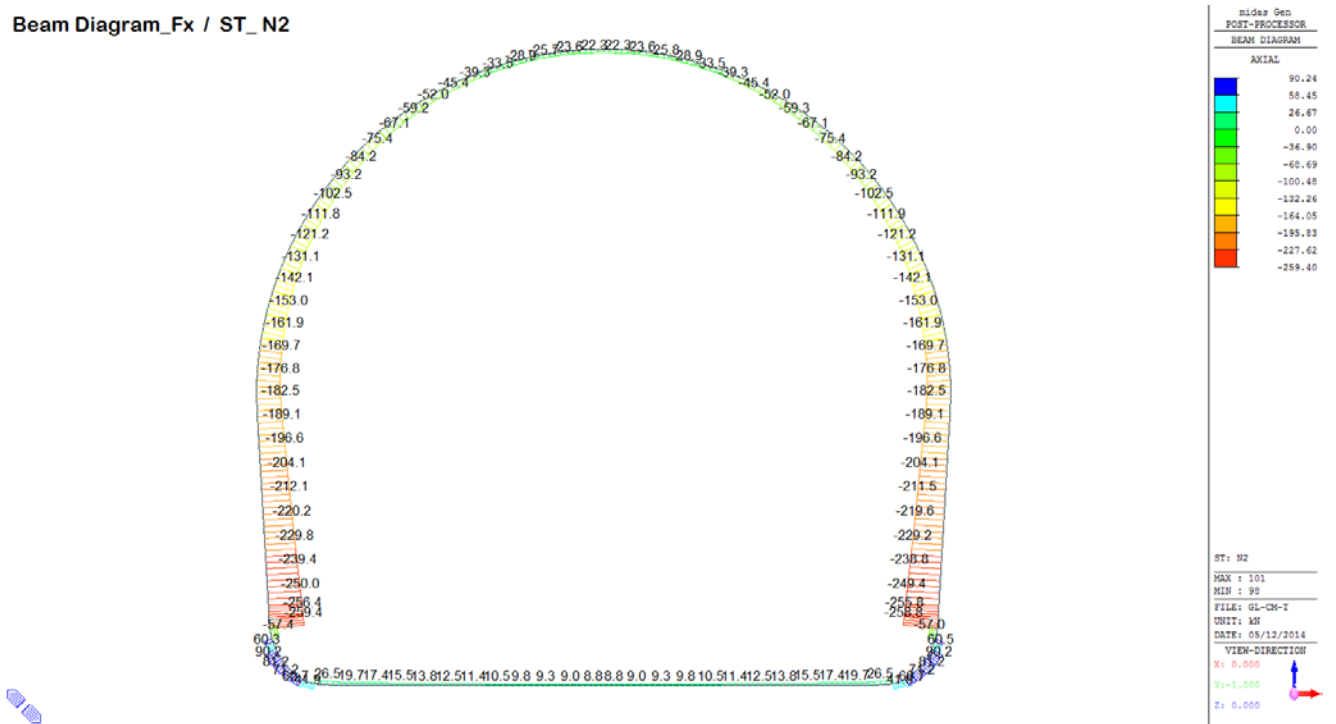


Beam Diagram\_Fz / ST\_N1

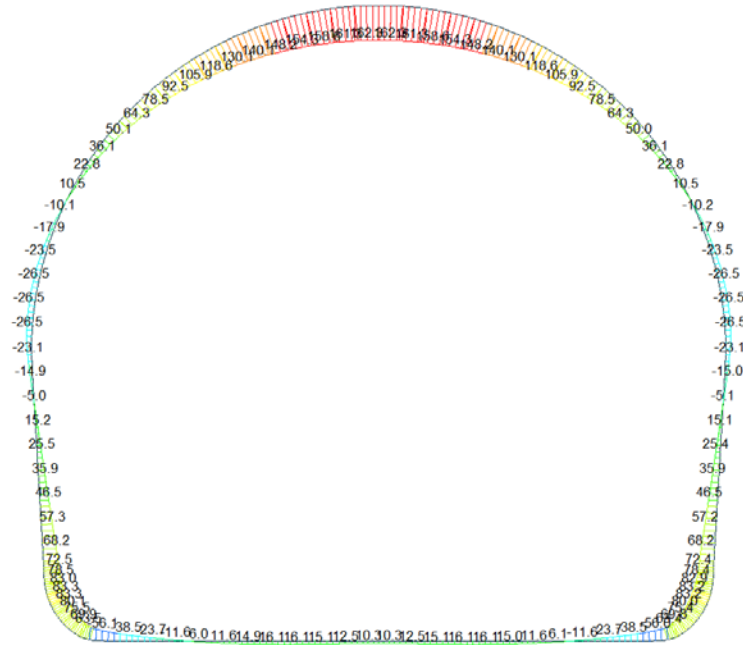


A.6.4.2. Load combination SLU 2

Beam Diagram\_Fx / ST\_N2



Beam Diagram\_My / ST\_N2



nidas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

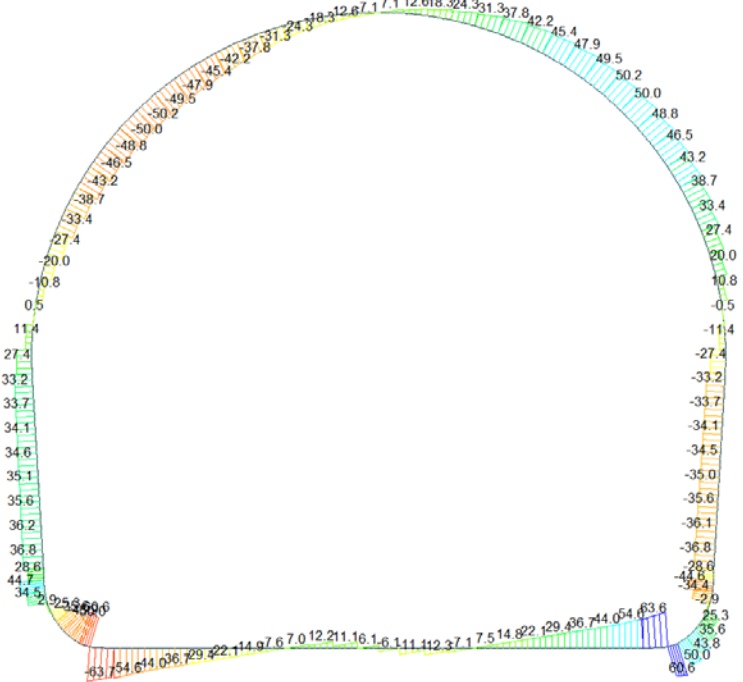
MOMENT-y

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

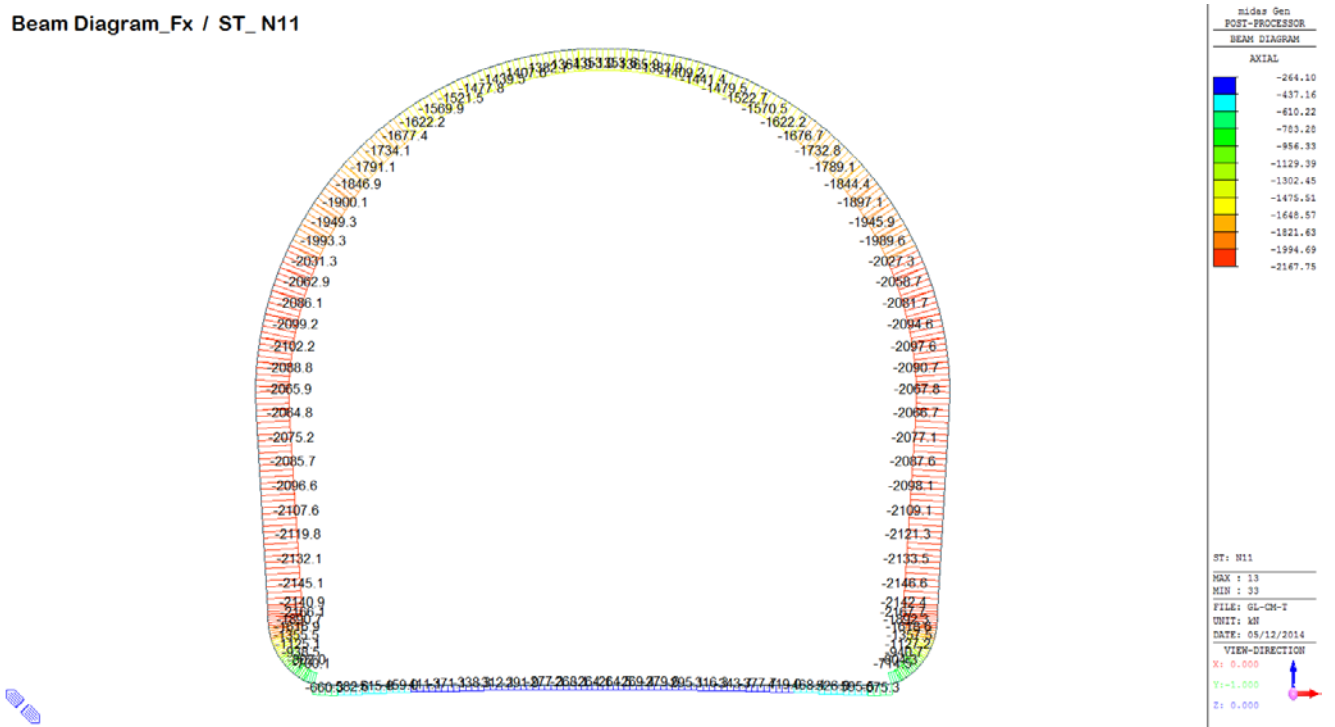
63.64
52.07
40.50
28.92
17.35
0.00
-5.80
-17.38
-28.95
-40.53
-52.10
-63.68

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

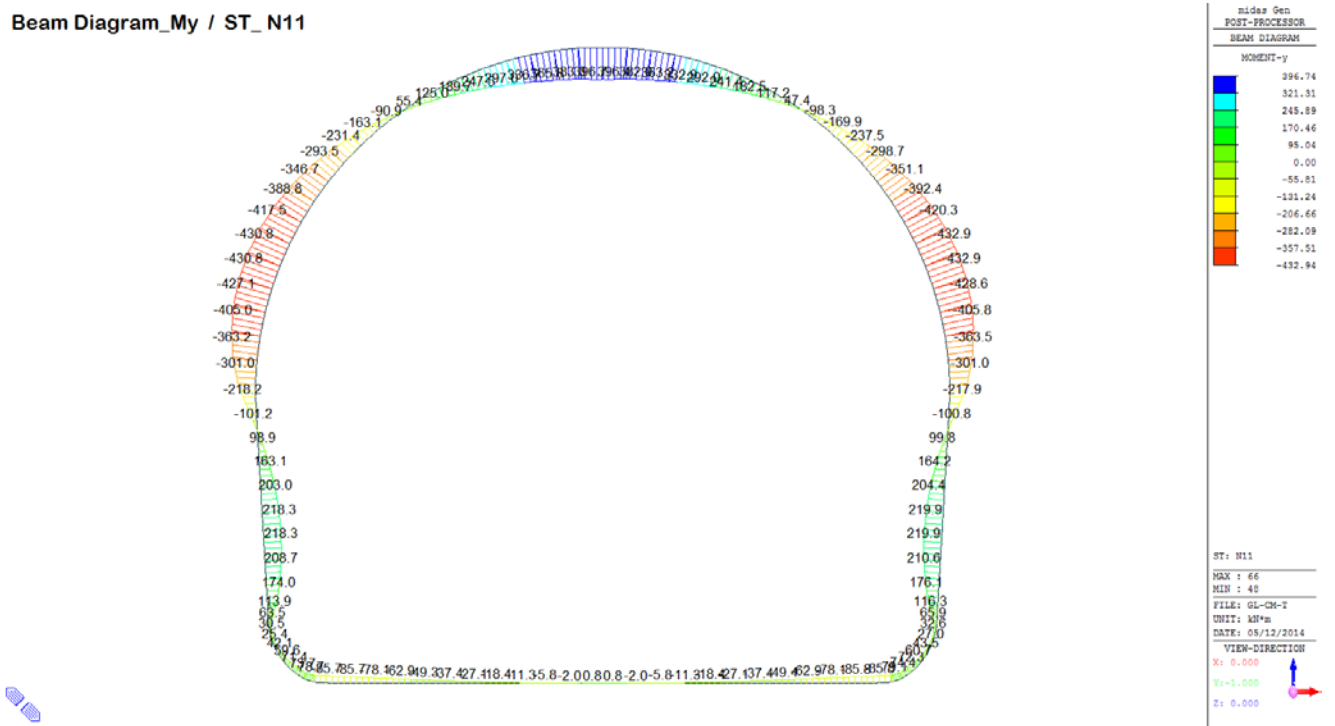
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

A.6.4.3. Load combination SLU 11

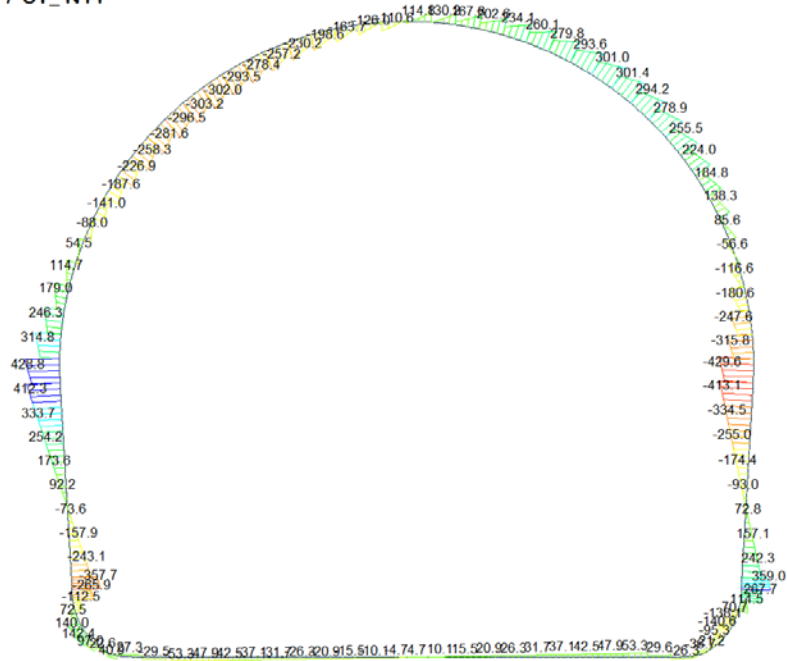
Beam Diagram\_Fx / ST\_N11



Beam Diagram\_My / ST\_N11



Beam Diagram\_Fz / ST\_N11



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

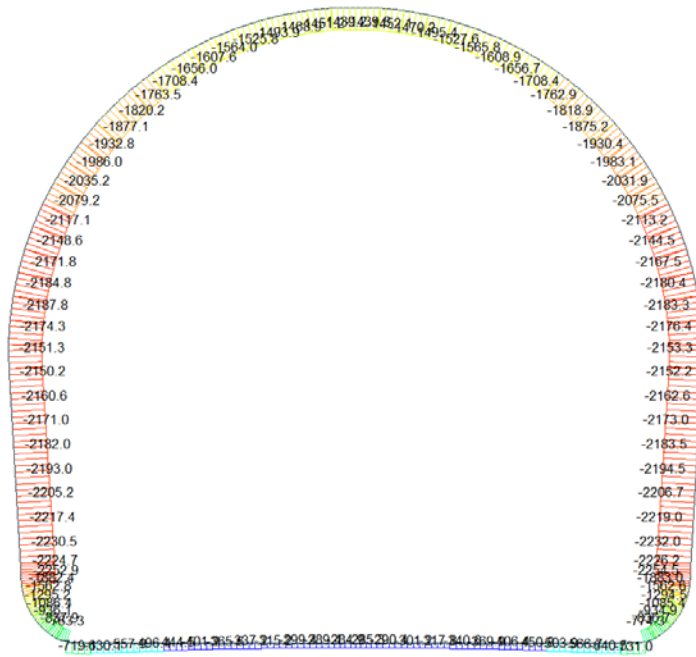
426.84
350.80
272.77
194.73
116.69
0.00
-39.38
-117.42
-195.46
-273.50
-351.54
-429.57

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.6.4.4. Load combination SLU 12

Beam Diagram\_Fx / ST\_N12



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

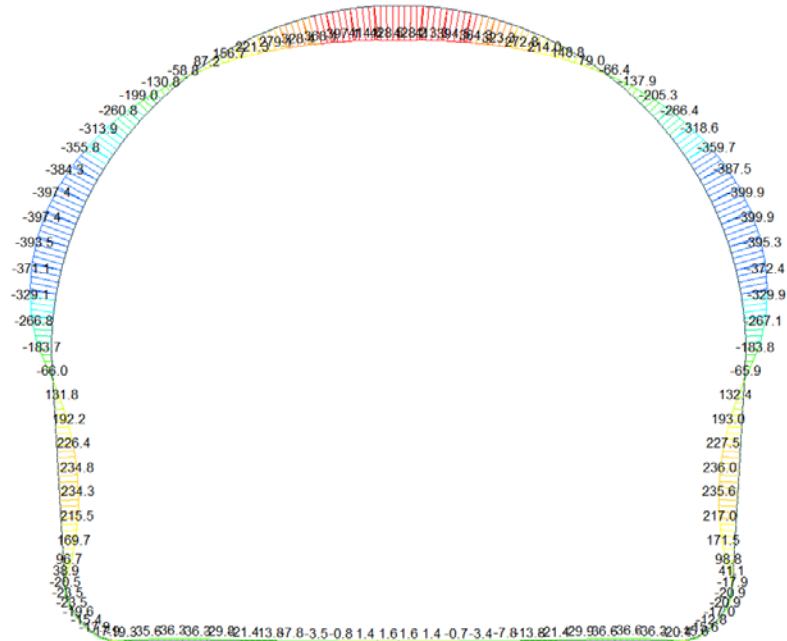
-284.92
-463.97
-643.01
-822.06
-1001.11
-1180.16
-1359.21
-1538.26
-1717.31
-1896.35
-2075.40
-2254.45

ST: N12  
MAX : 13  
MIN : 33  
FILE: GL-CH-T  
UNIT: kN  
DATE: 05/12/2014

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



Beam Diagram\_My / ST\_N12



nidas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

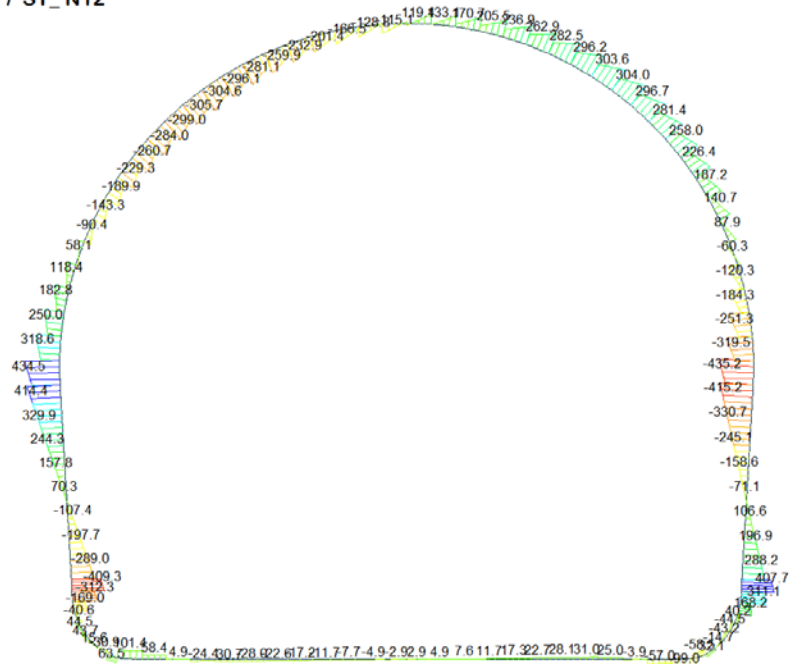
MOMENT-y

420.54
353.23
277.92
202.61
127.29
51.98
0.00
-98.64
-173.95
-249.26
-324.57
-399.88

