



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 Gesamtbauwerke Teil 3	WBS Opere generali Parte 3
Dokumentenart Technischer Bericht	Tipo Documento Relazione tecnica
Titel Statische Berechnung - Sohlplatte Erkundungsstollen	Titolo Relazione di calcolo - Soletta di chiusura Cunicolo esplorativo

 Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P <small>cto Pro Iter S.r.l., Via G.B. Sommarini 5, 20125 Milano, Tel.: +39 026781911, Fax: +39 0287152612</small>	Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470
---	--

Mandataria  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	Mandante 	Mandante 	Mandante  ENGINEERING s.r.l./G.m.b.H.
Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista Ing. Rodrigo Correa	Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista

	Datum / Data	Name / Nome	Gesellschaft / Società
Bearbeitet / Elaborato	30.01.2015	Donato	Pöyry
Geprüft / Verificato	30.01.2015	Correa	Pöyry

 Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE	Name / Nome R. Zurlo	Name / Nome K. Bergmeister
--	-------------------------	-------------------------------

Projekt-kilometer / Chilometro progetto	von / da 32.0+88 bis / a 54.0+15 bei / al	Bau-kilometer / Chilometro opera	von / da 13.2+90 bis / a 27.2+17 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	035	KTB	D0700	23063	21

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per Appalto	Correa	30.01.2015
20	Überbearbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.2014	Donato	04.12.2014
11	Revisione Consegna definitiva	Donato	09.10.2014
10	Consegna definitiva	Donato	31.07.2014
00	Prima versione	Donato	16.07.2014

1	EINFÜHRUNG	
1	INTRODUZIONE	3
2	MATERIALKENNWERTE	
2	MATERIALI	4
2.1	BETON	
2.1	CALCESTRUZZO.....	4
2.2	BEWEHRUNGSSTAHL	
2.2	ACCIAIO DA ARMATURA.....	4
3	PRÜFUNGSKRITERIEN	
3	CRITERI DI VERIFICA	5
4	LASTENANALYSE	
4	ANALISI DEI CARICHI	6
5	RECHNUNGSMODELL	
5	MODELLO DI CALCOLO	7
5.1	SOHLPLATTE	
5.1	SOLETTA.....	7
5.2	MODELLIERUNG DER BETTUNG PRÜFUNG DER AUSBREITUNGSBEREICHE	
5.2	DIFFUSIONE DELL'AZIONE DEL RIVESTIMENTO GETTATO IN OPERA.....	11
6	VERZEICHNISSE	
6	ELENCHI	12
6.1	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
6.1	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	12
6.2	BIBLIOGRAFIE UND QUELLEN	
6.2	BIBLIOGRAFIA E FONTI.....	12
6.2.1	Dokumente der Ausschreibungsplanung	
6.2.1	Documenti in ingresso.....	12
6.2.2	Normen und Richtlinien	
6.2.2	Normativa.....	12

1 EINFÜHRUNG

Gegenstand dieses Berichts ist die Bemessung der vorgefertigten Bauteile des Erkundungsstollens vom km 12+459.5 bis zum km 27+213.

Im Entwurf des Erkundungsstollens ist die systematische Installation eines aus zwei Fertigteilen bestehenden Sohlensaufbaus vorgesehen, der Sohlentübbing und die Sohlplatte. Die Sohlplatte weist eine Dicke von 25 cm und eine Länge von 3.40 m.

Im Folgenden werden die Materialeigenschaften für die Fertigung der Sohlplatte untersucht und die strukturellen Nachweise geführt.

1 INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento delle strutture interne di rivestimento del cunicolo esplorativo dal km 12+459.5 al km 27+213.

Il Progetto del cunicolo prevede la sistematica posa in opera di una soletta di chiusura. La soletta di chiusura ha uno spessore di 25 cm ed una lunghezza di 3.40 m.

Nel seguito vengono illustrate le caratteristiche dei materiali impiegati per la produzione degli elementi prefabbricati e le verifiche strutturali.

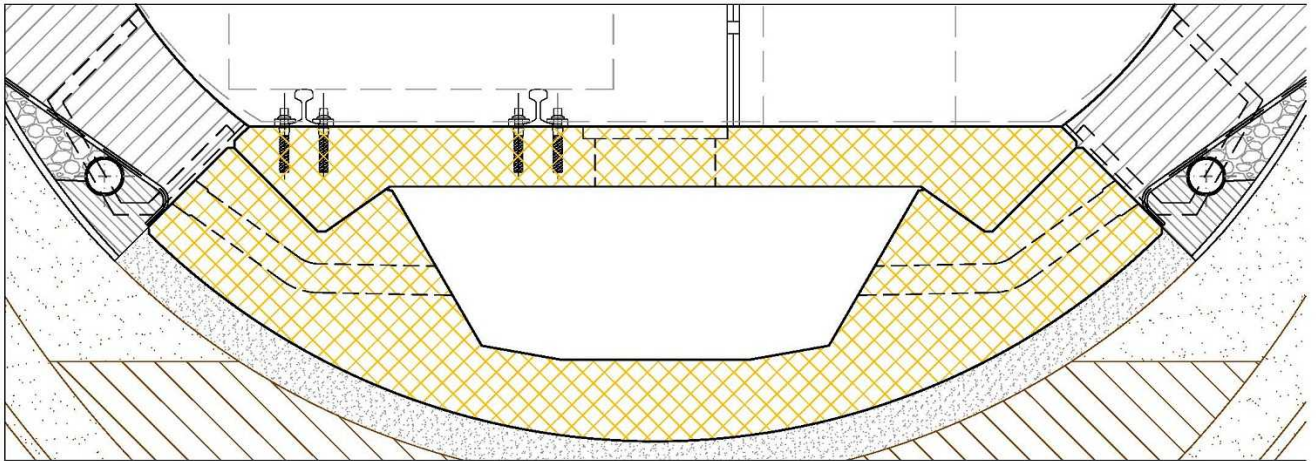


Abbildung 1: Modell des Sohlensaufbaus, mit Sohlentübbing und Sohlplatte

Figura 1: Modello della soletta di chiusura, rappresentata con il conio di base

2 MATERIALKENNWERTE

2.1 BETON

Für die Bemessung der Innenschale ist in der Regel ein Beton der Festigkeitsklasse C40/50 mit folgenden Eigenschaften zu berücksichtigen:

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

$$f_{ck} = 41.50 \text{ MPa}$$

Wobei:

- E_{cm} = Elastizitätsmodul
- f_{ck} = charakteristische Druckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen.

2.2 BEWEHRUNGSSTAHL

Folgende Betonstähle sind für die Bemessung der Außenschale heranzuziehen:

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

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

Wobei:

- E_s = elastisches Modul
- f_{yk} = charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls.

2 MATERIALI

2.1 CALCESTRUZZO

Per il dimensionamento del rivestimento definitivo si considera un calcestruzzo con classe di resistenza C40/50 con le seguenti caratteristiche:

Dove:

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

2.2 ACCIAIO DA ARMATURA

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

Dove:

- E_s è il modulo elastico
- f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento acciaio per cemento armato.

3 PRÜFUNGSKRITERIEN

In Bezug auf die Planung der Stahlbetonstrukturelemente wurde für die geprüften Querschnitte das Bruchkriterium für den massgebenden Beanspruchungspunkt (N_{Ed} , M_{Ed}) überprüft, welches die Grenze der Plastizierungsoberfläche für die zugewiesenen geometrischen- und Widerstandeigenschaften darstellt:

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

mit (N_{Rd} , M_{Rd}) Grenzwerte der Bruchfähigkeit.

Es wird überprüft, dass die Beanspruchungen innerhalb der Widerstandshülle der Strukturquerschnitte liegen, d.h. dass der Sicherheitsfaktor $F_s \geq 1$ ist.

Die Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen (BS1 und BS2) sind für eine Lebensdauer von 200 Jahren wie folgt zu berücksichtigen:

Stahlbeton

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

3 CRITERI DI VERIFICA

Nei riguardi della progettazione degli elementi strutturali in c.a., per le sezioni in esame è stato valutato il dominio di rottura, frontiera della superficie di plasticizzazione per assegnate caratteristiche geometriche e di resistenza, in modo da poter verificare che il punto (N_{Ed} , M_{Ed}), rappresentativo dello stato di sollecitazione riferita alla singola combinazione di carico, non violi il criterio di rottura:

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

con (N_{Rd} , M_{Rd}) valori limite sulla frontiera del dominio.

Si verificherà che le sollecitazioni di calcolo risultino interne al dominio di resistenza di progetto delle sezioni strutturali, cioè che risulti un coefficiente di sicurezza $F_s \geq 1$.