ST: N12  
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\_N12



nidas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

Shear-z

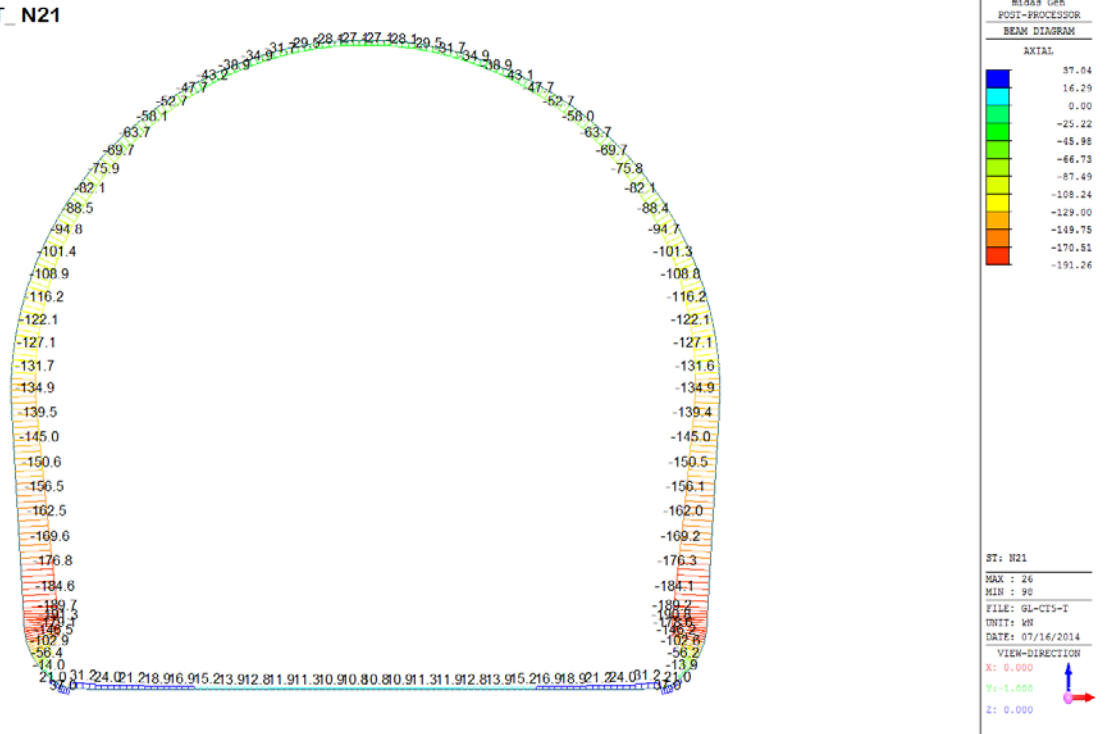
434.46
355.40
276.34
197.28
118.22
0.00
-39.90
-118.96
-198.02
-277.08
-356.14
-435.19

ST: N12  
MAX : 88  
MIN : 43  
FILE: GL-CH-T  
UNIT: kN  
DATE: 05/12/2014

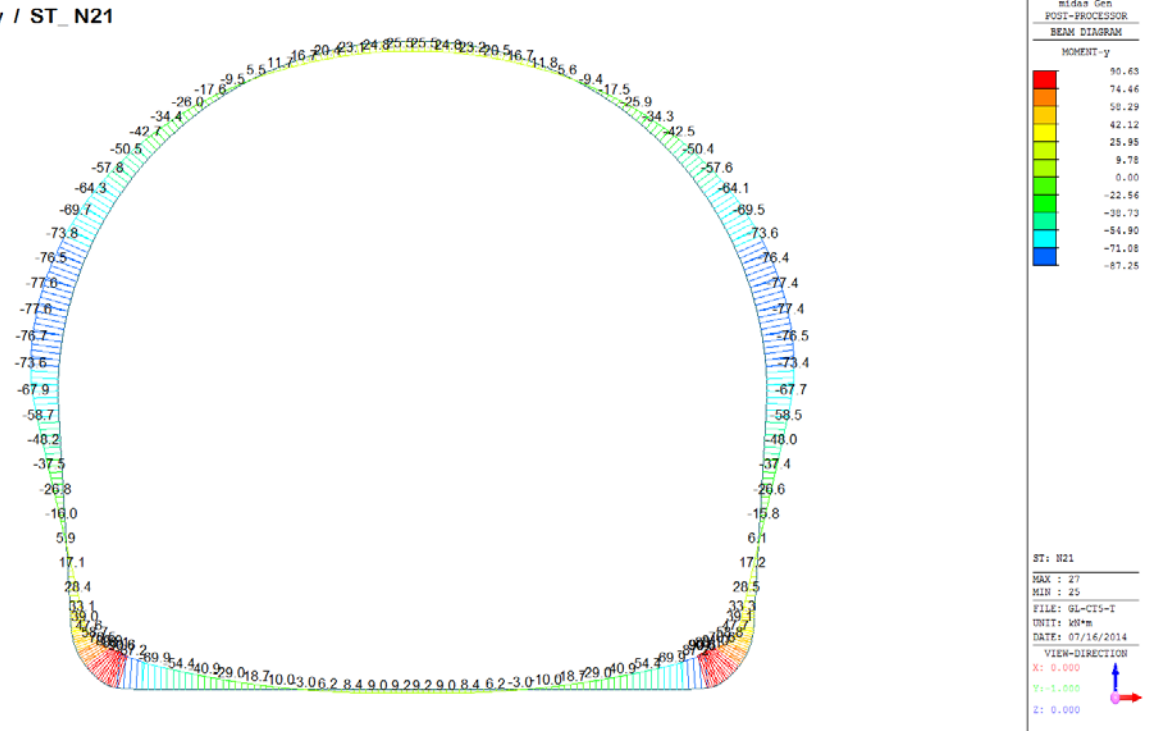
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

A.6.4.5. Load combination SLU 21

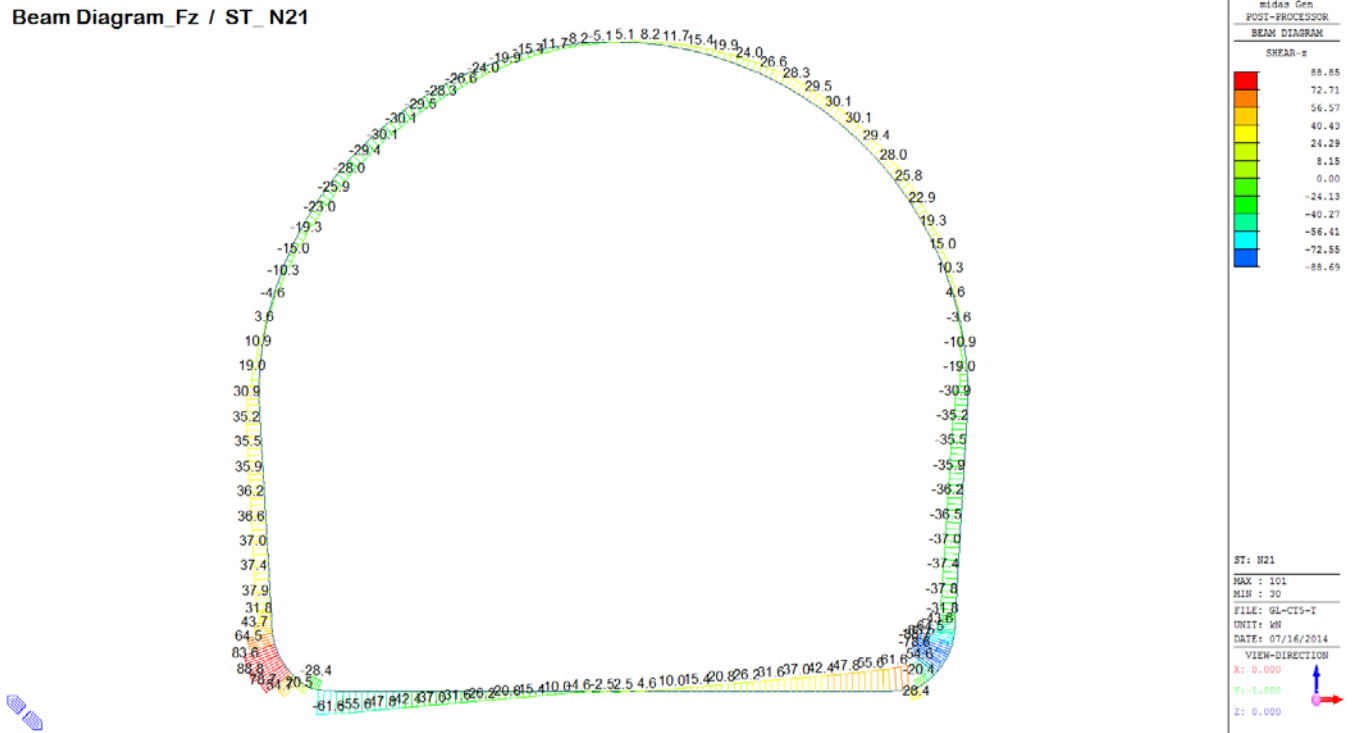
Beam Diagram  $F_x$  / ST\_N21



Beam Diagram  $M_y$  / ST\_N21

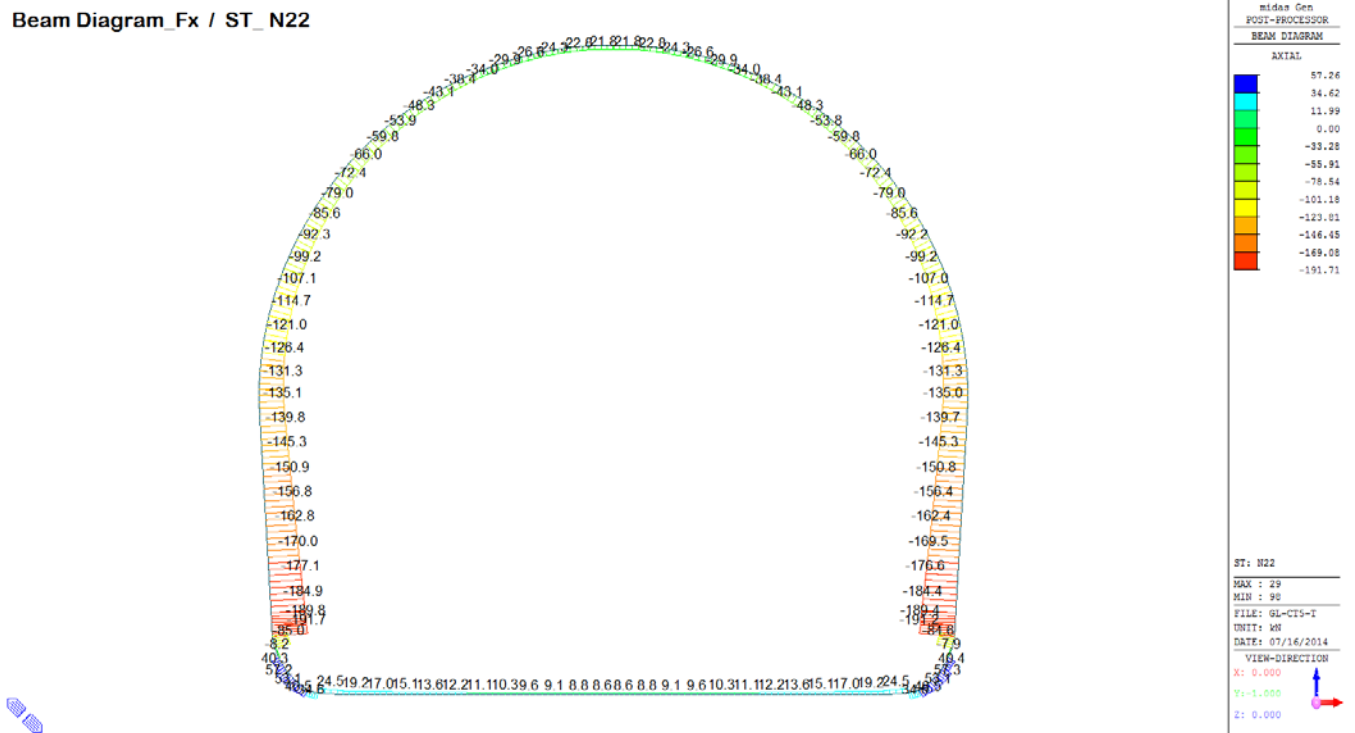


Beam Diagram\_Fz / ST\_N21

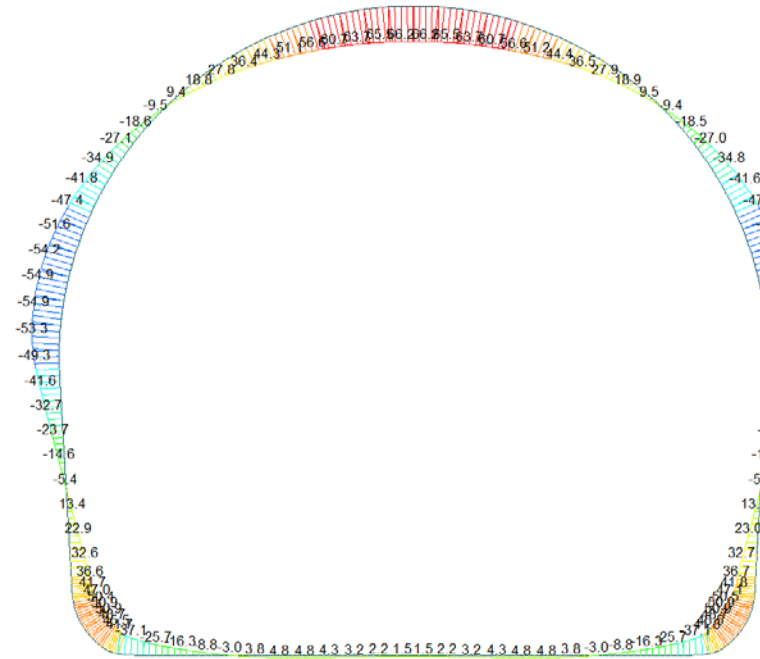


A.6.4.6. Load combination SLU 22

Beam Diagram\_Fx / ST\_N22



Beam Diagram\_My / ST\_N22



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

66.21
55.20
44.19
33.10
22.17
11.16
0.00
-10.87
-21.00
-32.09
-43.90
-54.91

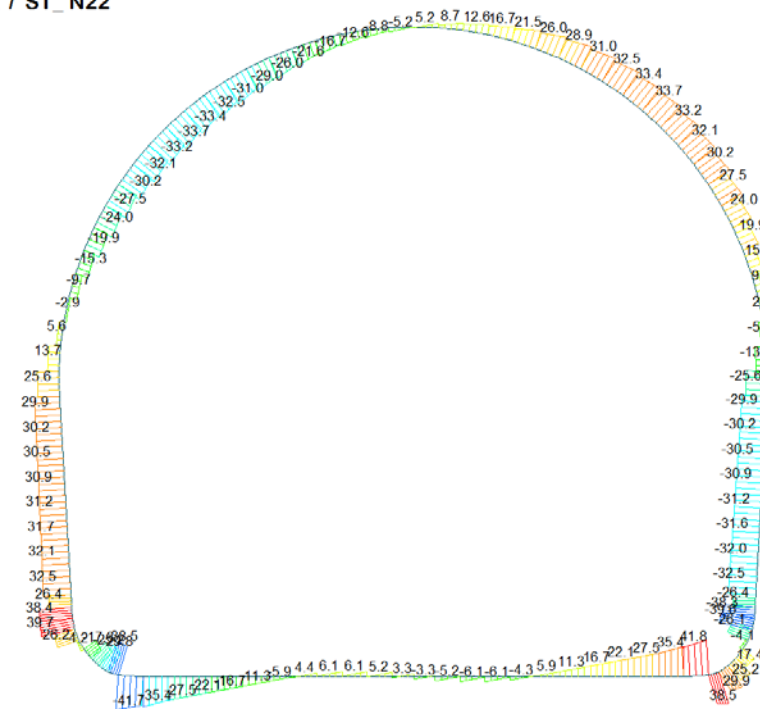
ST: N22

MAX : 65  
MIN : 56

FILE: GL-CIS-T  
UNIT: kN\*m  
DATE: 07/16/2014

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

Beam Diagram\_Fz / ST\_N22



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

Shear-z

41.76
34.17
26.58
18.99
11.40
3.80
0.00
-11.38
-18.97
-26.56
-34.15
-41.74

ST: N22

MAX : 25  
MIN : 2

FILE: GL-CIS-T  
UNIT: kN  
DATE: 07/16/2014

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

A.6.4.7. Rebarred sections ratio cheking

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck [N/mm <sup>2</sup> ]	fyk [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	LOAD CB M-N iteration	LOAD CB V	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Ed <sub>y</sub>	M_Ed <sub>z</sub>	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)								Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
1	100 x 115		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P18	19'605	-46.578	137.664	0.000	393.914	-	60.589
6	1.00	1.15								<b>0.224</b>	<b>0.226</b>	0.000	0.154	-	<b>0.154</b>
2	100 x 105		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P18	18'011	<b>-45.149</b>	<b>135.785</b>	0.000	393.914	-	<b>83.907</b>
5	1.00	1.05								<b>0.243</b>	<b>0.241</b>	0.000	0.213	-	<b>0.213</b>
3	100 x 105		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P18	18'011	-34.981	112.155	0.000	393.914	-	82.696
5	1.00	1.05								<b>0.195</b>	<b>0.198</b>	0.000	0.210	-	<b>0.210</b>
4	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-30.960	88.941	0.000	235.632	-	72.065
2	1.00	0.72								<b>0.284</b>	<b>0.286</b>	0.000	0.306	-	<b>0.306</b>
5	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-27.537	68.415	0.000	235.632	-	64.775
2	1.00	0.72								<b>0.220</b>	<b>0.223</b>	0.000	0.275	-	<b>0.275</b>
6	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-24.647	50.076	0.000	235.632	-	57.485
2	1.00	0.72								<b>0.165</b>	<b>0.168</b>	0.000	0.244	-	<b>0.244</b>
7	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-22.234	33.924	0.000	235.632	-	50.195
2	1.00	0.72								<b>0.119</b>	<b>0.118</b>	0.000	0.213	-	<b>0.213</b>
8	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-20.251	19.959	0.000	235.632	-	42.905
2	1.00	0.72								<b>0.077</b>	<b>0.076</b>	0.000	0.182	-	<b>0.182</b>
9	100 x 72		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'485	-10.482	16.113	0.000	235.632	-	35.615
2	1.00	0.72								<b>0.057</b>	<b>0.056</b>	0.000	0.151	-	<b>0.151</b>
10	100 x 72		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'485	-9.791	16.113	0.000	235.632	-	28.325
2	1.00	0.72								<b>0.056</b>	<b>0.055</b>	0.000	0.120	-	<b>0.120</b>
11	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-16.535	14.031	0.000	235.632	-	21.035
2	1.00	0.72								<b>0.055</b>	<b>0.056</b>	0.000	0.089	-	<b>0.089</b>
12	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-15.962	17.061	0.000	235.632	-	13.745
2	1.00	0.72								<b>0.063</b>	<b>0.064</b>	0.000	0.058	-	<b>0.058</b>
13	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-15.697	17.723	0.000	235.632	-	6.080
2	1.00	0.72								<b>0.067</b>	<b>0.065</b>	0.000	0.026	-	<b>0.026</b>
14	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-15.697	17.723	0.000	235.632	-	6.066
2	1.00	0.72								<b>0.067</b>	<b>0.065</b>	0.000	0.026	-	<b>0.026</b>
15	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-15.962	17.062	0.000	235.632	-	13.757
2	1.00	0.72								<b>0.063</b>	<b>0.064</b>	0.000	0.058	-	<b>0.058</b>
16	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-16.535	14.029	0.000	235.632	-	21.047
2	1.00	0.72								<b>0.055</b>	<b>0.056</b>	0.000	0.089	-	<b>0.089</b>
17	100 x 72		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'485	-9.791	16.119	0.000	235.632	-	28.337
2	1.00	0.72								<b>0.056</b>	<b>0.055</b>	0.000	0.120	-	<b>0.120</b>
18	100 x 72		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'485	-10.482	16.119	0.000	235.632	-	35.627
2	1.00	0.72								<b>0.057</b>	<b>0.056</b>	0.000	0.151	-	<b>0.151</b>
19	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-20.251	19.976	0.000	235.632	-	42.917
2	1.00	0.72								<b>0.077</b>	<b>0.076</b>	0.000	0.182	-	<b>0.182</b>
20	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-22.234	33.944	0.000	235.632	-	50.207
2	1.00	0.72								<b>0.119</b>	<b>0.118</b>	0.000	0.213	-	<b>0.213</b>
21	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-24.647	50.100	0.000	235.632	-	57.497
2	1.00	0.72								<b>0.165</b>	<b>0.168</b>	0.000	0.244	-	<b>0.244</b>
22	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-27.537	68.442	0.000	235.632	-	64.787
2	1.00	0.72								<b>0.220</b>	<b>0.223</b>	0.000	0.275	-	<b>0.275</b>
23	100 x 72		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'485	-30.960	88.972	0.000	235.632	-	72.077
2	1.00	0.72								<b>0.284</b>	<b>0.286</b>	0.000	0.306	-	<b>0.306</b>
24	100 x 105		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P18	18'011	-34.981	112.190	0.000	393.914	-	82.708
5	1.00	1.05								<b>0.195</b>	<b>0.198</b>	0.000	0.210	-	<b>0.210</b>
25	100 x 105		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P18	18'011	-45.157	135.856	0.000	393.914	-	84.028
5	1.00	1.05								<b>0.243</b>	<b>0.241</b>	0.000	0.213	-	<b>0.213</b>
26	100 x 115		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P18	19'605	-46.643	137.761	0.000	393.914	-	60.557
6	1.00	1.15								<b>0.224</b>	<b>0.226</b>	0.000	0.154	-	<b>0.154</b>
27	100 x 115		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P18	19'605	0.028	137.761	0.000	393.914	-	66.046
6	1.00	1.15								<b>0.010</b>	<b>0.019</b>	0.000	0.168	-	<b>0.168</b>
28	100 x 115		30.00	450.00	OK	N11	N11	14-2-P18	19'605	-29.802	104.247	0.000	393.914	-	43.848
6	1.00	1.15								<b>0.166</b>	<b>0.167</b>	0.000	0.111	-	<b>0.111</b>
29	100 x 115		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	19'605	-81.163	79.990	0.000	393.914	-	35.607
6	1.00	1.15								<b>0.171</b>	<b>0.171</b>	0.000	0.090	-	<b>0.090</b>
30	100 x 115		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	19'605	-90.210	83.208	0.000	393.914	-	25.263
6	1.00	1.15								<b>0.180</b>	<b>0.183</b>	0.000	0.064	-	<b>0.064</b>

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		f <sub>ck</sub>	f <sub>yk</sub>	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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		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	N2	N2	14-2-P18	19'605	-60.466	82.942	0.000	393.820	-	132.224
6	1.00	1.15								<b>0.159</b>	<b>0.160</b>	0.000	0.336	-	<b>0.336</b>
32	100 x 115		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	19'605	57.027	82.942	0.000	395.593	-	92.562
6	1.00	1.15								<b>0.074</b>	<b>0.074</b>	0.000	0.234	-	<b>0.234</b>
33	100 x 115		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	19'605	258.805	78.397	0.000	379.809	-	64.140
6	1.00	1.15								<b>0.024</b>	<b>0.025</b>	0.000	0.169	-	<b>0.169</b>
34	100 x 105		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	18'011	255.836	72.423	0.000	354.207	-	55.133
5	1.00	1.05								<b>0.027</b>	<b>0.027</b>	0.000	0.156	-	<b>0.156</b>
35	100 x 105		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	18'011	249.443	68.156	0.000	353.372	-	59.645
5	1.00	1.05								<b>0.025</b>	<b>0.026</b>	0.000	0.169	-	<b>0.169</b>
36	100 x 95		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	16'418	238.830	57.221	0.000	326.339	-	55.886
4	1.00	0.95								<b>0.026</b>	<b>0.026</b>	0.000	0.171	-	<b>0.171</b>
37	100 x 95		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	16'418	229.227	46.463	0.000	325.328	-	52.171
4	1.00	0.95								<b>0.023</b>	<b>0.023</b>	0.000	0.160	-	<b>0.160</b>
38	100 x 80		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	13'760	210.484	38.597	0.000	299.215	-	52.282
3	1.00	0.80								<b>0.026</b>	<b>0.026</b>	0.000	0.175	-	<b>0.175</b>
39	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	203.005	54.075	0.000	281.830	-	51.811
1	1.00	0.74								<b>0.039</b>	<b>0.038</b>	0.000	0.184	-	<b>0.184</b>
40	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	195.525	69.422	0.000	280.784	-	51.375
1	1.00	0.74								<b>0.057</b>	<b>0.056</b>	0.000	0.183	-	<b>0.183</b>
41	100 x 74		30.00	450.00	OK	N11	N11	14-2-P16	12'804	92.621	59.911	0.000	279.738	-	50.938
1	1.00	0.74								<b>0.086</b>	<b>0.086</b>	0.000	0.182	-	<b>0.182</b>
42	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	180.565	99.723	0.000	278.692	-	50.502
1	1.00	0.74								<b>0.118</b>	<b>0.120</b>	0.000	0.181	-	<b>0.181</b>
43	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	174.491	113.083	0.000	277.843	-	44.668
1	1.00	0.74								<b>0.162</b>	<b>0.162</b>	0.000	0.161	-	<b>0.161</b>
44	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	170.369	121.609	0.000	276.220	-	28.665
1	1.00	0.74								<b>0.192</b>	<b>0.190</b>	0.000	0.104	-	<b>0.104</b>
45	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	164.534	126.757	0.000	275.404	-	17.663
1	1.00	0.74								<b>0.201</b>	<b>0.205</b>	0.000	0.064	-	<b>0.064</b>
46	100 x 80		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	13'760	157.437	128.831	0.000	291.247	-	10.850
3	1.00	0.80								<b>0.194</b>	<b>0.192</b>	0.000	0.037	-	<b>0.037</b>
47	100 x 95		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P18	16'418	148.334	128.229	0.000	329.678	-	19.971
4	1.00	0.95								<b>0.111</b>	<b>0.112</b>	0.000	0.061	-	<b>0.061</b>
48	100 x 95		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P18	16'418	138.868	125.389	0.000	328.140	-	27.390
4	1.00	0.95								<b>0.118</b>	<b>0.116</b>	0.000	0.083	-	<b>0.083</b>
49	100 x 80		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	13'760	130.564	120.612	0.000	286.909	-	33.406
3	1.00	0.80								<b>0.199</b>	<b>0.195</b>	0.000	0.116	-	<b>0.116</b>
50	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	129.242	120.612	0.000	269.347	-	38.732
1	1.00	0.74								<b>0.214</b>	<b>0.219</b>	0.000	0.144	-	<b>0.144</b>
51	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	120.917	114.115	0.000	268.035	-	43.184
1	1.00	0.74								<b>0.214</b>	<b>0.212</b>	0.000	0.161	-	<b>0.161</b>
52	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	112.550	106.172	0.000	266.724	-	46.531
1	1.00	0.74								<b>0.200</b>	<b>0.197</b>	0.000	0.174	-	<b>0.174</b>
53	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	104.244	97.089	0.000	265.428	-	48.799
1	1.00	0.74								<b>0.173</b>	<b>0.176</b>	0.000	0.184	-	<b>0.184</b>
54	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	96.098	87.166	0.000	264.162	-	50.021
1	1.00	0.74								<b>0.159</b>	<b>0.158</b>	0.000	0.189	-	<b>0.189</b>
55	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	70.391	78.499	0.000	262.940	-	50.240
1	1.00	0.74								<b>0.159</b>	<b>0.157</b>	0.000	0.191	-	<b>0.191</b>
56	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	62.460	92.465	0.000	261.774	-	49.508
1	1.00	0.74								<b>0.202</b>	<b>0.203</b>	0.000	0.189	-	<b>0.189</b>
57	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	55.049	105.898	0.000	261.774	-	28.652
1	1.00	0.74								<b>0.245</b>	<b>0.247</b>	0.000	0.109	-	<b>0.109</b>
58	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	48.235	118.554	0.000	261.774	-	28.535
1	1.00	0.74								<b>0.291</b>	<b>0.289</b>	0.000	0.109	-	<b>0.109</b>
59	100 x 80		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	13'760	41.825	130.133	0.000	261.774	-	26.587
3	1.00	0.80								<b>0.302</b>	<b>0.298</b>	0.000	0.102	-	<b>0.102</b>
60	100 x 95		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	16'418	35.657	140.138	0.000	261.774	-	23.742
4	1.00	0.95								<b>0.213</b>	<b>0.213</b>	0.000	0.091	-	<b>0.091</b>

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck [N/mm <sup>2</sup> ]	fyk [N/mm <sup>2</sup> ]	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	Bc (m)								Hc (m)	Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs
61	100 x 95		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	16'418	30.562	148.163	0.000	261.774	-	19.386
4	1.00	0.95								<b>0.226</b>	<b>0.230</b>	0.000	0.074	-	<b>0.074</b>
62	100 x 80		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	13'760	26.966	154.265	0.000	261.774	-	14.618
3	1.00	0.80								<b>0.366</b>	<b>0.372</b>	0.000	0.056	-	<b>0.056</b>
63	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	24.444	158.636	0.000	261.774	-	10.635
1	1.00	0.74								<b>0.423</b>	<b>0.423</b>	0.000	0.041	-	<b>0.041</b>
64	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	22.836	161.290	0.000	261.774	-	6.892
1	1.00	0.74								<b>0.436</b>	<b>0.432</b>	0.000	0.026	-	<b>0.026</b>
65	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	22.296	161.290	0.000	261.774	-	2.599
1	1.00	0.74								<b>0.441</b>	<b>0.433</b>	0.000	0.010	-	<b>0.010</b>
66	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	22.296	161.292	0.000	261.774	-	2.703
1	1.00	0.74								<b>0.441</b>	<b>0.433</b>	0.000	0.010	-	<b>0.010</b>
67	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	22.835	161.292	0.000	261.774	-	6.996
1	1.00	0.74								<b>0.436</b>	<b>0.432</b>	0.000	0.027	-	<b>0.027</b>
68	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	24.443	158.640	0.000	261.774	-	10.738
1	1.00	0.74								<b>0.423</b>	<b>0.423</b>	0.000	0.041	-	<b>0.041</b>
69	100 x 80		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	13'760	26.965	154.270	0.000	261.774	-	14.720
3	1.00	0.80								<b>0.366</b>	<b>0.373</b>	0.000	0.056	-	<b>0.056</b>
70	100 x 95		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	16'418	30.560	148.171	0.000	261.774	-	19.486
4	1.00	0.95								<b>0.226</b>	<b>0.230</b>	0.000	0.074	-	<b>0.074</b>
71	100 x 95		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	16'418	35.654	140.147	0.000	261.774	-	23.839
4	1.00	0.95								<b>0.213</b>	<b>0.213</b>	0.000	0.091	-	<b>0.091</b>
72	100 x 80		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	13'760	41.822	130.144	0.000	261.774	-	26.682
3	1.00	0.80								<b>0.302</b>	<b>0.298</b>	0.000	0.102	-	<b>0.102</b>
73	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	48.232	118.567	0.000	261.774	-	28.626
1	1.00	0.74								<b>0.291</b>	<b>0.289</b>	0.000	0.109	-	<b>0.109</b>
74	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	55.045	105.912	0.000	261.774	-	28.739
1	1.00	0.74								<b>0.245</b>	<b>0.247</b>	0.000	0.110	-	<b>0.110</b>
75	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	62.457	92.481	0.000	261.774	-	49.503
1	1.00	0.74								<b>0.202</b>	<b>0.203</b>	0.000	0.189	-	<b>0.189</b>
76	100 x 74		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P16	12'804	70.386	78.517	0.000	262.939	-	50.235
1	1.00	0.74								<b>0.159</b>	<b>0.157</b>	0.000	0.191	-	<b>0.191</b>
77	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	96.162	87.448	0.000	264.161	-	50.016
1	1.00	0.74								<b>0.160</b>	<b>0.159</b>	0.000	0.189	-	<b>0.189</b>
78	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	104.312	97.388	0.000	265.427	-	48.795
1	1.00	0.74								<b>0.173</b>	<b>0.177</b>	0.000	0.184	-	<b>0.184</b>
79	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	112.622	106.486	0.000	266.723	-	46.527
1	1.00	0.74								<b>0.200</b>	<b>0.198</b>	0.000	0.174	-	<b>0.174</b>
80	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	120.992	114.443	0.000	268.034	-	43.180
1	1.00	0.74								<b>0.215</b>	<b>0.213</b>	0.000	0.161	-	<b>0.161</b>
81	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	129.320	120.952	0.000	269.346	-	38.729
1	1.00	0.74								<b>0.229</b>	<b>0.225</b>	0.000	0.144	-	<b>0.144</b>
82	100 x 80		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	13'760	130.645	120.952	0.000	286.908	-	33.403
3	1.00	0.80								<b>0.199</b>	<b>0.195</b>	0.000	0.116	-	<b>0.116</b>
83	100 x 95		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P18	16'418	138.951	125.740	0.000	328.139	-	27.388
4	1.00	0.95								<b>0.118</b>	<b>0.116</b>	0.000	0.083	-	<b>0.083</b>
84	100 x 95		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P18	16'418	148.419	128.589	0.000	329.677	-	19.969
4	1.00	0.95								<b>0.111</b>	<b>0.112</b>	0.000	0.061	-	<b>0.061</b>
85	100 x 80		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	13'760	157.523	129.198	0.000	291.246	-	10.849
3	1.00	0.80								<b>0.194</b>	<b>0.192</b>	0.000	0.037	-	<b>0.037</b>
86	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	164.622	127.129	0.000	275.416	-	17.651
1	1.00	0.74								<b>0.210</b>	<b>0.209</b>	0.000	0.064	-	<b>0.064</b>
87	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	170.457	121.985	0.000	276.232	-	28.660
1	1.00	0.74								<b>0.192</b>	<b>0.191</b>	0.000	0.104	-	<b>0.104</b>
88	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	174.579	113.460	0.000	277.855	-	44.670
1	1.00	0.74								<b>0.162</b>	<b>0.162</b>	0.000	0.161	-	<b>0.161</b>
89	100 x 74		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	12'804	180.653	100.100	0.000	278.704	-	50.507
1	1.00	0.74								<b>0.118</b>	<b>0.121</b>	0.000	0.181	-	<b>0.181</b>
90	100 x 74		30.00	450.00	OK	N11	N11	14-2-P16	12'804	92.726	60.357	0.000	279.750	-	50.943
1	1.00	0.74								<b>0.086</b>	<b>0.086</b>	0.000	0.182	-	<b>0.182</b>

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		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	N11	N11	14-2-P16	12'804	98.267	49.631	0.000	280.797	-	51.380
1	1.00	0.74								<b>0.058</b>	<b>0.057</b>	0.000	0.183	-	<b>0.183</b>
92	100 x 80		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	13'760	203.093	54.447	0.000	298.176	-	51.851
3	1.00	0.80								<b>0.033</b>	<b>0.033</b>	0.000	0.174	-	<b>0.174</b>
93	100 x 80		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P16	13'760	211.179	38.963	0.000	299.313	-	52.323
3	1.00	0.80								<b>0.026</b>	<b>0.026</b>	0.000	0.175	-	<b>0.175</b>
94	100 x 95		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	16'418	229.827	46.516	0.000	325.407	-	52.203
4	1.00	0.95								<b>0.023</b>	<b>0.023</b>	0.000	0.160	-	<b>0.160</b>
95	100 x 95		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	16'418	239.430	57.285	0.000	326.418	-	55.918
4	1.00	0.95								<b>0.026</b>	<b>0.026</b>	0.000	0.171	-	<b>0.171</b>
96	100 x 105		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	18'011	250.043	68.230	0.000	353.451	-	59.677
5	1.00	1.05								<b>0.025</b>	<b>0.026</b>	0.000	0.169	-	<b>0.169</b>
97	100 x 105		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	18'011	256.437	72.500	0.000	354.286	-	56.795
5	1.00	1.05								<b>0.027</b>	<b>0.027</b>	0.000	0.160	-	<b>0.160</b>
98	100 x 115		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	19'605	259.404	78.481	0.000	379.874	-	65.832
6	1.00	1.15								<b>0.024</b>	<b>0.025</b>	0.000	0.173	-	<b>0.173</b>
99	100 x 115		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	19'605	57.396	83.036	0.000	395.691	-	92.703
6	1.00	1.15								<b>0.071</b>	<b>0.073</b>	0.000	0.234	-	<b>0.234</b>
100	100 x 115		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	19'605	-60.312	83.036	0.000	393.914	-	132.467
6	1.00	1.15								<b>0.159</b>	<b>0.160</b>	0.000	0.336	-	<b>0.336</b>
101	100 x 115		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	19'605	-90.239	83.309	0.000	393.914	-	25.279
6	1.00	1.15								<b>0.180</b>	<b>0.183</b>	0.000	0.064	-	<b>0.064</b>
102	100 x 115		30.00	450.00	OK	N2	N2	14-2-P18	19'605	-81.189	80.089	0.000	393.914	-	35.628
6	1.00	1.15								<b>0.171</b>	<b>0.171</b>	0.000	0.090	-	<b>0.090</b>
103	100 x 115		30.00	450.00	OK	N11	N11	14-2-P18	19'605	-31.717	104.897	0.000	393.914	-	43.991
6	1.00	1.15								<b>0.170</b>	<b>0.169</b>	0.000	0.112	-	<b>0.112</b>
104	100 x 115		30.00	450.00	OK	N1	N1	14-2-P18	19'605	0.205	137.664	0.000	393.914	-	66.308
6	1.00	1.15								<b>0.073</b>	<b>0.191</b>	0.000	0.168	-	<b>0.168</b>

A.6.4.8. Rebared sections ratio checking for fire combinations load

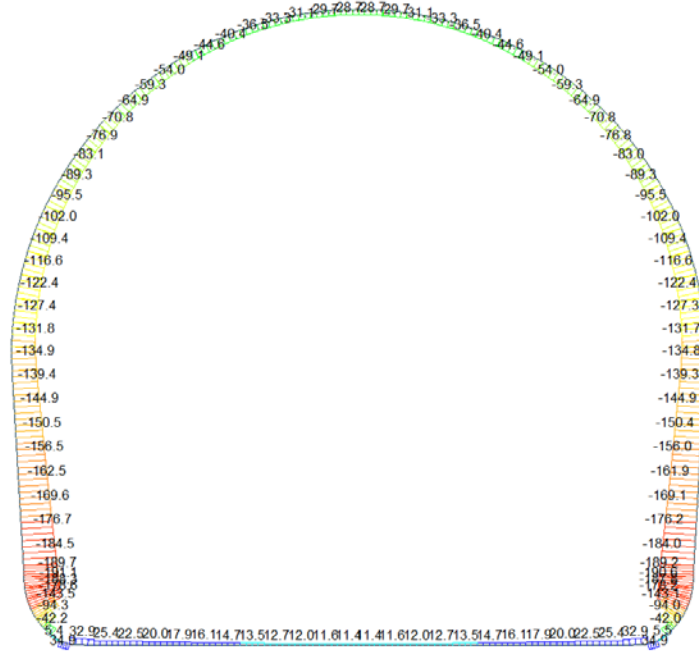
Non si reputa necessario riportare le verifiche sezionali in caso di azione „Incendio“ in quanto le sollecitazioni agenti non risultano determinanti ai fini della sicurezza strutturale.

Die Nachweisführung im Brandfall wird als nicht erforderlich eingeschätzt, da die daraus resultierenden Belastungseinwirkungen die strukturelle Sicherheit nicht maßgebend beeinträchtigen.