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

Calcestruzzo armato

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

4 LASTENANALYSE

- Eigengewicht für Stahlbetonstrukturen

$\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$

- Auflast auf der Sohlplatte

Die Sohlplatte ist für eine aussergewöhnliche verteilte Einwirkung von 100 kPa bemessen worden, die sich entlang 2.30 m erstreckt. Dieser Wert wird dem TBM-Durchfahrt und -Vortrieb ausgelegt.

- Gebirgsdruck

Die vom Gebirgsdruck auf die Innenschale verursachten Auswirkungen sind in den bezüglichen Berichten [1] und [2] gezeigt. Diese werden anhand einer Statik-6 Modellierung berechnet, wobei die Interaktion zwischen Innenschale und umgebendes Milieu eingetragen worden ist. Ausserdem sind auch die folgenden Einwirkungen berücksichtigt worden:

- Thermische Einwirkungen (Sommer/Winter)
- Kriech- und Schwindeffekte
- Hydrostatischer Druck auf den Sohlübbing

4 ANALISI DEI CARICHI

- Peso dell'unità di volume per strutture in c.a.

$\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$

- Carico sulla soletta di chiusura

La soletta di chiusura dell'arco rovescio è stata dimensionata per sopportare un carico uniforme accidentale di 100 KPa distribuito su 2,30 m di luce. Questo carico accidentale è stato definito in relazione al carico imposto alla struttura dal passaggio della TBM per lo scavo delle successive sezioni di monte.

- Carico della roccia

Le sollecitazioni dovute al carico dell'ammasso sui rivestimenti definitivi sono state valutate nelle relazioni specifiche [1] e [2] attraverso una modellazione con Statik-6 del rivestimento e della sua interazione con l'ammasso. In tali modellazioni, di cui si riporta una schema in Figura 2, si è considerato, oltre al carico dell'ammasso:

- Un carico termico (estate/inverno)
- Gli effetti del ritiro
- La pressione idrostatica sul concio di base

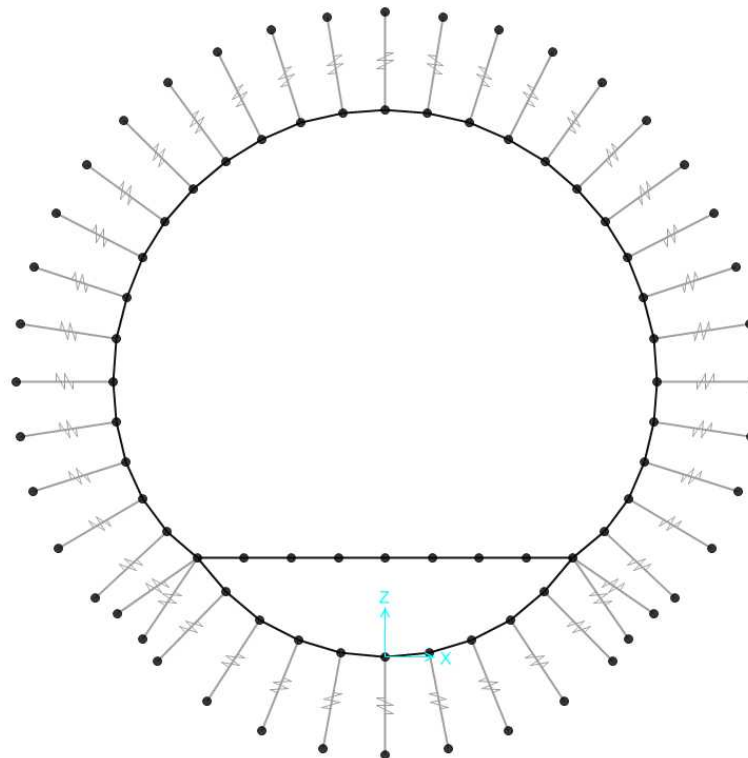


Abbildung 2: Berechnungsmodell des C-MS Querschnitts

Figura 2: Modello di calcolo della sezione C-MS

5 RECHNUNGSMODELL

5.1 SOHLPLATTE

Die gesamte Tunnellänge entlang wird die Sohlplatte auf den Sohlübbing aufgestellt, und damit eine Arbeitsfläche und eine Abtrennung vom Wasserabfluss erstellt.