A.6.4.9. 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

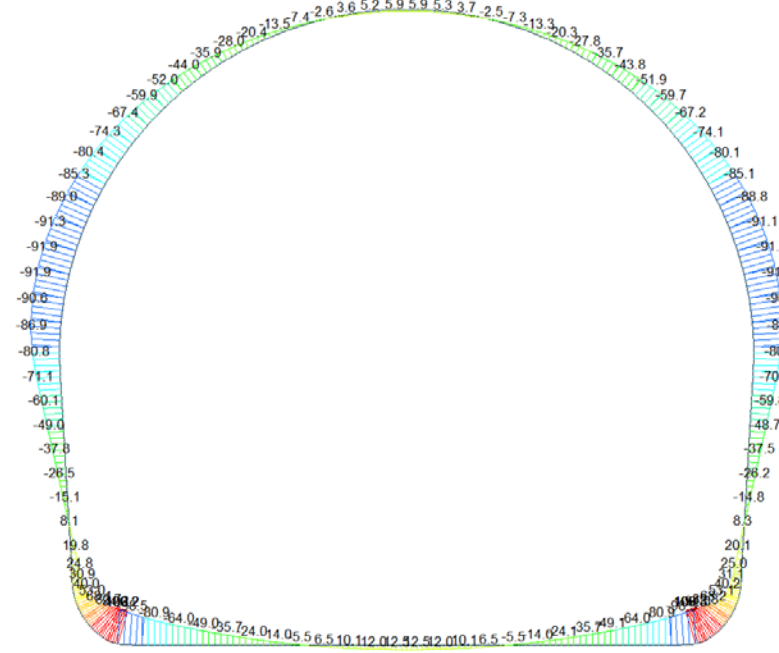
ST: NSLE - 1

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

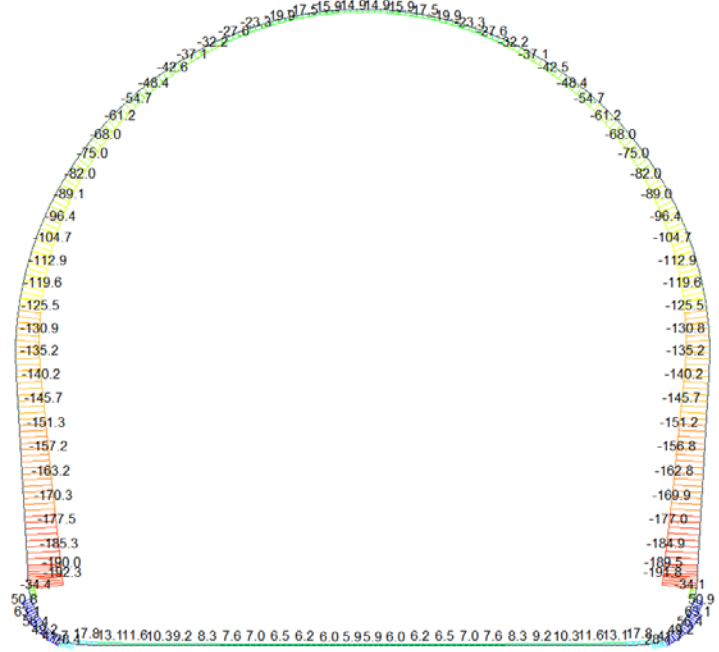
MAX : 27  
MIN : 25

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

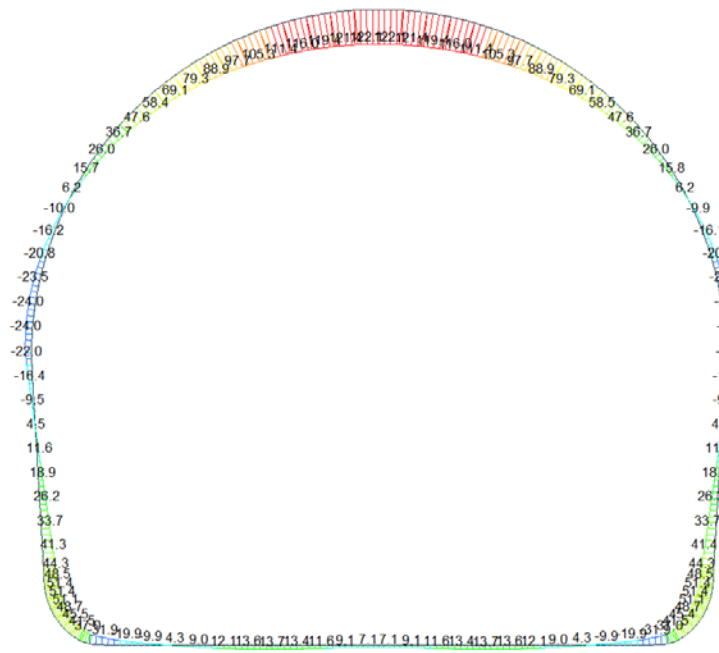
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

A.6.4.10. Load combination SLE 2

Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 2



Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 2



A.6.4.11. Stress checking

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	$\sigma_c, MAX$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c, Adm$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	$\sigma_s, MAX$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s, Adm$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)										
1	100 x 115		SLE - N1	0.58	2.90	OK	-0.51	-18.00	OK	2.76	360.00	OK
6	1.00	1.15										
2	100 x 105		SLE - N1	0.57	2.90	OK	-0.50	-18.00	OK	2.72	360.00	OK
5	1.00	1.05										
3	100 x 105		SLE - N1	0.46	2.90	OK	-0.42	-18.00	OK	2.25	360.00	OK
5	1.00	1.05										
4	100 x 72		SLE - N1	0.77	2.90	OK	-0.71	-18.00	OK	3.61	360.00	OK
2	1.00	0.72										
5	100 x 72		SLE - N1	0.60	2.90	OK	-0.54	-18.00	OK	2.74	360.00	OK
2	1.00	0.72										
6	100 x 72		SLE - N1	0.44	2.90	OK	-0.39	-18.00	OK	1.97	360.00	OK
2	1.00	0.72										
7	100 x 72		SLE - N1	0.30	2.90	OK	-0.26	-18.00	OK	1.29	360.00	OK
2	1.00	0.72										
8	100 x 72		SLE - N1	0.18	2.90	OK	-0.15	-18.00	OK	0.74	360.00	OK
2	1.00	0.72										
9	100 x 72		SLE - N2	0.17	2.90	OK	-0.15	-18.00	OK	0.75	360.00	OK
2	1.00	0.72										
10	100 x 72		SLE - N2	0.16	2.90	OK	-0.15	-18.00	OK	0.74	360.00	OK
2	1.00	0.72										
11	100 x 72		SLE - N1	0.14	2.90	OK	-0.13	-18.00	OK	0.64	360.00	OK
2	1.00	0.72										
12	100 x 72		SLE - N1	0.16	2.90	OK	-0.12	-18.00	OK	0.62	360.00	OK
2	1.00	0.72										
13	100 x 72		SLE - N1	0.16	2.90	OK	-0.13	-18.00	OK	0.64	360.00	OK
2	1.00	0.72										
14	100 x 72		SLE - N1	0.16	2.90	OK	-0.13	-18.00	OK	0.64	360.00	OK
2	1.00	0.72										
15	100 x 72		SLE - N1	0.16	2.90	OK	-0.12	-18.00	OK	0.62	360.00	OK
2	1.00	0.72										
16	100 x 72		SLE - N1	0.14	2.90	OK	-0.13	-18.00	OK	0.64	360.00	OK
2	1.00	0.72										
17	100 x 72		SLE - N2	0.16	2.90	OK	-0.15	-18.00	OK	0.74	360.00	OK
2	1.00	0.72										
18	100 x 72		SLE - N2	0.17	2.90	OK	-0.15	-18.00	OK	0.75	360.00	OK
2	1.00	0.72										
19	100 x 72		SLE - N1	0.18	2.90	OK	-0.15	-18.00	OK	0.74	360.00	OK
2	1.00	0.72										
20	100 x 72		SLE - N1	0.30	2.90	OK	-0.26	-18.00	OK	1.29	360.00	OK
2	1.00	0.72										
21	100 x 72		SLE - N1	0.44	2.90	OK	-0.39	-18.00	OK	1.97	360.00	OK
2	1.00	0.72										
22	100 x 72		SLE - N1	0.60	2.90	OK	-0.54	-18.00	OK	2.75	360.00	OK
2	1.00	0.72										
23	100 x 72		SLE - N1	0.77	2.90	OK	-0.71	-18.00	OK	3.61	360.00	OK
2	1.00	0.72										
24	100 x 105		SLE - N1	0.46	2.90	OK	-0.42	-18.00	OK	2.25	360.00	OK
5	1.00	1.05										
25	100 x 105		SLE - N1	0.57	2.90	OK	-0.50	-18.00	OK	2.72	360.00	OK
5	1.00	1.05										
26	100 x 115		SLE - N1	0.49	2.90	OK	-0.42	-18.00	OK	2.32	360.00	OK
6	1.00	1.15										
27	100 x 115		SLE - N1	0.46	2.90	OK	-0.45	-18.00	OK	2.48	360.00	OK
6	1.00	1.15										
28	100 x 115		SLE - N2	0.39	2.90	OK	-0.46	-18.00	OK	2.13	360.00	OK
6	1.00	1.15										
29	100 x 115		SLE - N2	0.29	2.90	OK	-0.46	-18.00	OK	1.57	360.00	OK
6	1.00	1.15										
30	100 x 115		SLE - N2	0.29	2.90	OK	-0.43	-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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
31	100 x 115		SLE - N2	0.28	2.90	OK	-0.40	-18.00	OK	1.02	360.00	OK
6	1.00	1.15										
32	100 x 115		SLE - N2	0.20	2.90	OK	-0.35	-18.00	OK	1.10	360.00	OK
6	1.00	1.15										
33	100 x 115		SLE - N2	0.05	2.90	OK	-0.39	-18.00	OK	0.19	360.00	OK
6	1.00	1.15										
34	100 x 105		SLE - N2	0.06	2.90	OK	-0.42	-18.00	OK	0.21	360.00	OK
5	1.00	1.05										
35	100 x 105		SLE - N2	0.05	2.90	OK	-0.40	-18.00	OK	0.15	360.00	OK
5	1.00	1.05										
36	100 x 95		SLE - N2	0.04	2.90	OK	-0.41	-18.00	OK	0.07	360.00	OK
4	1.00	0.95										
37	100 x 95		SLE - N2	0.03	2.90	OK	-0.46	-18.00	OK	-0.01	360.00	OK
4	1.00	0.95										
38	100 x 80		SLE - N1	0.05	2.90	OK	-0.44	-18.00	OK	0.10	360.00	OK
3	1.00	0.80										
39	100 x 74		SLE - N1	0.21	2.90	OK	-0.61	-18.00	OK	0.88	360.00	OK
1	1.00	0.74										
40	100 x 74		SLE - N1	0.34	2.90	OK	-0.73	-18.00	OK	1.56	360.00	OK
1	1.00	0.74										
41	100 x 74		SLE - N2	0.47	2.90	OK	-0.84	-18.00	OK	2.23	360.00	OK
1	1.00	0.74										
42	100 x 74		SLE - N1	0.60	2.90	OK	-0.96	-18.00	OK	2.90	360.00	OK
1	1.00	0.74										
43	100 x 74		SLE - N1	0.71	2.90	OK	-1.06	-18.00	OK	3.49	360.00	OK
1	1.00	0.74										
44	100 x 74		SLE - N1	0.78	2.90	OK	-1.12	-18.00	OK	3.86	360.00	OK
1	1.00	0.74										
45	100 x 74		SLE - N1	0.83	2.90	OK	-1.15	-18.00	OK	4.10	360.00	OK
1	1.00	0.74										
46	100 x 80		SLE - N1	0.71	2.90	OK	-1.01	-18.00	OK	3.61	360.00	OK
3	1.00	0.80										
47	100 x 95		SLE - N1	0.49	2.90	OK	-0.73	-18.00	OK	2.55	360.00	OK
4	1.00	0.95										
48	100 x 95		SLE - N1	0.49	2.90	OK	-0.72	-18.00	OK	2.55	360.00	OK
4	1.00	0.95										
49	100 x 80		SLE - N1	0.71	2.90	OK	-0.96	-18.00	OK	3.58	360.00	OK
3	1.00	0.80										
50	100 x 74		SLE - N1	0.80	2.90	OK	-1.06	-18.00	OK	4.02	360.00	OK
1	1.00	0.74										
51	100 x 74		SLE - N1	0.76	2.90	OK	-1.00	-18.00	OK	3.79	360.00	OK
1	1.00	0.74										
52	100 x 74		SLE - N1	0.70	2.90	OK	-0.92	-18.00	OK	3.51	360.00	OK
1	1.00	0.74										
53	100 x 74		SLE - N1	0.63	2.90	OK	-0.84	-18.00	OK	3.17	360.00	OK
1	1.00	0.74										
54	100 x 74		SLE - N1	0.56	2.90	OK	-0.75	-18.00	OK	2.79	360.00	OK
1	1.00	0.74										
55	100 x 74		SLE - N2	0.57	2.90	OK	-0.71	-18.00	OK	2.89	360.00	OK
1	1.00	0.74										
56	100 x 74		SLE - N2	0.70	2.90	OK	-0.82	-18.00	OK	3.54	360.00	OK
1	1.00	0.74										
57	100 x 74		SLE - N2	0.82	2.90	OK	-0.92	-18.00	OK	4.16	360.00	OK
1	1.00	0.74										
58	100 x 74		SLE - N2	0.93	2.90	OK	-1.02	-18.00	OK	4.75	360.00	OK
1	1.00	0.74										
59	100 x 80		SLE - N2	0.88	2.90	OK	-0.95	-18.00	OK	4.57	360.00	OK
3	1.00	0.80										
60	100 x 95		SLE - N2	0.67	2.90	OK	-0.73	-18.00	OK	3.60	360.00	OK
4	1.00	0.95										

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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
61	100 x 95		SLE - N2	0.72	2.90	OK	-0.76	-18.00	OK	3.84	360.00	OK
4	1.00	0.95										
62	100 x 80		SLE - N2	1.06	2.90	OK	-1.11	-18.00	OK	5.55	360.00	OK
3	1.00	0.80										
63	100 x 74		SLE - N2	1.29	2.90	OK	-1.33	-18.00	OK	6.61	360.00	OK
1	1.00	0.74										
64	100 x 74		SLE - N2	1.31	2.90	OK	-1.35	-18.00	OK	6.74	360.00	OK
1	1.00	0.74										
65	100 x 74		SLE - N2	1.32	2.90	OK	-1.36	-18.00	OK	6.78	360.00	OK
1	1.00	0.74										
66	100 x 74		SLE - N2	1.32	2.90	OK	-1.36	-18.00	OK	6.78	360.00	OK
1	1.00	0.74										
67	100 x 74		SLE - N2	1.31	2.90	OK	-1.35	-18.00	OK	6.74	360.00	OK
1	1.00	0.74										
68	100 x 74		SLE - N2	1.29	2.90	OK	-1.33	-18.00	OK	6.61	360.00	OK
1	1.00	0.74										
69	100 x 80		SLE - N2	1.06	2.90	OK	-1.11	-18.00	OK	5.55	360.00	OK
3	1.00	0.80										
70	100 x 95		SLE - N2	0.72	2.90	OK	-0.76	-18.00	OK	3.84	360.00	OK
4	1.00	0.95										
71	100 x 95		SLE - N2	0.67	2.90	OK	-0.73	-18.00	OK	3.60	360.00	OK
4	1.00	0.95										
72	100 x 80		SLE - N2	0.88	2.90	OK	-0.95	-18.00	OK	4.57	360.00	OK
3	1.00	0.80										
73	100 x 74		SLE - N2	0.93	2.90	OK	-1.02	-18.00	OK	4.74	360.00	OK
1	1.00	0.74										
74	100 x 74		SLE - N2	0.82	2.90	OK	-0.92	-18.00	OK	4.16	360.00	OK
1	1.00	0.74										
75	100 x 74		SLE - N2	0.70	2.90	OK	-0.82	-18.00	OK	3.53	360.00	OK
1	1.00	0.74										
76	100 x 74		SLE - N2	0.57	2.90	OK	-0.71	-18.00	OK	2.88	360.00	OK
1	1.00	0.74										
77	100 x 74		SLE - N1	0.56	2.90	OK	-0.75	-18.00	OK	2.81	360.00	OK
1	1.00	0.74										
78	100 x 74		SLE - N1	0.64	2.90	OK	-0.84	-18.00	OK	3.18	360.00	OK
1	1.00	0.74										
79	100 x 74		SLE - N1	0.70	2.90	OK	-0.93	-18.00	OK	3.52	360.00	OK
1	1.00	0.74										
80	100 x 74		SLE - N1	0.76	2.90	OK	-1.00	-18.00	OK	3.81	360.00	OK
1	1.00	0.74										
81	100 x 74		SLE - N1	0.81	2.90	OK	-1.06	-18.00	OK	4.04	360.00	OK
1	1.00	0.74										
82	100 x 80		SLE - N1	0.71	2.90	OK	-0.96	-18.00	OK	3.59	360.00	OK
3	1.00	0.80										
83	100 x 95		SLE - N1	0.49	2.90	OK	-0.72	-18.00	OK	2.56	360.00	OK
4	1.00	0.95										
84	100 x 95		SLE - N1	0.49	2.90	OK	-0.73	-18.00	OK	2.55	360.00	OK
4	1.00	0.95										
85	100 x 80		SLE - N1	0.72	2.90	OK	-1.01	-18.00	OK	3.62	360.00	OK
3	1.00	0.80										
86	100 x 74		SLE - N1	0.83	2.90	OK	-1.16	-18.00	OK	4.12	360.00	OK
1	1.00	0.74										
87	100 x 74		SLE - N1	0.78	2.90	OK	-1.12	-18.00	OK	3.88	360.00	OK
1	1.00	0.74										
88	100 x 74		SLE - N1	0.71	2.90	OK	-1.06	-18.00	OK	3.50	360.00	OK
1	1.00	0.74										
89	100 x 74		SLE - N1	0.60	2.90	OK	-0.96	-18.00	OK	2.92	360.00	OK
1	1.00	0.74										
90	100 x 74		SLE - N2	0.47	2.90	OK	-0.85	-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 <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
91	100 x 74		SLE - N2	0.34	2.90	OK	-0.73	-18.00	OK	1.57	360.00	OK
1	1.00	0.74										
92	100 x 80		SLE - N1	0.17	2.90	OK	-0.54	-18.00	OK	0.71	360.00	OK
3	1.00	0.80										
93	100 x 80		SLE - N1	0.05	2.90	OK	-0.44	-18.00	OK	0.11	360.00	OK
3	1.00	0.80										
94	100 x 95		SLE - N2	0.00	2.90	OK	-0.35	-18.00	OK	-0.16	360.00	OK
4	1.00	0.95										
95	100 x 95		SLE - N2	0.04	2.90	OK	-0.41	-18.00	OK	0.06	360.00	OK
4	1.00	0.95										
96	100 x 105		SLE - N2	0.05	2.90	OK	-0.40	-18.00	OK	0.15	360.00	OK
5	1.00	1.05										
97	100 x 105		SLE - N2	0.06	2.90	OK	-0.42	-18.00	OK	0.21	360.00	OK
5	1.00	1.05										
98	100 x 115		SLE - N2	0.05	2.90	OK	-0.39	-18.00	OK	0.19	360.00	OK
6	1.00	1.15										
99	100 x 115		SLE - N2	0.20	2.90	OK	-0.35	-18.00	OK	1.10	360.00	OK
6	1.00	1.15										
100	100 x 115		SLE - N2	0.28	2.90	OK	-0.40	-18.00	OK	1.02	360.00	OK
6	1.00	1.15										
101	100 x 115		SLE - N2	0.29	2.90	OK	-0.43	-18.00	OK	0.94	360.00	OK
6	1.00	1.15										
102	100 x 115		SLE - N2	0.29	2.90	OK	-0.46	-18.00	OK	1.56	360.00	OK
6	1.00	1.15										
103	100 x 115		SLE - N2	0.39	2.90	OK	-0.46	-18.00	OK	2.13	360.00	OK
6	1.00	1.15										
104	100 x 115		SLE - N1	0.46	2.90	OK	-0.45	-18.00	OK	2.48	360.00	OK
6	1.00	1.15										

## **ANHANG 8 - FEM-ANALYSE STIRNWÄNDE DES CT5**

Die Anlage 8 enthält die Nachweise im GZT und GZG der einzelnen Querschnitte der Stirnwände des CT5.

## **APPENDICE 8 - ANALISI FEM DELLE PARETI DI FONDO DEL CT5**

L'appendice 8 contiene le verifiche sezionale allo SLU e SLE svolte sulle pareti di fondo del CT5.

## 1 BERECHNUNGSMODELL STRINWAND OST

Dieser Anhang befasst sich mit der Bemessung der Stirnwand Ost in CT5.

Die Stirnwand weist eine Höhe von etwa 6.5 m, eine Breite von 18 m und eine Dicke von 1.0 m auf. Die Wand wurde als gelenkig gelagerte Scheibe modelliert. Auf der sicheren Seite liegend wurde angenommen, dass die Wandscheibe keine Einwirkungen aus der Kalotte, welche parallel zur eigenen Achse wirken, erfährt.

## 1 MODELLO DI CALCOLO PARETE LATO EST

Il presente allegato tratta il dimensionamento della parete di fondo prevista nel CT5 lato Est.

La parete di fondo ha un'altezza di circa 6.5 m, una larghezza di 18 m e uno spessore di 1.0 m. La parete è modellata come una piastra, la quale è incernierata lungo il perimetro. A favore di sicurezza si considera che la parete non riceva carichi dalla calotta paralleli al proprio asse.