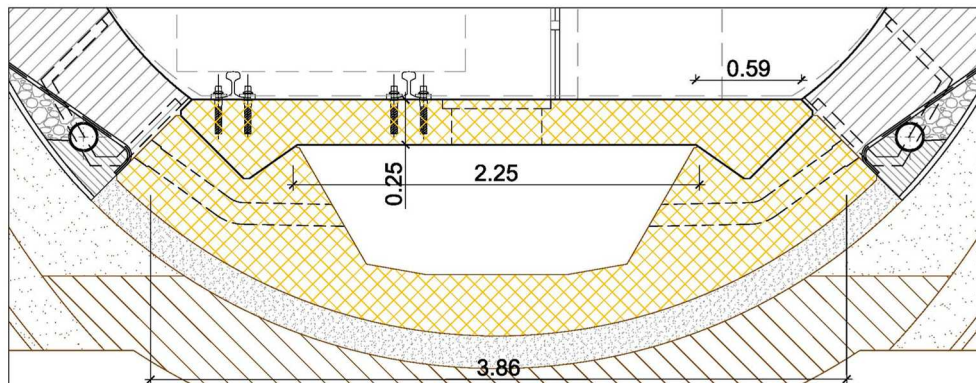


Abbildung 3: Modell der Sohlplatte

a) Biegenachweis (GZT)

Das Strukturelement wird auf den aus dem gefertigten Sohlübbing gewonnenen Lager aufgelegt. Der Widerstandsquerschnitt für die Berechnung weist eine Basis von 150 cm und eine Höhe von 25 cm. Das statische System entspricht einem einfachen Balken der Länge $L=2,3$ m.

Die ständigen Lasten beschränken sich auf das Eigengewicht:

$$q_g = b * h * \gamma = 1,5 * 0,25 * 25 = 9,4 \text{ kN/m.}$$

Die aussergewöhnlichen Einwirkungen sind meistens von der TBM-Durchfahrt und -Vortrieb verursacht. Der Sohlübbing ist entsprechend einer aussergewöhnlichen verteilten Last von 100 kPa ausgelegt.

Das Biegemoment ist:

$$M_{sd} = 1,35 * 9,4 * \frac{2,3^2}{8} + 1,5 * (100 * 1,5) * \frac{2,3^2}{8} = 157 \text{ kNm.}$$

Die Zugzone befindet sich unten. Die Biegebewehrung beträgt oben $10\text{Ø}12$ und unten $10\text{Ø}18$.

5 MODELLO DI CALCOLO

5.1 SOLETTA

Per tutta la lunghezza della galleria è prevista la posa, sopra al concio di base appoggiato alla roccia, di una soletta di chiusura che formerà il piano di lavoro della galleria, separandolo dal sottostante canale di scolo acque.

Figura 3: Modello della soletta di chiusura

a) Verifica a flessione in mezzeria (SLU)

L'elemento strutturale risulta appoggiato su sede ricavata nel concio di base. La sezione resistente di calcolo ha base 150 cm e altezza 25 cm. Lo schema statico è di trave in semplice appoggio alle estremità con luce dal filo degli appoggi pari a $L=2,3$ m.

I carichi permanenti si limitano al peso proprio, assumibile pari a:

$$q_g = b * h * \gamma = 1,5 * 0,25 * 25 = 9,4 \text{ kN/m.}$$

I carichi accidentali prevalenti sono dovuti al passaggio della TBM che servirà per lo scavo del cunicolo in avanzamento verso Nord. Il concio è progettato per resistere a un carico accidentale di 100 kPa uniformemente distribuito sulla soletta.

Momento flettente di progetto:

$$M_{sd} = 1,35 * 9,4 * \frac{2,3^2}{8} + 1,5 * (100 * 1,5) * \frac{2,3^2}{8} = 157 \text{ kNm.}$$

Le fibre tese sono quelle inferiori. Armatura a flessione: in alto $10\text{Ø}12$, in basso $10\text{Ø}18$.