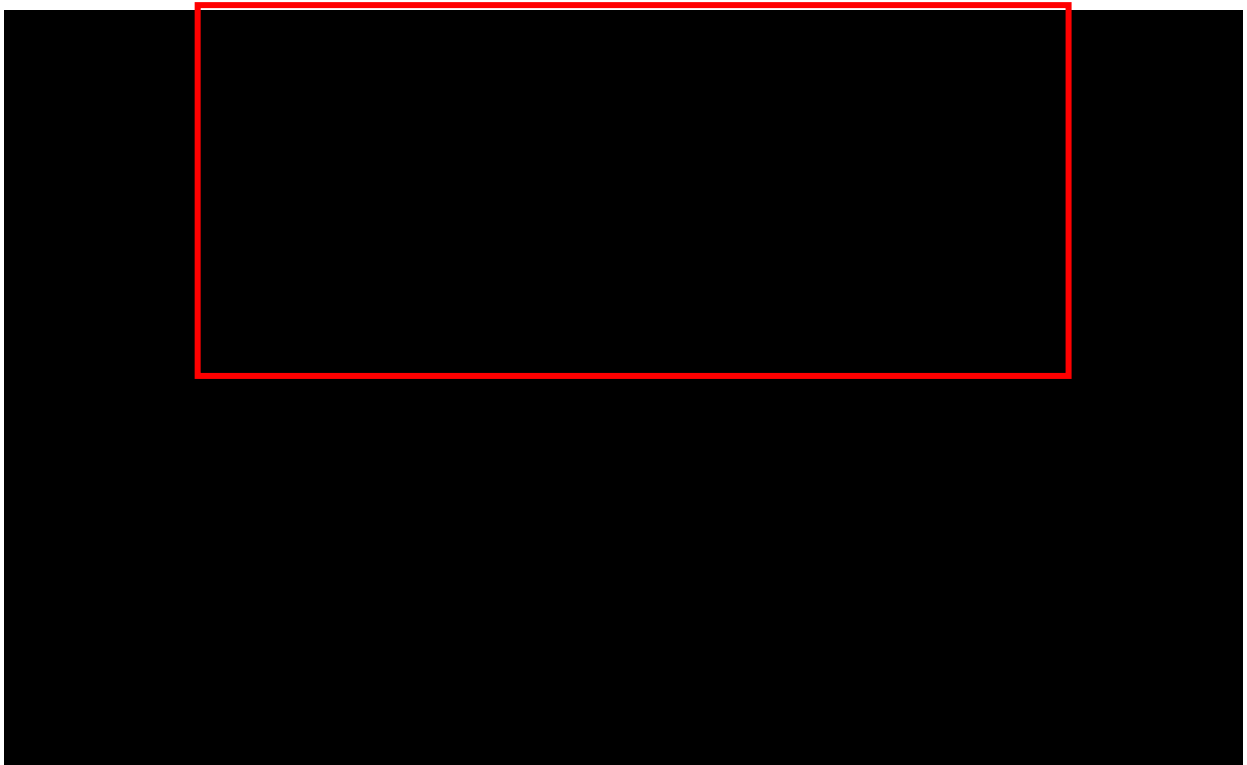


Abbildung 33: Darstellung der Stirnwand Ost

Illustrazione 33: Rappresentazione della parete lato Est



## 1.1 NACHWEISVERFAHREN

Um den Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit der Stirnwand Ost nachzuweisen wurden die Einwirkungskombinationen gemäß Absatzes 2.5.3 der NTC2008 berücksichtigt.

### 1.1.1 Traggrenzzustände (GZT) und Gebrauchsgrenzzustände (GZG)

1.1.1.1 Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen

Die für die Bemessung der Innenschale maßgebenden Einwirkungskombinationen sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

Lastfall / Caso di carico Einwirkungskombination / Combinazioni		Eigengewicht Peso proprio	Gebirgslast Ohne Auftrieb Carichi della roccia	Kriechen und Schwinden Ritiro e rilassamento	Temperatur (Sommer) Temperatura (Estate)	Temperatur (Winter) Temperatura (Inverno)
		G1	G5	G6	Q1	Q1
SLU	1	1.35	-	-	1.50	-
	2	1.35	-	1.00	-	1.50
	5	1.35	1.35	-	1.50	-
	6	1.35	1.35	1.00	-	1.50
SLE	1	1.00	-	-	1.00	-
	2	1.00	-	1.00	-	1.00
	5	1.00	1.00	-	1.00	-
	6	1.00	1.00	1.00	-	1.00

Tabelle 17: Kombinationsbeiwerte und Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen

Die für die Bemessung angenommen Lasten wurden aus Kapitel 6.3 übernommen.

## 1.1 VERIFICHE

Per la verifica allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio della parete di fondo lato Est sono state considerate le combinazioni delle azioni in conformità delle prescrizioni del paragrafo 2.5.3 delle NTC2008.

### 1.1.1 Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite di Esercizio (SLE)

1.1.1.1 Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni

Le combinazioni delle azioni rilevanti per il dimensionamento dell'anello interno sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 17: Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni

I carichi adottati per la verifica strutturale sono ripresi dal paragrafo 6.3.

## 2 ERGEBNISSE

### 2.0.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

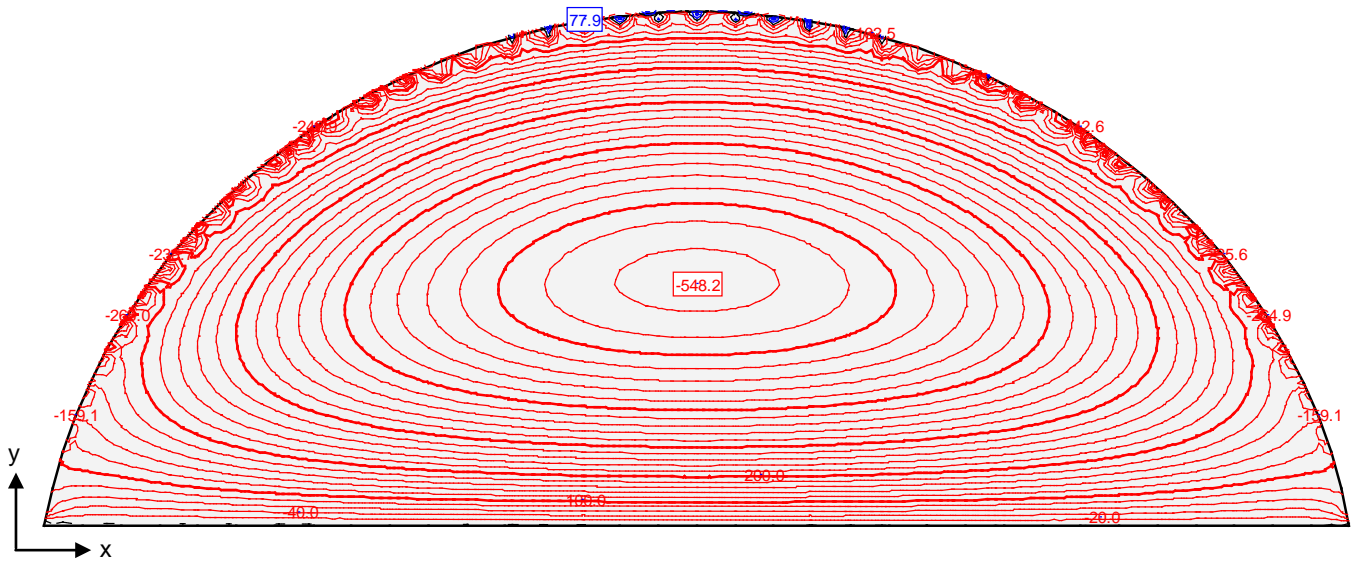


Abbildung 34:  $M_{yGZT5-Maximum}$

## 2 RISULTATI MODELLAZIONE

### 2.1.1 Sollecitazioni Stati Limite Ultimi (SLU)

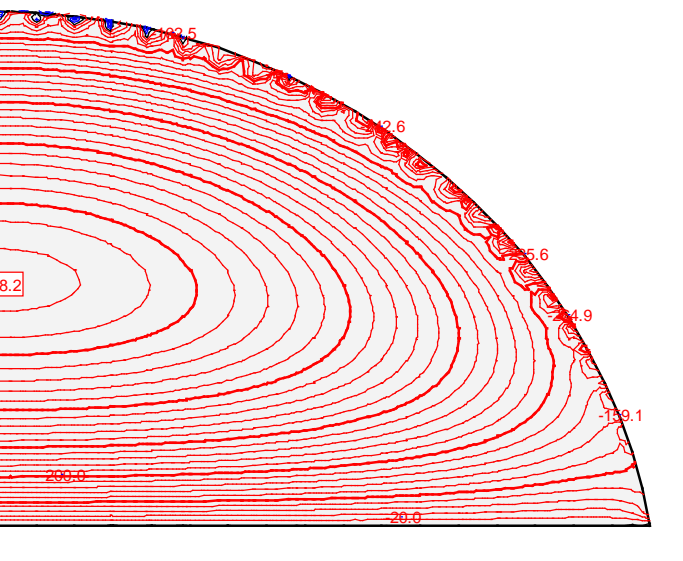


Illustrazione 34:  $M_{ySLU5-MASSIMO}$

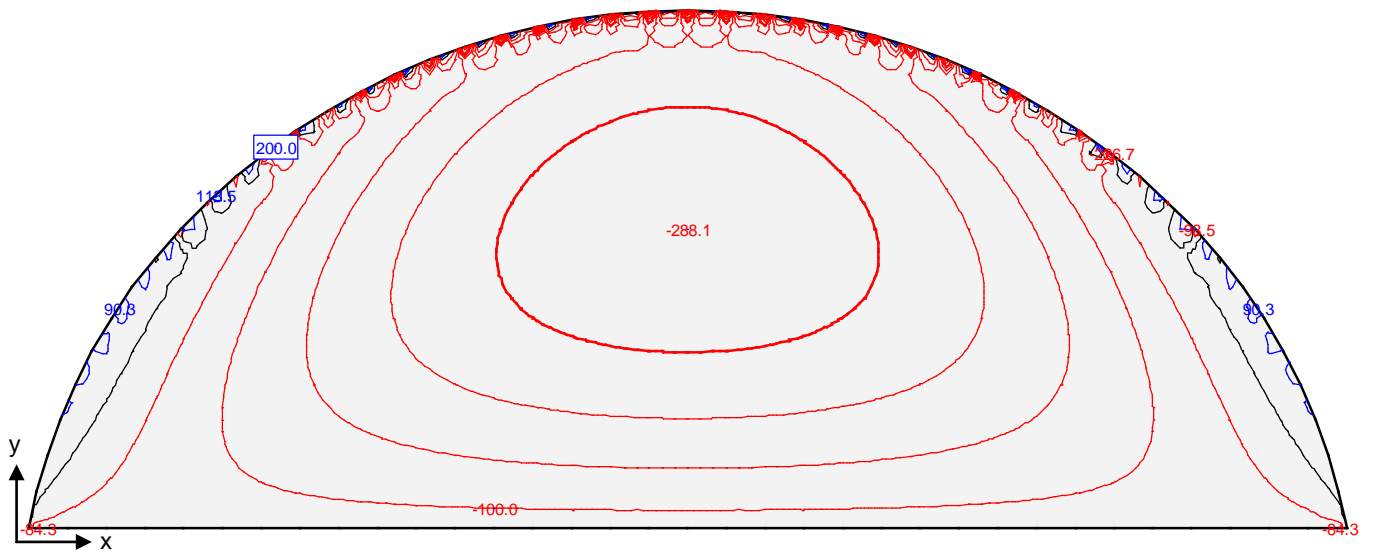


Abbildung 35:  $M_{xGZT5-MAXIMUM}$

Illustrazione 35:  $M_{xSLU5-MASSIMO}$

### 3 NACHWEISVERFAHREN

#### 3.1 NACHWEIS GRENZZUSTÄNDE DER TRAGFÄHIGKEIT

##### 3.1.1 Biegnachweis

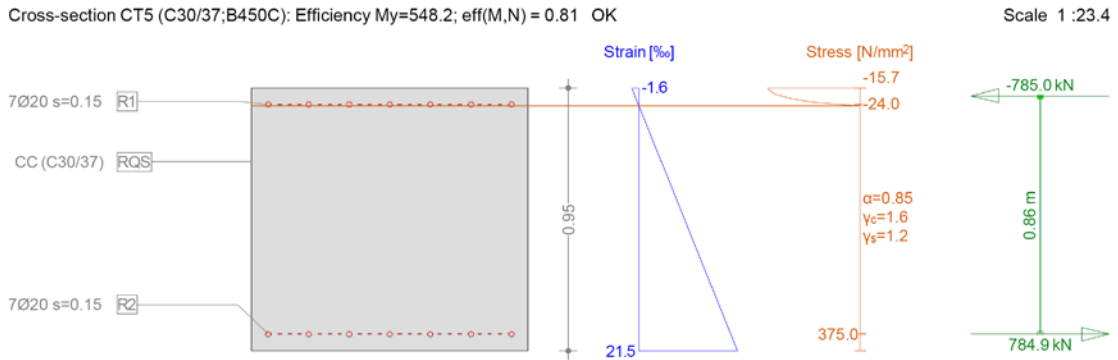
Unter Berücksichtigung der Bautoleranz von 5cm wird der Nachweis an einem Querschnitt von 100x95 cm, anstatt 100x100 cm, symmetrisch bewehrt mit Vertikaleisen  $\phi 20/15$  und Horizontaleisen  $\phi 14/15$  und 5 cm Betondeckung geführt.

### 3 VERIFICHE

#### 3.1 VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI

##### 3.1.1 Verifica a flessione

Tenuti conto dei 5 cm di tolleranza si verifica una sezione 100x95 cm, invece della sezione 100x100 cm, armata simmetricamente con barre verticali  $\phi 20/15$  e barre orizzontali  $\phi 14/15$ , copriferro netto 5 cm.



#### Ultimate strength analysis Cross section (column): CT5

Action forces / Efficiency factors:  $eff(M,N) = 0.81$  OK

No.	AP	P	Bending and axial force				eff(M,N) [-]	Shear forces and torsion			eff(V,T) [-]	Complete CS eff(M,N,V,T) [-]
			N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]			$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	T [kNm]		
1	!ULS		0	548.2	-	0.81						

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

#### Analysis-Parameters "IULS"

ID	σ-ε-Diagram		Strain Limits				σ <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Partial factors			Various parameters	
	c	s	ε <sub>c1d</sub> [‰]	ε <sub>c2d</sub> [‰]	ε <sub>ud</sub> [‰]			γ <sub>c</sub> [-]	γ <sub>s</sub> [-]	α [-]	φ [-]	
!ULS	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.60	1.20	45.00	0		

#### Extreme stresses and strain

Name	Class	$y_q$ [m]	$z_q$ [m]	ε [‰]	σ <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	γ [-]
RQS	C30/37	0.50	0.95	-1.6	-15.7	1.88
RQS	C30/37	-0.50	0	21.5	0	1.88
R1	B450C	-0.44	0.89	-0.1	-24.0	1.20
R2	B450C	-0.44	0.06	20.0	375.0	1.20

#### Stresses and strain during the last iterations step = Ultimate state

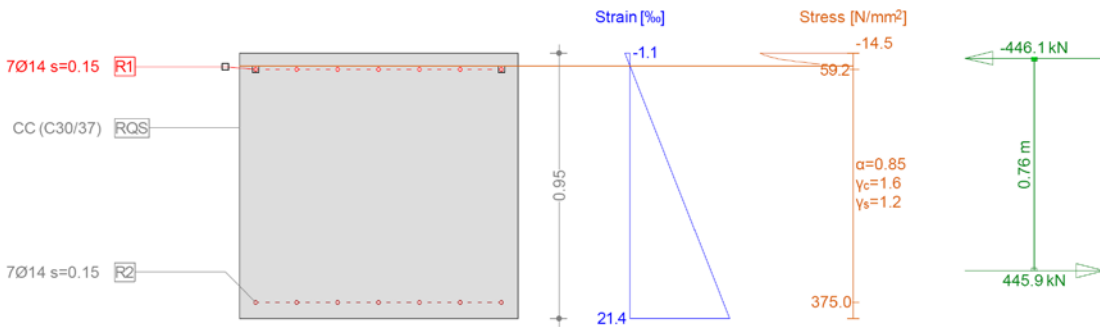
N [kN]	Internal forces		Strain and Curvature			Stiffness Values		
	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	ε <sub>x</sub> [‰]	χ <sub>y</sub> [km <sup>-1</sup> ]	χ <sub>z</sub> [km <sup>-1</sup> ]	N/ε <sub>x</sub> [kN]	$M_y/χ_y$ [kNm <sup>2</sup> ]	$M_z/χ_z$ [kNm <sup>2</sup> ]
-0.1	676.6	0.0	9.9	24.2	0	12.52	27917.37	* 1.307E+5

Tabelle 18: Nachweis GZT – Biegemoment  $M_y$

Tabella 18: Verifiche SLU – Flessione  $M_y$

Cross-section CT5 (C30/37;B450C): Efficiency My=288.1; eff(M,N) = 0.85 OK

Scale 1 :23.2



**Ultimate strength analysis Cross section (column): CT5**

**Action forces / Efficiency factors: eff(M,N) = 0.85 OK**

No.	AP	P	Bending and axial force			eff(M,N)	Shear forces and torsion			Complete CS eff(M,N,V,T)
			N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]		V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]	
1	!ULS		0	288.1	-	0.85				

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

**Analysis-Parameters "ULS"**

ID	σ-ε-Diagram		Strain Limits			σ <sub>s</sub> [N/mm²]	Partial factors		Various parameters	
	C	S	ε <sub>c1d</sub> [‰]	ε <sub>c2d</sub> [‰]	ε <sub>ud</sub> [‰]		γ <sub>c</sub> [-]	γ <sub>s</sub> [-]	α [-]	φ [-]
!ULS	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.60	1.20	45.00	0

**Extreme stresses and strain**

Name	Class	y <sub>a</sub> [m]	z <sub>a</sub> [m]	ε [‰]	σ <sub>d</sub> [N/mm²]	γ [-]
RQS	C30/37	0.50	0.95	-1.1	-14.5	1.88
RQS	C30/37	-0.50	0	21.4	0	1.88
R1	B450C	-0.44	0.89	0.3	59.2	1.20
R2	B450C	-0.44	0.06	20.0	375.0	1.20

**Stresses and strain during the last iterations step = Ultimate state**

N [kN]	Internal forces		Strain and Curvature			Stiffness Values		
	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	ε <sub>x</sub> [‰]	χ <sub>y</sub> [km <sup>-1</sup> ]	χ <sub>z</sub> [km <sup>-1</sup> ]	N/ε <sub>x</sub> [kN]	M <sub>y</sub> /χ <sub>y</sub> [kNm²]	M <sub>z</sub> /χ <sub>z</sub> [kNm²]
-0.2	339.2	0.9	10.1	23.6	0	19.53	14354.05	* 1.157E+5

Tabelle 19: Prüft GZT - Flexion Mx

Tabella 19: Verifiche SLU – Flessione Mx

**3.1.2 Prüfung auf Querkraft**

Für den Querkraftnachweis wurde die Wand als einfach gelagerter Träger angenommen, ohne die dabei günstig wirkende zweidimensionale Scheibenwirkung zu berücksichtigen. Die lichte Weite wird mit 5.5m (6.5m - d) angesetzt. Die vom betreffenden Element übertragene Last beträgt 90kN/ Laufmeter.

Die im GZT geltenden Einwirkungen sind Folgende:

$$V_A = V_B = \frac{1}{2} \cdot q \cdot \gamma_G \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 90 \cdot 1.35 \cdot 5.5 = 334.1kN$$

**3.1.2 Verifica a taglio**

Per la verifica al taglio si è ipotizzata la parete come una trave con due appoggi, trascurando a favore di sicurezza il comportamento bidirezionale della piastra. La luce considerata è di 5.5 m (6.5 m – d). Il carico trasferito da tale elemento corrisponde a 90 kN/m al metro lineare.

Le sollecitazioni agenti per gli stati limite ultimi sono le seguenti:

### VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2008 Art. 4.1.2.1.3.1

#### Verifica sezione senza armatura a taglio

$f_{ck}$	=	30.00	MPa	Resistenza caratteristica a compressione cilindrica
$k$	=	1.474		Coefficiente
$h$	=	950	mm	Altezza geometrica della sezione
$d$	=	890	mm	Altezza statica della sezione
$A_s$	=	2'094	mm <sup>2</sup>	Area di armatura longitudinale
$\rho_1$	=	0.00235		Percentuale di armatura
$N_{Ed}$	=	0	kN	Azione assiale di progetto
$A_c$	=	890'000	mm <sup>2</sup>	Area della sezione di calcestruzzo
$\alpha_{cc}$	=	0.85		Coefficiente per carichi di lunga durata
$\sigma_{cp}$	=	0.00	MPa	Sforzo di compressione agente
$b_w$	=	1'000	mm	Larghezza sezione collaborante
$V_{Rd1}$	=	<b>314.63</b>	<b>kN</b>	
$V_{Rd2}(v_{min})$	=	<b>336.84</b>	<b>kN</b>	
$V_{Rd}$	=	<b>336.84</b>	<b>kN</b>	
			$V_{Ed} =$	<b>334.10</b> kN
				$V_{Rd} > V_{Ed}$ VERIFICA SODDISFATTA

Tabelle 20: Nachweis GZT - Querkraft

Tabella 20: Verifiche SLU – Taglio

3.2 NACHWEIS DER GRENZZUSTÄNDE DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT

3.2.1 Einwirkungen

3.2 VERIFICHE STATI LIMITE D'ESERCIZIO

3.2.1 Sollecitazioni agenti

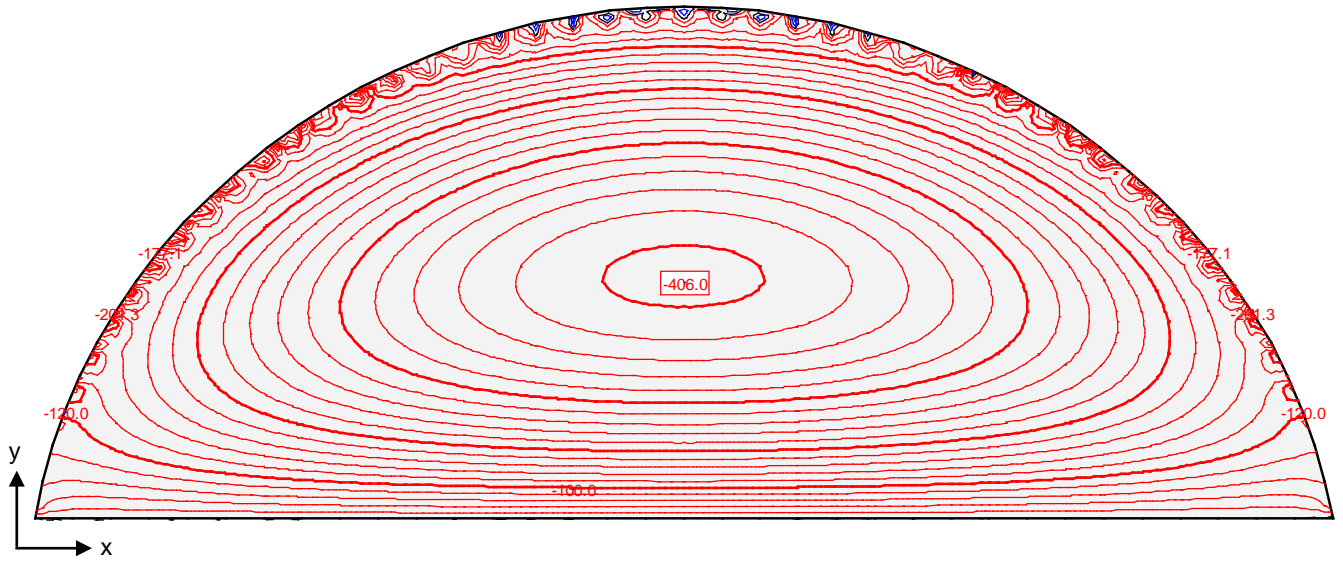


Abbildung 36:  $M_{y_{GZG5-MAXIMUM}}$

Illustrazione 36:  $M_{y_{SLE5-MASSIMO}}$

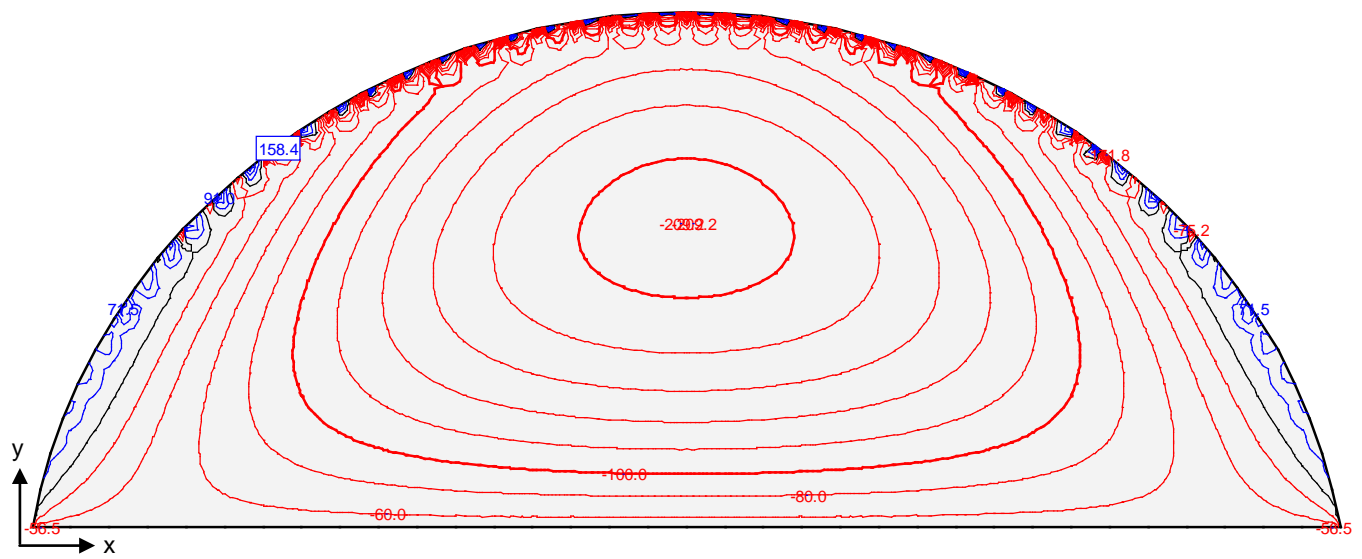


Abbildung 37:  $M_{x_{GZG5-MAXIMUM}}$

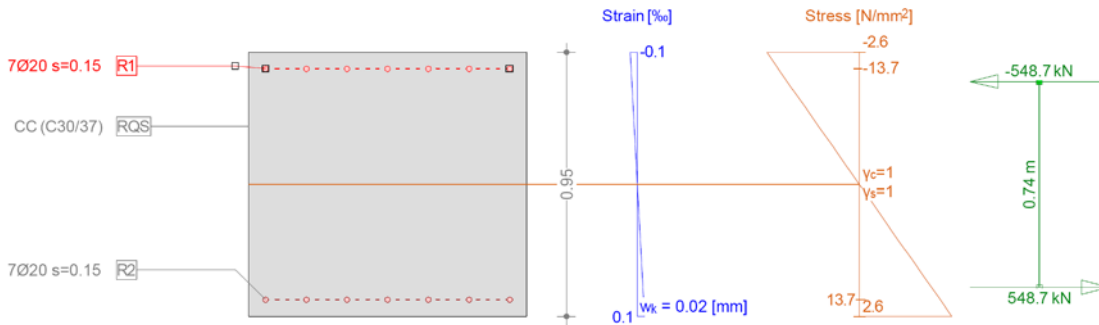
Illustrazione 37:  $M_{x_{SLE5-MASSIMO}}$

3.2.2 Nachweis der Spannungen und Rissbildung

3.2.2 Verifica delle tensioni e fessurazione

Cross-section CT5 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces  $M_y=406.0$ ;

Scale 1:23.4



Extreme stresses and strain

Name	Class	$y_q$ [m]	$z_q$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [-]
RQS	C30/37	-0.50	0.95	-0.1	-2.6	1.00
RQS	C30/37	0.50	-0.00	0.1	2.6	1.00
R1	B450C	-0.44	0.89	-0.1	-13.7	1.00
R2	B450C	0.44	0.06	0.1	13.7	1.00

Stresses in homogeneous cross section (linear material properties)

Name	Weight	$y_q$ [m]	$z_q$ [m]	$\sigma_{elast}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
RQS	1.00	-0.50	0.95	-2.7
RQS	1.00	0.50	-0.00	2.7

Stresses and strain during the last iterations step

Internal forces			Strain and Curvature			Stiffness Values		
N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\epsilon_x$ [‰]	$\gamma_y$ [km <sup>-1</sup> ]	$\gamma_z$ [km <sup>-1</sup> ]	$N/\epsilon_x$ [kN]	$M_y/\gamma_y$ [kNm <sup>2</sup> ]	$M_z/\gamma_z$ [kNm <sup>2</sup> ]
0.0	406.0	0.0	-0.0	0.2	-0.0	3.264E+7	2.524E+6	1.606E+6

Crack verification

Text	Value	Text	Value
<b>Basic principles</b>	EN 1992-1-1 7.3		
<b>Cross section</b>			
h	950.0 mm	Compression zone (cracked) $x_c$	475.0 mm
d	845.0 mm	h-d	105.0 mm
Cover c	50.2 mm	$h_{c,eff}$	158.3 mm
$A_{c,eff}$ Tension surface	158333 mm <sup>2</sup>	= Min[2.5 (h-d); (h-x)/3; h/2]	
<b>Concrete</b>		<b>Additional parameters</b>	
$E_c$	33600.0 N/mm <sup>2</sup>	Duration of load $k_t$	0.40
$\alpha_e$ ( $E_s/E_c$ )	6.10	Bond properties $k_1$	0.800
Creep coefficient $\phi$	0	Distribution of strain $k_2$	0.500
$f_{ctm}$	2.9 N/mm <sup>2</sup>	$k_3$	3.400
$f_{ct,eff}$	2.9 N/mm <sup>2</sup>	$k_4$	0.425
<b>Reinforcement</b>		<b>Results</b>	
$E_s$	205000.0 N/mm <sup>2</sup>	Moment	406.0 kNm
$A_s$ (in tension surface)	2093 mm <sup>2</sup>	Stress in reinforcement $\sigma_s$	13.7 N/mm <sup>2</sup>
Diameter $\phi_{eq}$	19.5 mm	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$ (7.9)	0.04 o/o
$\rho_{eff}$	1.322 o/o	Crack spacing $s_{r,max}$ (7.11)	0.42 m
		Crack width $w_k$ (7.8)	0.02 mm

Tabelle 21: Nachweis GZG - Biegemoment  $M_y$

Tabella 21: Verifiche SLE – Flessione  $M_y$

### Action forces

No.	AP	P	Bending and axial force			Shear forces and torsion			Remarks
			N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]	
1	!SLS		0	209.2	0				

### Analysis-Parameters "ISLS"

ID	σ-ε-Diagram		Strain Limits			σ <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Partial factors		Various parameters	
	c	s	ε <sub>c1d</sub> [‰]	ε <sub>c2d</sub> [‰]	ε <sub>ud</sub> [‰]		γ <sub>c</sub> [-]	γ <sub>s</sub> [-]	α [-]	φ [-]
!SLS	1/1	1				200.0	1.00	1.00	45.00	0

α : Inclination of diagonal in compression  
 φ : Creepcoefficient

### Extreme stresses and strain

Name	Class	y <sub>q</sub> [m]	z <sub>q</sub> [m]	ε [‰]	σ <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	γ [-]
RQS	C30/37	0.50	0.95	-0.0	-1.4	1.00
RQS	C30/37	-0.50	0	0.0	1.4	1.00
R1	B450C	-0.44	0.89	-0.0	-7.3	1.00
R2	B450C	-0.44	0.06	0.0	7.3	1.00

### Stresses in homogeneous cross section (linear material properties)

Name	Weight	y <sub>q</sub> [m]	z <sub>q</sub> [m]	σ <sub>elast</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
RQS	1.00	0.50	0.95	-1.4
RQS	1.00	-0.50	0	1.4

### Stresses and strain during the last iterations step

N [kN]	Internal forces		Strain and Curvature			Stiffness Values		
	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	ε <sub>x</sub> [‰]	γ <sub>y</sub> [km <sup>-1</sup> ]	γ <sub>z</sub> [km <sup>-1</sup> ]	N/ε <sub>x</sub> [kN]	M <sub>y</sub> /γ <sub>y</sub> [kNm <sup>2</sup> ]	M <sub>z</sub> /γ <sub>z</sub> [kNm <sup>2</sup> ]
0	209.2	0.0	0.0	0.1	-0.0	0	2.462E+6	1.292E+6

### Crack verification

Text	Value	Text	Value
<b>Basic principles</b>	<b>EN 1992-1-1 7.3</b>		
<b>Cross section</b>			
h	950.0 mm	Compression zone (cracked) x <sub>c</sub>	475.0 mm
d	844.0 mm	h-d	106.0 mm
Cover c	51.2 mm	h <sub>c,eff</sub>	158.3 mm
A <sub>c,eff</sub> Tension surface	158333 mm <sup>2</sup>	= Min[2.5 (h-d); (h-x)/3; h/2]	
<b>Concrete</b>		<b>Additional parameters</b>	
E <sub>c</sub>	33600.0 N/mm <sup>2</sup>	Duration of load k <sub>t</sub>	0.40
α <sub>s</sub> (E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> )	6.10	Bond properties k <sub>1</sub>	0.800
Creep coefficient φ	0	Distribution of strain k <sub>2</sub>	0.500
f <sub>ctm</sub>	2.9 N/mm <sup>2</sup>	k <sub>3</sub>	3.400
f <sub>ct,eff</sub>	2.9 N/mm <sup>2</sup>	k <sub>4</sub>	0.425
<b>Reinforcement</b>		<b>Results</b>	
E <sub>s</sub>	205000.0 N/mm <sup>2</sup>	Moment	209.2 kNm
A <sub>s</sub> (in tension surface)	1027 mm <sup>2</sup>	Stress in reinforcement σ <sub>s</sub>	7.3 N/mm <sup>2</sup>
Diameter Ø <sub>eq</sub>	13.7 mm	ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> (7.9)	0.02 o/o
ρ <sub>eff</sub>	0.649 o/o	Crack spacing s <sub>r,max</sub> (7.11)	<b>0.53 m</b>
		Crack width w <sub>k</sub> (7.8)	<b>0.01 mm</b>

Cross-section CT5 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces My=209.2;

Scale 1 :23.2

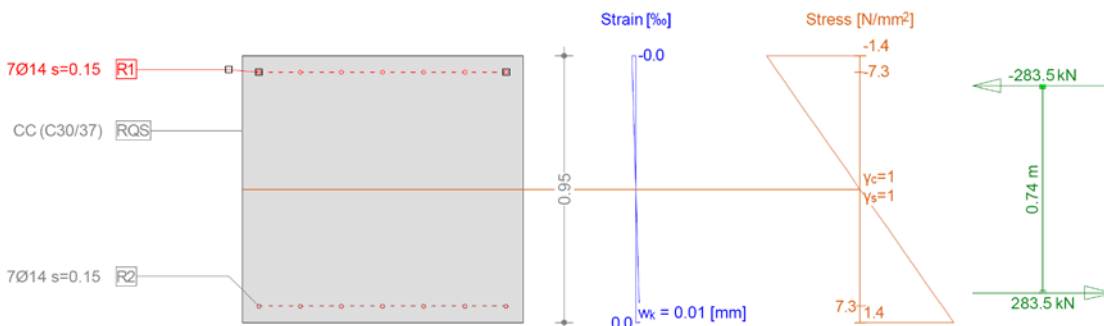


Tabelle 22: Nachweis GZG - Biegemoment M<sub>x</sub>

Tabella 22: Verifiche SLE – Flessione M<sub>x</sub>



#### 4 BERECHNUNGSMODELL STIRNWAND WEST

Dieser Anhang befasst sich mit der Bemessung der Stirnwand West im CT5.

Die Stirnwand weist eine Höhe von etwa 12 m, eine Breite von 18 m und eine Dicke von 1.5 m auf. Die Wand wurde als gelenkig gelagerte Scheibe modelliert. Auf der sicheren Seite liegend wurde angenommen, dass die Wandscheibe keine Einwirkungen aus der Kalotte, welche parallel zur eigenen Achse wirken, erfährt.

#### 4 MODELLO DI CALCOLO PARETE LATO OVEST

Il presente allegato tratta il dimensionamento della parete di fondo prevista nel CT5 lato Ovest.

La parete di fondo ha un'altezza di circa 12 m, una larghezza di 18 m e uno spessore di 1.5 m. La parete è modellata come una piastra, la quale è incastrata alla base ed incernierata lungo il perimetro. A favore di sicurezza si considera che la parete non riceva carichi paralleli al proprio asse dalla calotta.

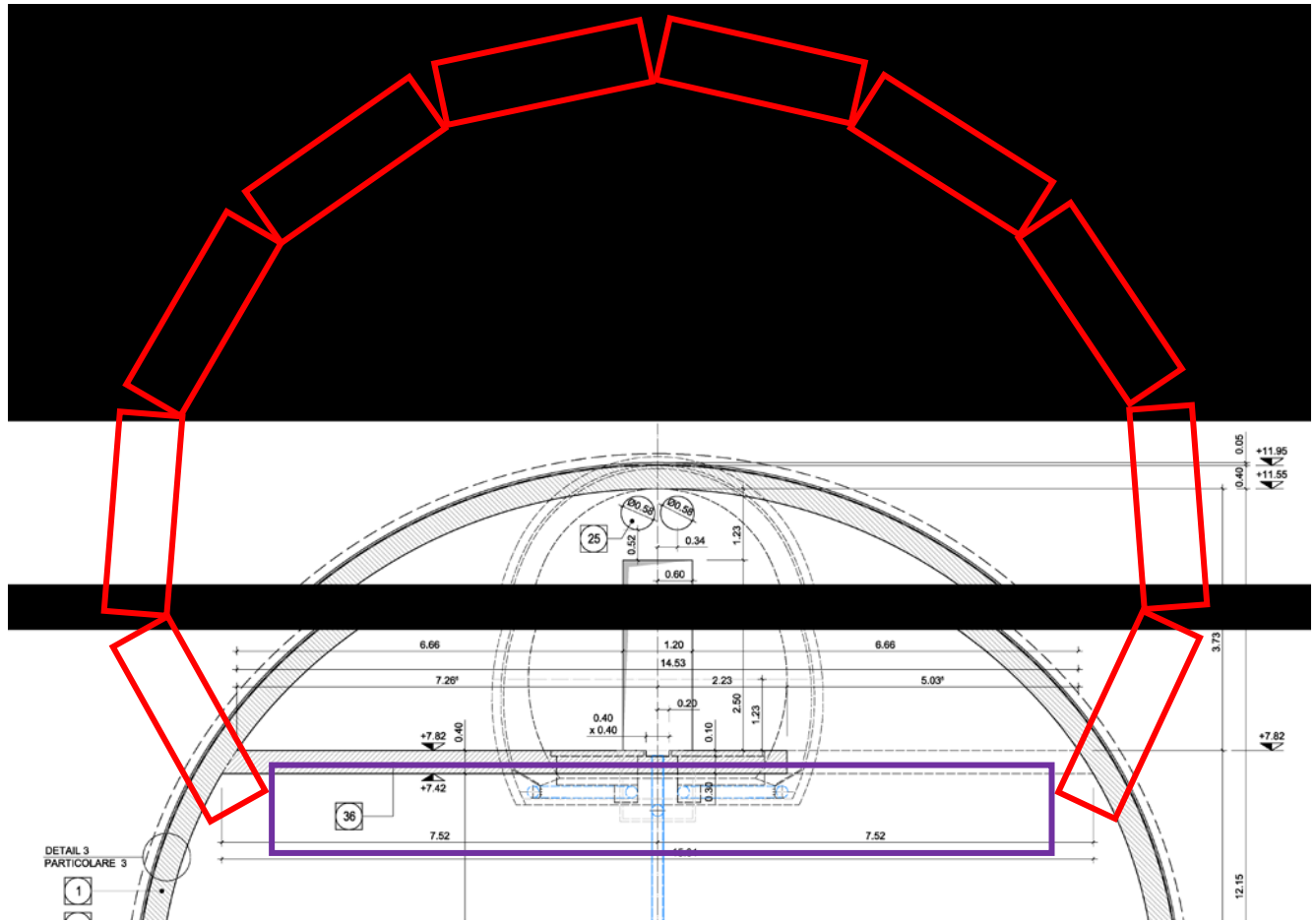


Abbildung 38: Darstellung der Stirnwand West

Illustrazione 38: Rappresentazione della parete lato Ovest

#### 4.1 NACHWEISVERFAHREN

Um den Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit der der Stirnwand West nachzuweisen wurden die Einwirkungskombinationen gemäß Absatz 2.5.3 delle NTC2008 berücksichtigt.

##### 4.1.1 Traggrenzzustände (GZT) und Gebrauchsgrenzzustände (GZG)

4.1.1.1 Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen

Die für die Bemessung maßgebenden Einwirkungskombinationen sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Lastfall / Caso di carico Einwirkungskombination / Combinazioni		Eigengewicht Peso proprio	Gebirgslast Ohne Auftrieb Carichi della roccia	Kriechen und Schwinden Ritiro e rilassamento	Temperatur (Sommer) Temperatura (Estate)	Temperatur (Winter) Temperatura (Inverno)
		G1	G5	G6	Q1	Q1
SLU	1	1.35	-	-	1.50	-
	2	1.35	-	1.00	-	1.50
	5	1.35	1.35	-	1.50	-
	6	1.35	1.35	1.00	-	1.50
SLE	1	1.00	-	-	1.00	-
	2	1.00	-	1.00	-	1.00
	5	1.00	1.00	-	1.00	-
	6	1.00	1.00	1.00	-	1.00

Tabelle 23: Kombinationsbeiwerte und Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen

Die für Bemessung angenommen Lasten werden aus Abschnitt 6.3 übernommen.

#### 4.1 VERIFICHE

Per la verifica allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio della parete di fondo lato Ovest sono state considerate le combinazioni delle azioni in conformità delle prescrizioni del paragrafo 2.5.3 delle NTC2008.

##### 4.1.1 Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite di Esercizio (SLE)

4.1.1.1 Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni

Le combinazioni delle azioni rilevanti per il dimensionamento dell'anello interno sono riportate nella Tabella seguente.

Tabella 23: Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni

I carichi adottati per la verifica strutturale sono ripresi dal paragrafo 6.3.