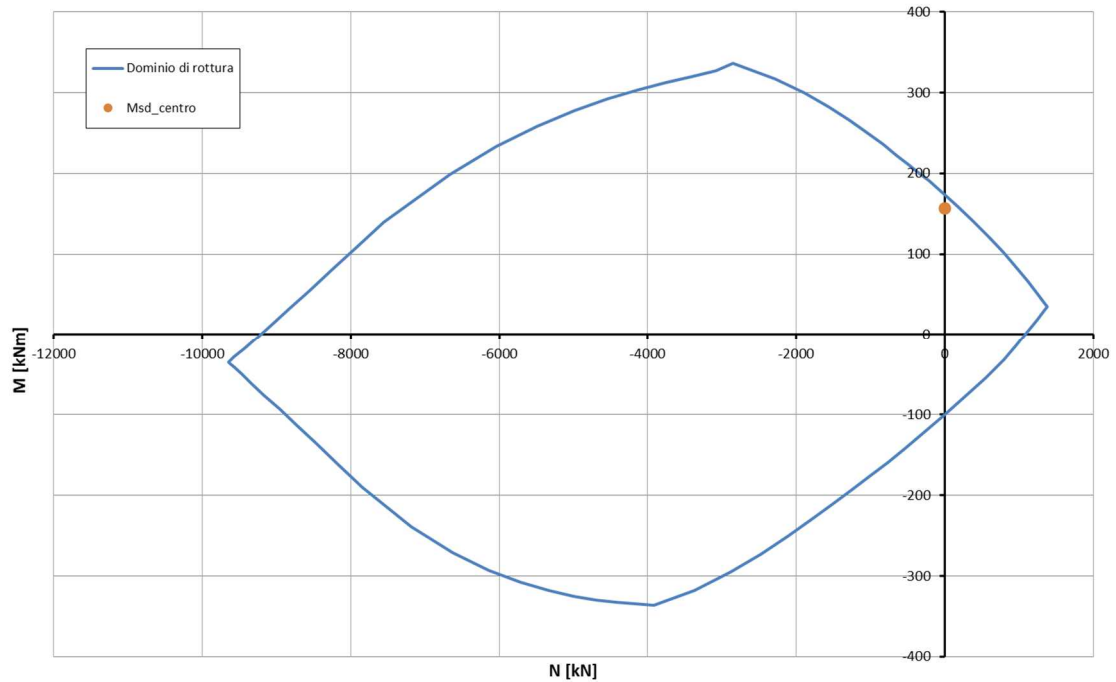


Abbildung 4: Biegenachweis der Sohlplatte (GZT)

Figura 4: Verifica a flessione della soletta (SLU)

b) Nachweis GZG und Rissbrechnung

Für das Biegemoment der Feldmitte gilt das gleiche statische System wie oben erwähnt:

$$M_{sd} = 9,4 * \frac{2,3^2}{8} + (100 * 1,5) * \frac{2,3^2}{8} = 105 \text{ kNm.}$$

b) Verifica SLE e a fessurazione

Per la sezione in mezzera con lo schema statico descritto in precedenza si è valutato il momento flettente di progetto:

$$M_{sd} = 9,4 * \frac{2,3^2}{8} + (100 * 1,5) * \frac{2,3^2}{8} = 105 \text{ kNm.}$$

STRESS CHARACTERISTICS SLS			soletta
Design value of Axial Force	N_{Sd}	[kN]	0
Design value of Bending Moment	M_{Sd}	[kNm]	105
Design value of Shear Force	T_{Sd}	[kN]	0.00
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			soletta
Overall depth of the cross section	h	[mm]	250
Minimum width of the cross section in the tensile area	b_w	[mm]	1500
Effective depth of the cross section	d	[mm]	191.0
Neutral axis depth	x	[mm]	74.3
Maximum concrete stress (- = compression)	σ_c	[N/mm ²]	-10.72
Minimum concrete stress (- = compression)	σ_{c1}	[N/mm ²]	0.00
Maximum steel stress (+ = tension)	σ_s	[N/mm ²]	252.50
Minimum steel stress (+ = tension)	σ_{s1}	[N/mm ²]	0.00
Concrete limit stress	$\sigma_{c,lim}$	[N/mm ²]	-24.90
Steel limit stress	$\sigma_{s,lim}$	[N/mm ²]	360.00
VERIFICATION RESULT			OK
STRESS LIMITATION SERVICEABILITY LIMIT STATE			soletta
Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days	f_{ck}	[N/mm ²]	41.50
Mean value of axial tensile strength of concrete ($=0.3f_{ck}^{2/3}$ per C<C50/60)	f_{ctm}	[N/mm ²]	3.596
Characteristic axial tensile strength of concrete ($=0.7f_{ctm}$)	f_{ctk}	[N/mm ²]	2.517
Partial factor of concrete	γ_c	[-]	1.000
Design tensile resistance of concrete	f_{ctd}	[N/mm ²]	2.517
Main value of tensile strength of the concrete in the effective tension area (f_{ctm})	$f_{ct,eff}$	[N/mm ²]	3.596
Elastic modulus of reinforcing steel	E_s	[N/mm ²]	210000
Secant elastic modulus of concrete	E_{cm}	[N/mm ²]	32000
$= E_s/E_{cm}$	α_e	[-]	6.56
Factor depending on the duration of the load (0.60: short term - 0.40: long term)	k_t	[-]	0.40
Effective tension area of concrete	$A_{c,eff}$	[mm ²]	87850
Number of rebar in tension area	n_l	[-]	10.0
Rebar main diameter	ϕ_l	[mm]	12
Cross section area of reinforcement in $A_{c,eff}$	A_{sl}	[mm ²]	1131
$= A_s/A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	[-]	0.0129
Main strain	$\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_{cm}$	‰	0.721
Rebar cover	c	[mm]	5
Rebar spacing	s	[mm]	150
Bond factor (0.80: high bond bars - 1.60: plain bars)	k_1	[-]	0.80
Factor which takes account of the distribution of strain (0.50 bending - 1.00 tension)	k_2	[-]	0.50
Coefficient for $S_{r,max}$	k_3	[-]	3.40
Coefficient for $S_{r,max}$	k_4	[-]	0.425
Maximum crack spacing	$S_{r,max}$	[mm]	175.46
Crack width	w_k	[mm]	0.127
Crack width limit	w_{lim}	[mm]	0.300
VERIFICATION RESULT			OK