## 5 ERGEBNISSE

### 5.1 GRENZZUSTAND DER TRAGFÄHIGKEIT (GZT)

## 5 RISULTATI MODELLAZIONE

### 5.1 SOLLECITAZIONI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

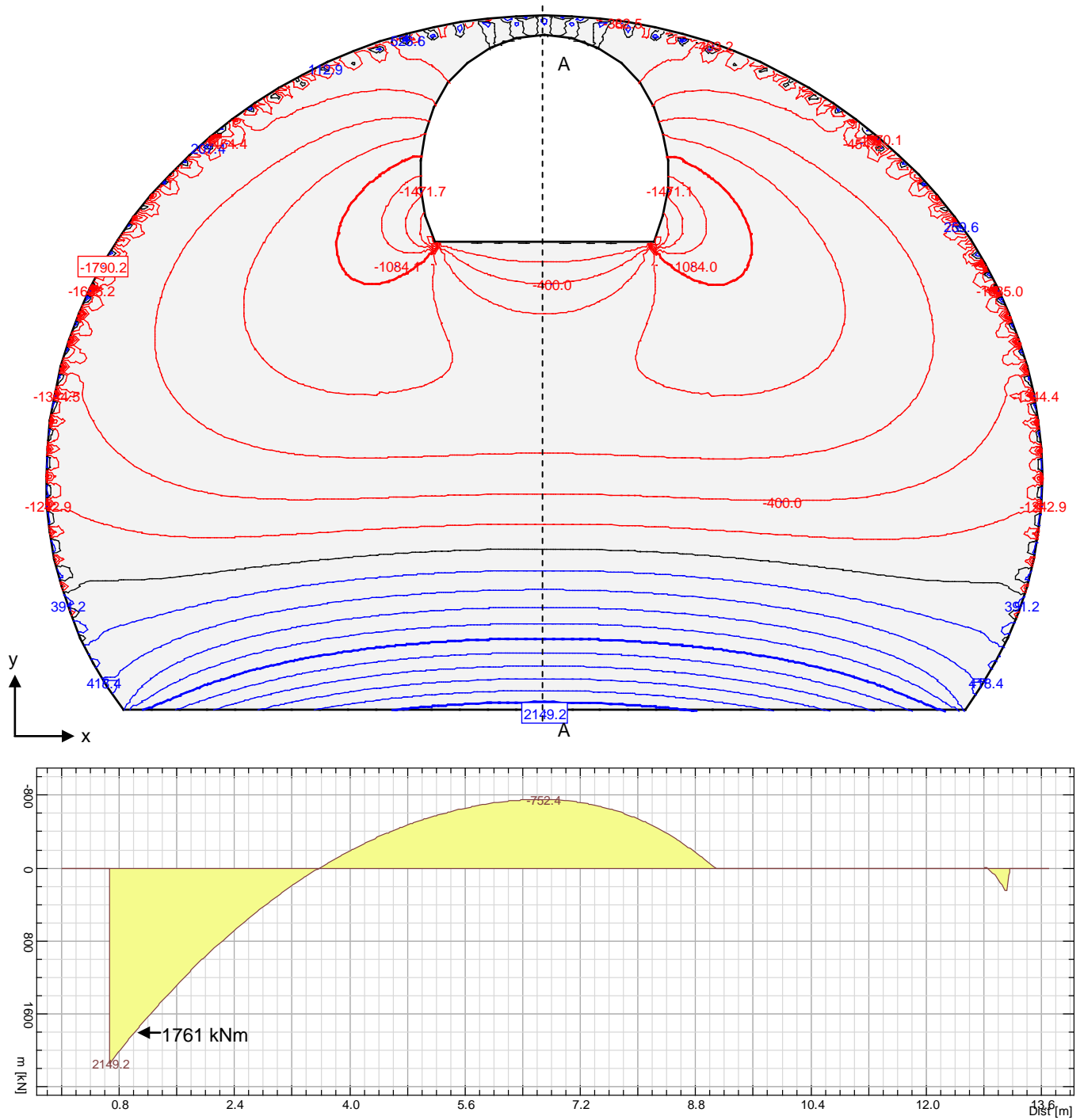


Abbildung 39:  $M_{y\_GZT6-MAXIMUM}$

Illustrazione 39:  $M_{y\_SLU6-MASSIMO}$

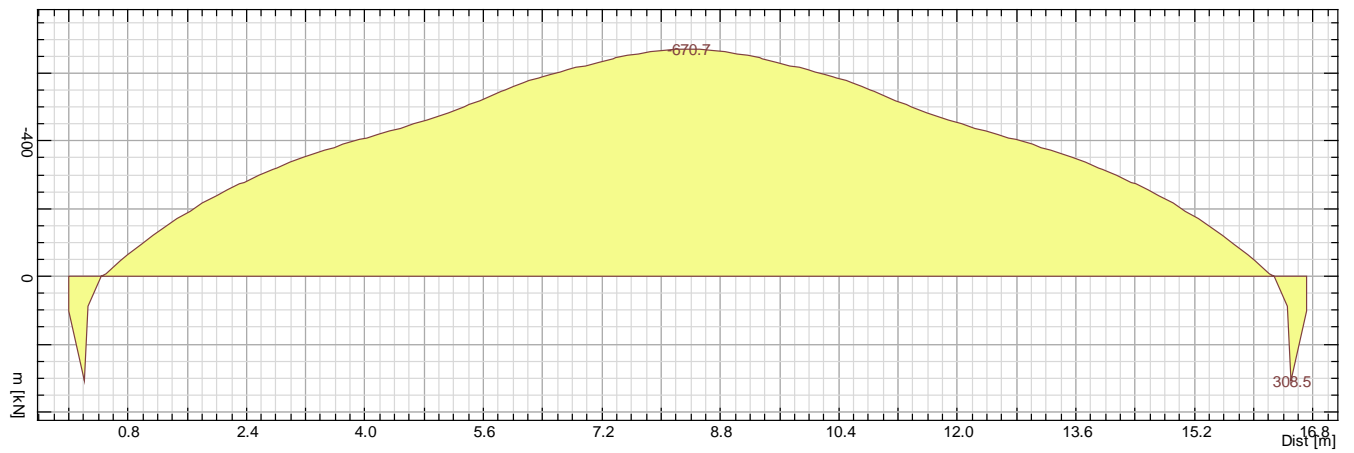
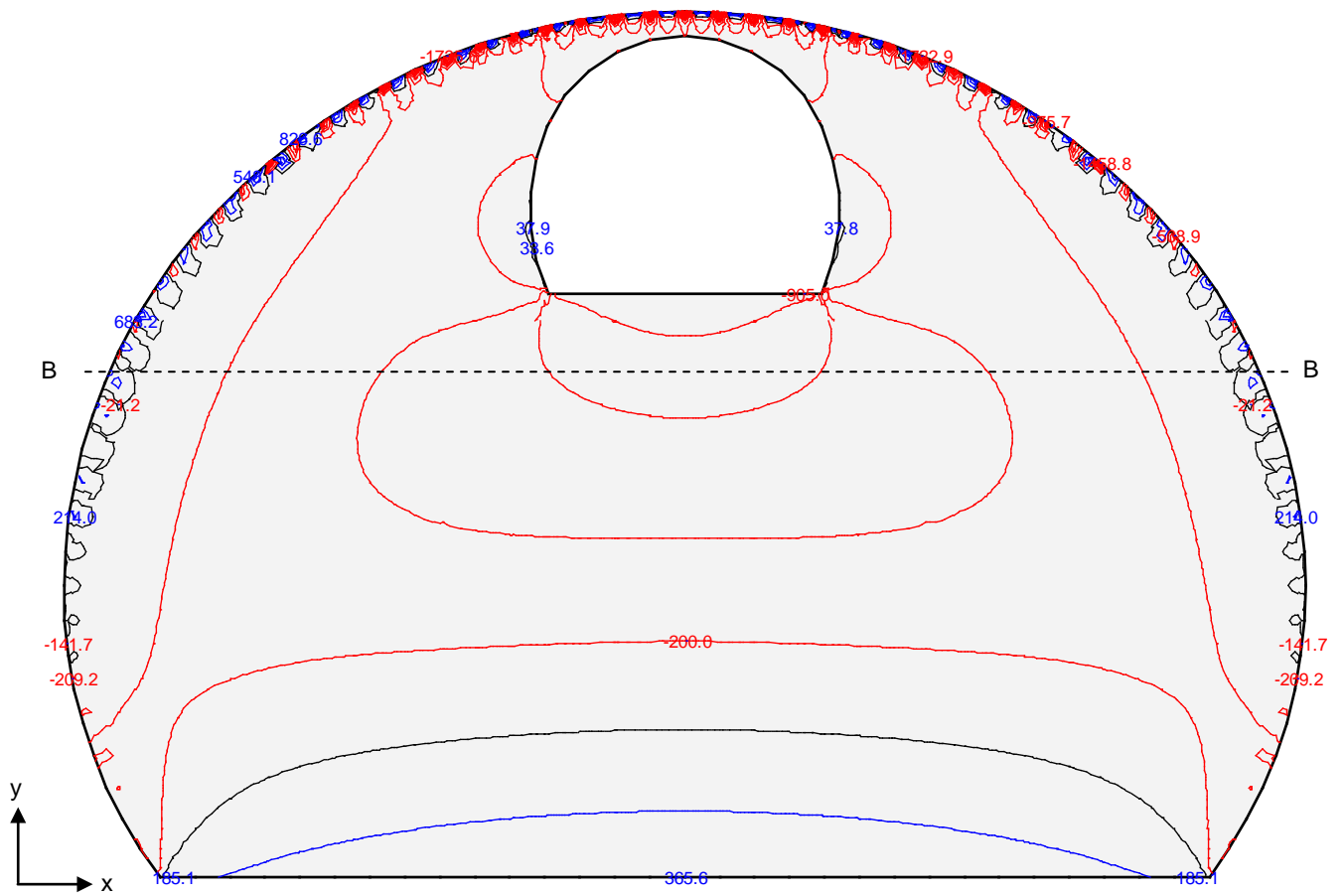


Abbildung 40: Mx<sub>GZT6</sub>-MAXIMUM

Illustrazione 40: Mx<sub>SLU6</sub>-MASSIMO

## 6 NACHWEISVERFAHREN

### 6.1 NACHWEIS GRENZZUSTAND DER TRAGFÄHIGKEIT

#### 6.1.1 Biegnachweis

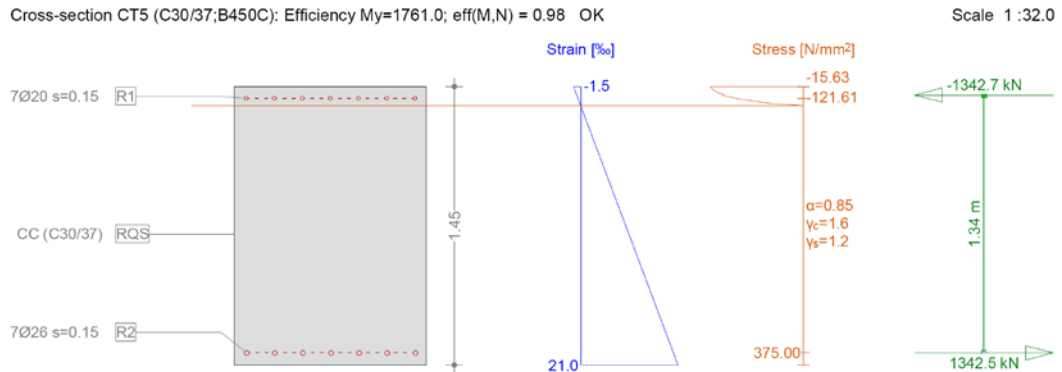
Unter Berücksichtigung der Bautoleranz von 5cm wird der Nachweis an einem Querschnitt von 100x145 cm, anstatt 100x150 cm, symmetrisch bewehrt mit Vertikaleisen außen  $\phi 20/15$  und  $\phi 26/15$  innen, sowie Horizontaleisen  $\phi 18/15$  und 5 cm Betondeckung geführt.

## 6 VERIFICHE

### 6.1 VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI

#### 6.1.1 Verifica a flessione

Tenuti conto dei 5 cm di tolleranza si verifica una sezione 100x145 cm, invece della sezione 100x150 cm, armata con barre verticali  $\phi 20/15$  all'estradosso,  $\phi 26/15$  all'intradosso e barre orizzontali  $\phi 18/15$ , copriferro netto 5 cm.



#### Ultimate strength analysis Cross section (column): CT5

##### Action forces / Efficiency factors: $eff(M,N) = 0.98$ 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]	$M_z$ [kNm]	$V_z$ [kN]			T [kNm]			
1	!ULS		0	1761.0	-	0.98						

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

#### Analysis-Parameters "IULS"

ID	$\sigma$ - $\epsilon$ -Diagram		Strain Limits			$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Partial factors		Various parameters	
	c	s	$\epsilon_{c1d}$ [‰]	$\epsilon_{c2d}$ [‰]	$\epsilon_{ud}$ [‰]		$\gamma_c$ [-]	$\gamma_s$ [-]	$\alpha$ [-]	$\phi$ [-]
!ULS	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.60	1.20	45.00	0

$\sigma$ - $\epsilon$

#### Extreme stresses and strain

Name	Class	$y_d$ [m]	$Z_d$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [-]
RQS	C30/37	0.50	1.45	-1.5	-15.63	1.88
RQS	C30/37	-0.50	0	21.0	0	1.88
R1	B450C	-0.44	1.39	-0.6	-121.61	1.20
R2	B450C	-0.44	0.06	20.0	375.00	1.20

#### Stresses and strain during the last iterations step = Ultimate state

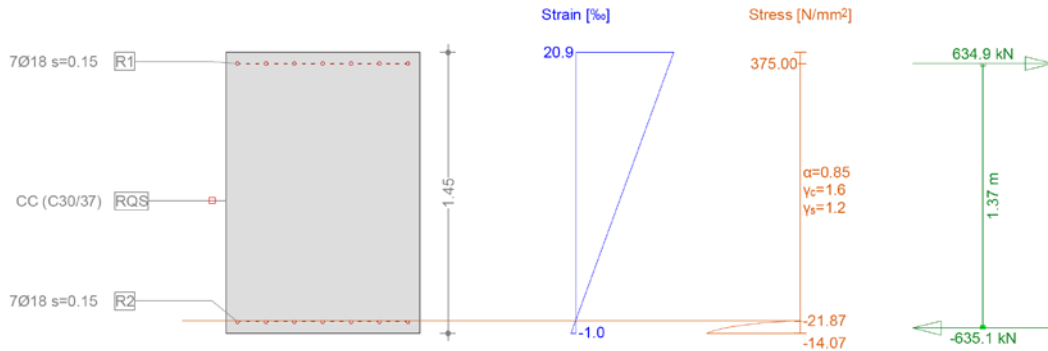
N [kN]	Internal forces		Strain and Curvature			Stiffness Values		
	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\epsilon_x$ [‰]	$\chi_y$ [km <sup>-1</sup> ]	$\chi_z$ [km <sup>-1</sup> ]	$N/\epsilon_x$ [kN]	$M_y/\chi_y$ [kNm <sup>2</sup> ]	$M_z/\chi_z$ [kNm <sup>2</sup> ]
-0.2	1804.5	-4.0	9.7	15.5	0	18.75	1.163E+5	* 1.935E+5

Tabelle 24: Nachweis GZT - Biegemoment  $M_y$

Tabella 24: Verifiche SLU – Flessione  $M_y$

Cross-section CT5 (C30/37;B450C): Efficiency  $M_y = -670.0$ ;  $eff(M,N) = 0.77$  OK

Scale 1:31.7



### Ultimate strength analysis Cross section (column): CT5

Action forces / Efficiency factors:  $eff(M,N) = 0.77$  OK

No.	AP	P	Bending and axial force				eff(M,N)	Shear forces and torsion			eff(V,T)	Complete CS eff(M,N,V,T)
			N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]			$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	T [kNm]		
1	!ULS		0	-670.0	-	0.77						

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

### Analysis-Parameters "ULS"

ID	σ-ε-Diagram		Strain Limits			σ <sub>s</sub> [N/mm²]	Partial factors		Various parameters	
	c	s	ε <sub>c1d</sub> [‰]	ε <sub>c2d</sub> [‰]	ε <sub>sd</sub> [‰]		γ <sub>c</sub> [-]	γ <sub>s</sub> [-]	α [-]	φ [-]
!ULS	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.60	1.20	45.00	0

σ-ε

### Extreme stresses and strain

Name	Class	$y_q$ [m]	$z_q$ [m]	ε [‰]	σ <sub>d</sub> [N/mm²]	γ [-]
RQS	C30/37	-0.50	0	-1.0	-14.07	1.88
RQS	C30/37	0.50	1.45	20.9	0	1.88
R2	B450C	-0.44	0.06	-0.1	-21.87	1.20
R1	B450C	-0.44	1.39	20.0	375.00	1.20

### Stresses and strain during the last iterations step = Ultimate state

N [kN]	Internal forces		Strain and Curvature				Stiffness Values		
	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	ε <sub>x</sub> [‰]	χ <sub>y</sub> [km <sup>-1</sup> ]	χ <sub>z</sub> [km <sup>-1</sup> ]	N/ε <sub>x</sub> [kN]	$M_y/χ_y$ [kNm²]	$M_z/χ_z$ [kNm²]	
-0.2	-867.0	1.2	9.9	-15.1	0	18.94	57522.17	* 1.710E+5	

Tabelle 25: Prüft GZT - Flexing Meine Mx

Tabella 25: Verifiche SLU – Flessione Mx

### 6.1.2 Prüfung auf Querkraft

Für den Querkraftnachweis wurde die Wand als einfach gelagerter Träger angenommen, ohne die dabei günstig wirkende zweidimensionale Scheibenwirkung zu berücksichtigen. Die lichte Weite wird mit 7 m (8.4m - d) angesetzt. Die vom betreffenden Element übertragene Last beträgt 70kN/ Laufmeter.

Die Einwirkung an der Einspannung (VA) und am einfachen Auflager (VB) im GZT sind wie folgt:

### 6.1.2 Verifica a taglio

Per la verifica al taglio si è ipotizzata la parete come una trave incastrata alla base e appoggiata all'altra estremità. A favore di sicurezza è trascurato il comportamento bidirezionale della piastra. La luce considerata è di circa 7 m (8.4 m - d). Il carico trasferito da tale elemento corrisponde a 70 kN/m al metro lineare.