Abbildung 5: Nachweis GZG und Rissnachweis der Sohlplatte

Figura 5: Verifica SLE e a fessurazione soletta.

c) Querkraftnachweis an den Auflager (GZT)

c) Verifica a taglio alle estremità (SLU)

Die Stützschnittkraft ist:

Reazione d'appoggio di progetto:

$$V_{sd} = (1,5 * (100 * 1,5) + 1,35 * 9,4) * \frac{2,3}{2} = 273,3 \text{ kN.}$$

$$V_{sd} = (1,5 * (100 * 1,5) + 1,35 * 9,4) * \frac{2,3}{2} = 273,3 \text{ kN.}$$

Es sind 4 Bügeleisen als Scherkraftbewehrung vorgesehen, Ø 10 mm alle 20 cm.

In soletta sono previsti 4 spilli di armatura a taglio, Ø 10 mm a passo 20 cm.

VERIFICHE A TAGLIO SECONDO D.M. 14/01/2008 (§ 4.1.2.1.3)

Caratteristiche dei materiali:

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R_{ck}	=	50	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f_{ck}	=	42	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f_{cd}	=	22.05	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f_{yd}	=	375.00	N/mm ²

Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{Ed}	=	273.30	kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V_{Ed}	$N(V_{Ed})$	=	0.00	kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V_{Ed}	$M(V_{Ed})$	=	0.00	kNm

Caratteristiche geometriche della sezione:

Altezza utile della sezione	d	=	191	mm
Larghezza minima della sezione	b_w	=	1500	mm

Armatura della sezione in zona tesa:

Diametro ferri longitudinali	\varnothing	=	12	mm
Numero tondini longitudinali utilizzati	n	=	10.0	--
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A_{sl}	=	1130	mm ²
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ_l	=	0.0039	--

VERIFICA SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione (≤ 2)	k	=	2.00	--
Tensione dipendente dal fattore k e dalla resistenza del cls	v_{min}	=	0.64	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 \times f_{cd}$)	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Resistenza ultima a taglio minima	$V_{Rd,min}$	=	182.71	kN
Resistenza ultima a taglio ($V_{Rd} \geq V_{Rd,min}$)	V_{Rd}	=	182.71	kN

VERIFICA NON SODDISFATTA:

occorre procedere al dimensionamento dell'armatura trasversale resistente a taglio.

VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2)

Armatura aggiuntiva resistente a taglio:

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α	=	90	°
Diametro ferri a taglio	\varnothing_{sw}	=	10	mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n_{sw}	=	4.0	--
Passo in direzione asse elemento	s	=	150	mm
Area totale di armatura a taglio	A_{sw}	=	316	mm ²

Fattori di resistenza a compressione:

Controllo duttilità (SI = duttile)	0.53	<	11.02	SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ	=	22.00	°
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f'_{cd}	=	11.02	N/mm ²
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	=	0.00	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α_c	=	1.00	--

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V_{Rsd}	=	336.12	kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V_{Rcd}	=	987.25	kN
Resistenza ultima a taglio	V_{Rd}	=	336.12	kN

VERIFICA SODDISFATTA.

Abbildung 6: Querkraftnachweis der Sohlplatte

Figura 6: Verifica a taglio soletta

Hier ist zu bemerken, dass die Normalkraft konservativ vernachlässigt worden ist. Diese weist einen maximalen Wert von 621 kN für SLU05 und 485 kN für SLE05 aus.

Si precisa che nelle verifiche è stata cautelativamente trascurata l'azione assiale che da modellazione raggiunge un valore massimo di 621 kN allo SLU05 e di 485 kN allo SLE05 incrementando l'FS.

5.2 MODELLIERUNG DER BETTUNG PRÜFUNG DER AUSBREITUNGSBEREICHE

Die Stützkraft aus der Verbindung mit der Innenschale wird auf den Sohlübbing abgegeben. Der Sohlübbing wird dafür nicht nur aus besserem Beton hergestellt, sondern er weist auch grössere geometrische Verhältnisse auf, s. nächste Abbildung. Trotzdem ist wahrscheinlich, dass Teil der Normaleinwirkung der Innenschale über den Sohlübbing in die Sohlplatte geht.

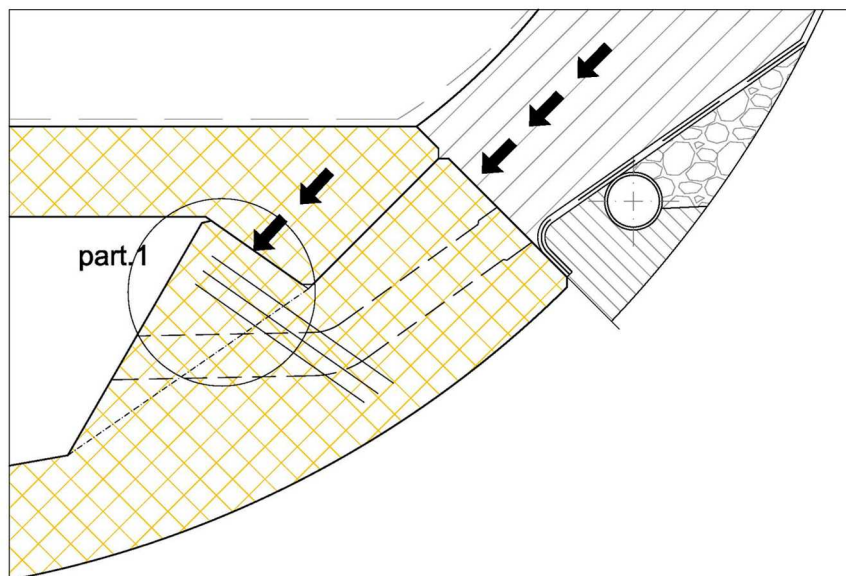


Abbildung 7: Ausbreitung der Normalkraft

Konservativer Weise wird angenommen, dass 50% der Normalkraft aus der Innenschale in die Sohlplatte geht, was 1'591 kN für SLU05 des PL-T2 Querschnitts [3] entspricht.

Die Stützkraft ist also mit einem 50% der Normalkraft als ausreichend geschätzt worden:

$$F_{tsd} = \frac{796 * 1,5}{2} = 597 \text{ kN.}$$

Die Stützkraft ist von drei Reihen von je 10 Eisen Ø12 aufgenommen, deren Widerstand ist gleich:

$$F_{trd} = 3 * 10 * \pi * \frac{\varphi^2}{4} * f_{yd} = 1272 \text{ kN.}$$

Der Nachweis ist also erfüllt, da $F_{trd} > F_{tsd}$ für 1.5 m breite Abschnitte (für beide F_t) gilt.

5.2 DIFFUSIONE DELL'AZIONE DEL RIVESTIMENTO GETTATO IN OPERA

L'azione di compressione presente nel rivestimento gettato in opera del rivestimento definitivo si trasmette al concio di base. Tale concio, oltre ad essere realizzato con calcestruzzo di qualità maggiore dei rivestimenti gettati in opera, presenta, come evidente dalla Figura 7, spessori decisamente maggiori. Questo garantisce la compatibilità delle sollecitazioni trasmesse dal rivestimento al concio di base. Tuttavia è ipotizzabile che quota parte dell'azione assiale presente nel rivestimento definitivo si trasmetta al concio di base sollecitando la mensola rappresentata nel particolare 1 di Figura 7.