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

$$\begin{cases} V_{A-incastro} = \frac{5}{8} \cdot q \cdot \gamma_G \cdot l = \frac{5}{8} \cdot 70 \cdot 1.35 \cdot 7 = 413.4 \text{ kN} \\ V_{B-appoggio} = \frac{3}{8} \cdot q \cdot \gamma_G \cdot l = \frac{3}{8} \cdot 70 \cdot 1.35 \cdot 7 = 248.1 \text{ kN} \end{cases}$$

### VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2008 Art. 4.1.2.1.3.1

#### Verifica sezione senza armatura a taglio

$f_{ck}$	=	30.00	MPa	Resistenza caratteristica a compressione cilindrica
$k$	=	1.380		Coefficiente
$h$	=	1'450	mm	Altezza geometrica della sezione
$d$	=	1'387	mm	Altezza statica della sezione
$A_s$	=	3'539	mm <sup>2</sup>	Area di armatura longitudinale
$\rho_1$	=	0.00255		Percentuale di armatura
$N_{Ed}$	=	0	kN	Azione assiale di progetto
$A_c$	=	1'387'000	mm <sup>2</sup>	Area della sezione di calcestruzzo
$\alpha_{cc}$	=	0.85		Coefficiente per carichi di lunga durata
$\sigma_{cp}$	=	0.00	MPa	Sforzo di compressione agente
$b_w$	=	1'000	mm	Larghezza sezione collaborante
$V_{Rd1}$	=	<b>424.31</b>	<b>kN</b>	
$V_{Rd2}(v_{min})$	=	<b>430.92</b>	<b>kN</b>	
$V_{Rd}$	=	<b>430.92</b>	<b>kN</b>	
			$V_{Ed} =$	<b>413.40</b> kN
				$V_{Rd} > V_{Ed}$ VERIFICA SODDISFATTA

Tabelle 26: Prüft GZT - Schneiden

Tabella 26: Verifiche SLU – Taglio

6.2 NACHWEIS GRENZZUSTAND DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT

6.2 VERIFICHE STATI LIMITE D'ESERCIZIO

6.2.1 Einwirkungen

6.2.1 Sollecitazioni agenti

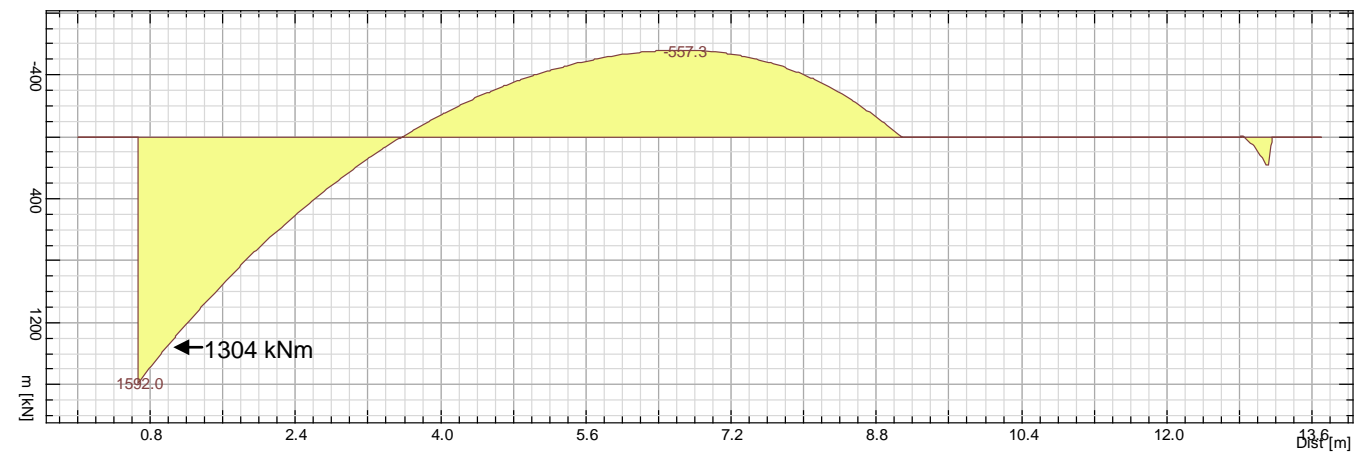
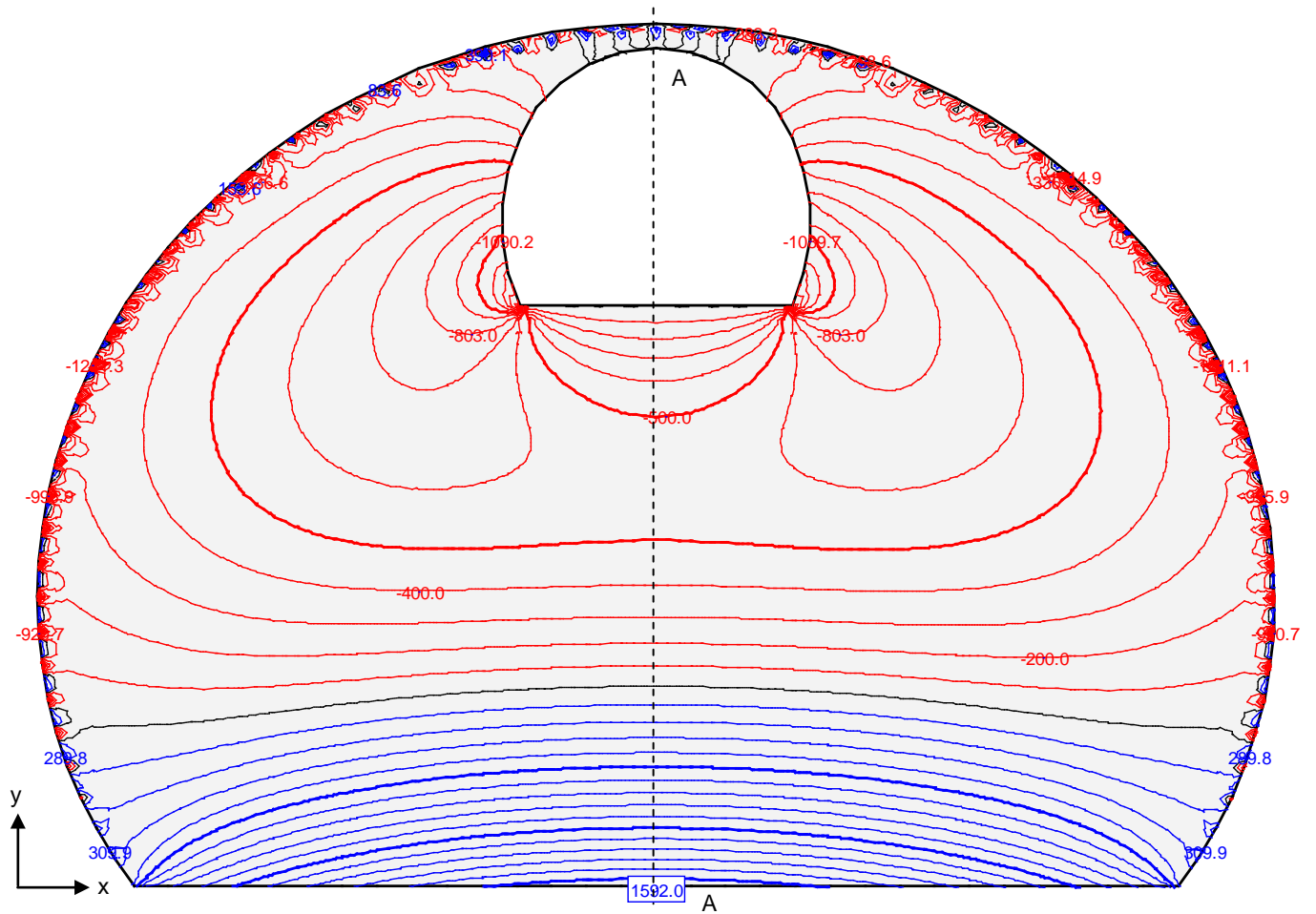


Abbildung 41:  $M_{yGZ-MAXIMUM}$

Illustrazione 41:  $M_{ySLE-MASSIMO}$



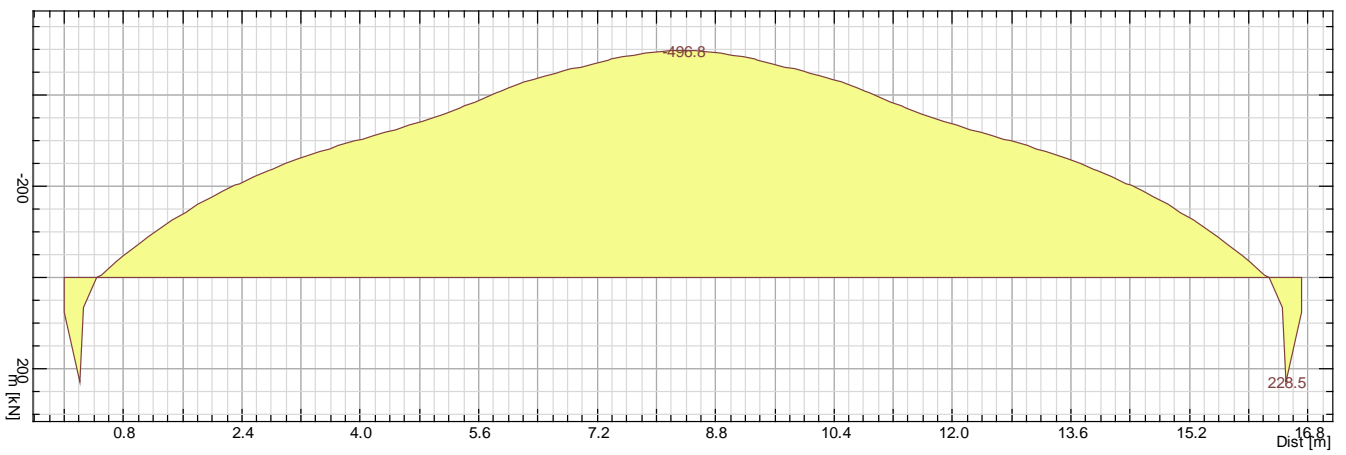
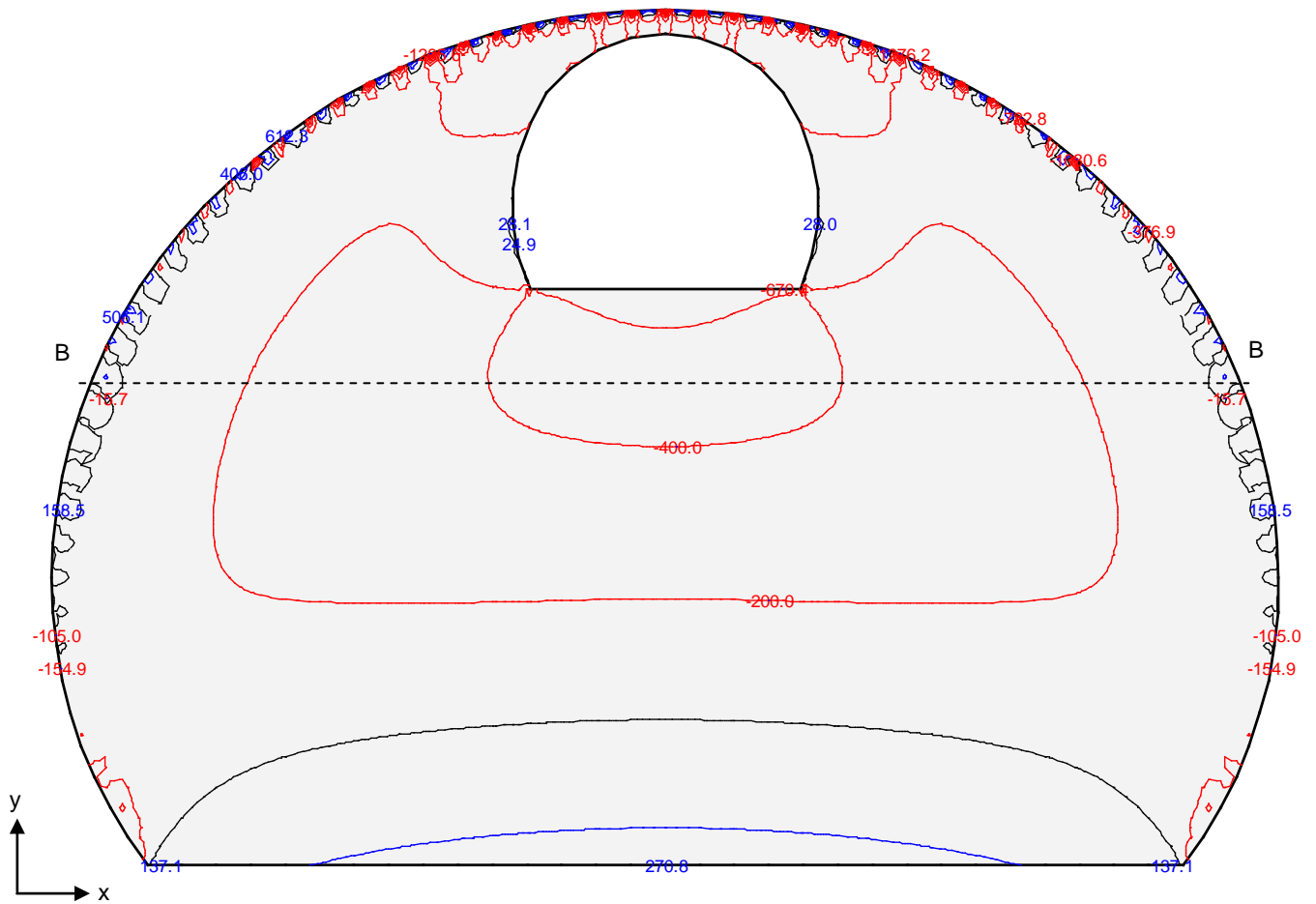
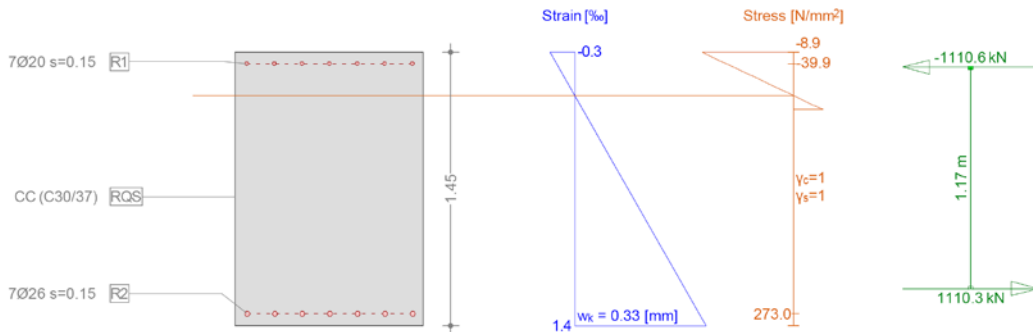


Abbildung 42:  $M_{xGZG-MAXIMUM}$

Illustrazione 42:  $M_{xSLE-MASSIMO}$

Cross-section CT5 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces My=1304.0;

Scale 1:32.3



**Stress analysis Cross section (column): CT5**

**Action forces**

No.	AP	P	Bending and axial force			Shear forces and torsion			Remarks
			N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	Vy [kN]	Vz [kN]	T [kNm]	
1	!SLS		0	1304.0	-				-

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

**Analysis-Parameters "SLS"**

ID	σ-ε-Diagram		Strain Limits			σs [N/mm²]	Partial factors		Various parameters	
	c	s	εc1d [%]	εc2d [%]	εud [%]		γc [-]	γs [-]	α [-]	φ [-]
!SLS	1/1	1				200.0	1.00	1.00	45.00	0

**Extreme stresses and strain**

Name	Class	Yq [m]	Zq [m]	ε [%]	σd [N/mm²]	γ [-]
RQS	C30/37	0.50	1.45	-0.3	-8.9	1.00
RQS	C30/37	-0.50	0	1.4	0	1.00
R1	B450C	-0.44	1.39	-0.2	-39.9	1.00
R2	B450C	-0.44	0.06	1.3	273.0	1.00

**Stresses and strain during the last iterations step**

Internal forces			Strain and Curvature			Stiffness Values		
N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	εx [%]	γy [km⁻¹]	γz [km⁻¹]	N/εx [kN]	My/γy [kNm²]	Mz/γz [kNm²]
-0.2	1304.1	-2.9	0.6	1.2	0	371.77	1.134E+6	* 9.479E+5

**Crack verification**

Text	Value	Text	Value
<b>Basic principles</b>	<b>EN 1992-1-1 7.3</b>		
<b>Cross section</b>			
h	1450.0 mm	Compression zone (cracked) xc	229.3 mm
d	1253.1 mm	h-d	196.9 mm
Cover c	50.2 mm	he,eff	406.9 mm
A <sub>c,eff</sub> Tension surface	406886 mm²	= Min[2.5 (h-d); (h-x)/3; h/2]	
<b>Concrete</b>		<b>Additional parameters</b>	
E <sub>c</sub>	33600.0 N/mm²	Duration of load kt	0.40
α <sub>s</sub> (E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> )	6.10	Bond properties k1	0.800
Creep coefficient φ	0	Distribution of strain k2	0.500
f <sub>ctm</sub>	2.9 N/mm²	k3	3.400
f <sub>ct,eff</sub>	2.9 N/mm²	k4	0.425
<b>Reinforcement</b>		<b>Results</b>	
E <sub>s</sub>	205000.0 N/mm²	Moment	1304.0 kNm
A <sub>s</sub> (in tension surface)	3580 mm²	Stress in reinforcement σ <sub>s</sub>	273.0 N/mm²
Diameter Ø <sub>eq</sub>	25.5 mm	ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> (7.9)	0.80 o/o
ρ <sub>eff</sub>	0.880 o/o	Crack spacing s <sub>r,max</sub> (7.11)	<b>0.66 m</b>
		Crack width wk (7.8)	<b>0.33 mm</b>

Tabelle 27: Nachweis GZG – Biegemoment My

Tabella 27: Verifiche SLE – Flessione My

**Stress analysis Cross section (column): CT5**

**Action forces**

No.	AP	P	Bending and axial force			Shear forces and torsion			Remarks
			N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]	
1	!SLS		0	-500.0	0				-

**Analysis-Parameters "SLS"**

ID	σ-ε-Diagram		Strain Limits			σ <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Partial factors		Various parameters	
	c	s	ε <sub>c1d</sub> [‰]	ε <sub>c2d</sub> [‰]	ε <sub>ud</sub> [‰]		γ <sub>c</sub> [-]	γ <sub>s</sub> [-]	α [-]	φ [-]
!SLS	1/1	1				200.00	1.00	1.00	45.00	0

**Extreme stresses and strain**

Name	Class	y <sub>q</sub> [m]	z <sub>q</sub> [m]	ε [‰]	σ <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	γ [-]
RQS	C30/37	-0.50	0	-0.0	-1.38	1.00
RQS	C30/37	0.50	1.45	0.0	1.38	1.00
R2	B450C	-0.44	0.06	-0.0	-7.77	1.00
R1	B450C	-0.44	1.39	0.0	7.77	1.00

**Stresses in homogeneous cross section (linear material properties)**

Name	Weight	y <sub>q</sub> [m]	z <sub>q</sub> [m]	σ <sub>elast,c</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
RQS	1.00	-0.50	0	-1.43
RQS	1.00	0.50	1.45	1.43

**Stresses and strain during the last iterations step**

N [kN]	Internal forces		Strain and Curvature			Stiffness Values		
	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	ε <sub>x</sub> [‰]	χ <sub>y</sub> [km <sup>-1</sup> ]	χ <sub>z</sub> [km <sup>-1</sup> ]	N/ε <sub>x</sub> [kN]	M <sub>y</sub> /χ <sub>y</sub> [kNm <sup>2</sup> ]	M <sub>z</sub> /χ <sub>z</sub> [kNm <sup>2</sup> ]
-0.0	-500.0	0.0	-0.0	-0.1	0.0	2.153E+5	8.794E+6	4.353E+6

**Crackverification**

Text	Value	Text	Value
<b>Basic principles</b>	<b>EN 1992-1-1 7.3</b>		
<b>Cross section</b>			
h	1450.0 mm	Compression zone (cracked) x <sub>c</sub>	725.0 mm
d	1289.2 mm	h-d	160.8 mm
Cover c	49.2 mm	h <sub>c,eff</sub>	241.7 mm
A <sub>c,eff</sub> Tension surface	241667 mm <sup>2</sup>	= Min[2.5 (h-d); (h-x)/3; h/2]	
<b>Concrete</b>		<b>Additional parameters</b>	
E <sub>c</sub>	33600.0 N/mm <sup>2</sup>	Duration of load k <sub>t</sub>	0.40
α <sub>e</sub> (E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> )	6.10	Bond properties k <sub>1</sub>	0.800
Creep coefficient φ	0	Distribution of strain k <sub>2</sub>	0.500
f <sub>ctm</sub>	2.9 N/mm <sup>2</sup>	k <sub>3</sub>	3.400
f <sub>ct,eff</sub>	2.9 N/mm <sup>2</sup>	k <sub>4</sub>	0.425
<b>Reinforcement</b>		<b>Results</b>	
E <sub>s</sub>	205000.0 N/mm <sup>2</sup>	Moment	-500.0 kNm
A <sub>s</sub> (in tension surface)	1693 mm <sup>2</sup>	Stress in reinforcement σ <sub>s</sub>	7.8 N/mm <sup>2</sup>
Diameter Ø <sub>eq</sub>	17.5 mm	ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> (7.9)	0.02 o/o
ρ <sub>eff</sub>	0.701 o/o	Crack spacing s <sub>r,max</sub> (7.11)	<b>0.59 m</b>
		Crack width w <sub>k</sub> (7.8)	<b>0.01 mm</b>

Cross-section CT5 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces My=-500.0;

Scale 1 :32.0

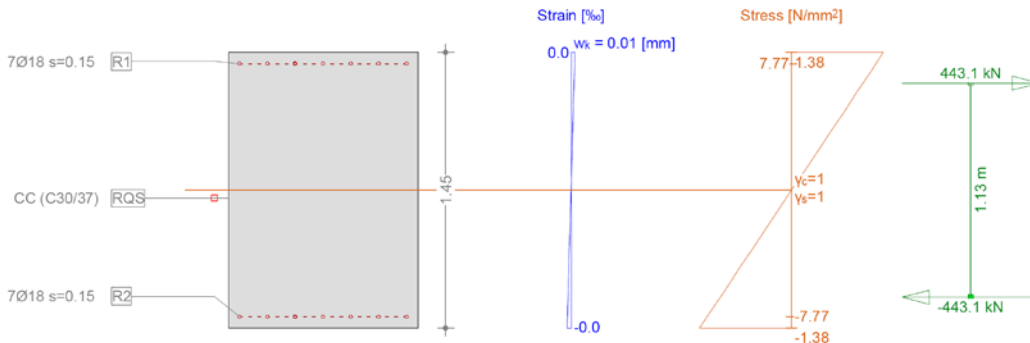


Tabelle 28: Nachweis GZG – Biegemoment Mx

Tabella 28: Verifiche SLE – Flessione Mx