Figura 7: Diffusione dell'azione assiale

Si considera cautelativamente che il 50% dell'azione assiale presente nel rivestimento definitivo in corrispondenza del concio di base, pari a 1'591 kN nello SLU05 della PL-T2 [3], carichi la mensola rappresentato in Figura 7.

Si ritiene sufficiente un'azione di confinamento pari al 50% dell'azione di compressione, pari quindi a:

$$F_{tsd} = \frac{796 * 1,5}{2} = 597 \text{ kN.}$$

La forza di confinamento è affidata a 3 file di 10 ferri Ø12 in grado di fornire una forza resistente pari a:

$$F_{trd} = 3 * 10 * \pi * \frac{\varphi^2}{4} * f_{yd} = 1272 \text{ KN}$$

La verifica risulta quindi soddisfatta in quanto $F_{trd} > F_{tsd}$, entrambe definite su 1,5 m di dimensione fuori piano.

6 VERZEICHNISSE

6.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Modell des Sohlenaufbaus, mit Sohlübbing und Sohlplatte.....

Abbildung 2: Berechnungsmodell des C-MS Querschnitts.....

Abbildung 3: Modell der Sohlplatte

Abbildung 4: Biegenachweis der Sohlplatte (GZT)

Abbildung 5: Nachweis GZG und Rissnachweis der Sohlplatte.....

Abbildung 6: Querkraftnachweis der Sohlplatte.....

Abbildung 7: Ausbreitung der Normalkraft.....

6.2 BIBLIOGRAFIE UND QUELLEN

6.2.1 Dokumente der Ausschreibungsplanung

- [1] 02_H61_OP_015_KTB_D0700_23057_10 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamterke Teil 3 – Technischer Bericht – Technischer Bericht Erkundungsstollen
- [2] 02_H61_OP_015_KTB_D0700_23062_10 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamterke Teil 3 – Technischer Bericht – Technischer Bericht Ausweiche Baulogistik
- [3] 02_H61_KU_015_KRP_D0700_23101_10 bis 02_H61_KU_015_KRP_D0700_23103_10 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Erkundungsstollen – Regelprofil – Regelprofile C-MS

6.2.2 Normen und Richtlinien

- [4] Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;
- [5] Leitfaden N.617, Vorgehenweise für technische Konstruktionsnormen, Ausgabe Januar 2008
- [6] DM 28/10/2005 Sicherheit für Bahntunnel
- [7] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Grundlage für Konstruktion und Dokumentation zur nationalen Umsetzung ;
- [8] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [9] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Planung von für Stahlbetonbauwerke und Dokumente zur nationalen Umsetzung;
- [10] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Geotechnik und

6 ELENCHI

6.1 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Modello della soletta di chiusura, rappresentata con il concio di base

Figura 2: Modello di calcolo della sezione C-MS.....

Figura 3: Modello della soletta di chiusura.....

Figura 4: Verifica a flessione della soletta (SLU).....

Figura 5: Verifica SLE e a fessurazione soletta.....

Figura 6: Verifica a taglio soletta.....

Figura 7: Diffusione dell'azione assiale.....

6.2 BIBLIOGRAFIA E FONTI

6.2.1 Documenti in ingresso

1. 02_H61_OP_015_KTB_D0700_23057_10 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 3 – Calcolo statico – Relazione di calcolo - Cunicolo Esplorativo
2. 02_H61_OP_015_KTB_D0700_23062_10 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 3 – Calcolo statico – Relazione di calcolo - Piazzole logistiche
3. 02_H61_KU_015_KRP_D0700_23101_10 fino a 02_H61_KU_015_KRP_D0700_23103_10 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Cunicolo esplorativo – Sezione tipo – Sezioni tipo applicate

6.2.2 Normativa

4. Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
5. Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
6. DM 28/10/2005, Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.
7. UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Basi per la progettazione strutturale e documento di applicazione nazionale3
8. UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
9. UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo e documento di applicazione nazionale

Dokumente zur nationalen Umsetzung

- [11] UNI EN 1992-1-2:2005
 - [12] UNI 11076: 2003
 - [13] D.M. 16.02.2007
- 10. UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica e documento di applicazione nazionale
 - 11. UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
 - 12. 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".
 - 13. D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"