



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	
Interne Strukturen		Strutture Interne	
Dokumentenart		Tipo Documento	
Statische Berechnung		Calcolo statico	
Titel		Titolo	
Statische Berechnung interne Strukturen CT3		Relazione di calcolo strutture interne CT3	
 RTI 4P <i>Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P</i> <small>cto Pro Iter S.r.l., Via G.B. Sammartini 5, 20125 Milano, Tel.: +39 026767911, Fax: +39 0287152612</small>		<i>Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche</i> Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470	
<i>Mandataria</i>	<i>Mandante</i>	<i>Mandante</i>	<i>Mandante</i>
 PRO ITER <small>Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.</small>	 PÖYRY	 pini swiss engineers	 PASQUALI-RAUSA <small>ENGINEERING S.r.l./G.m.b.H.</small>
<i>Fachplaner / il progettista specialista</i>		<i>Fachplaner / il progettista specialista</i>	
Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470			
	<i>Datum / Data</i>	<i>Name / Nome</i>	<i>Gesellschaft / Società</i>
Bearbeitet / Elaborato	30.01.2015	Moja	Pro Iter
Geprüft / Verificato	30.01.2015	Rivoltini	Pro Iter
 BBT <i>Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE</i>		<i>Name / Nome</i>	<i>Name / Nome</i>
		R. Zurlo	K. Bergmeister
Projekt-kilometer / Chilometro progetto	von / da 32.0+88 bis / a 54.0+15 bei / al	Projekt-kilometer / Chilometro opera	von / da bis / a bei / al
		Status Dokument / Stato documento	Massstab / Scala
			-
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero
02	H61	OP	970
		Dokumentenart Tipo Documento	Vertrag Contratto
		KST	D0700
		Nummer Codice	Revision Revisione
		20001	21

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Modifiche	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per Appalto	Rivoltini	30.01.2015
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	Rivoltini	04.12.2014
11	Projektvervollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e ricepimento istruttoria	Rivoltini	09.10.2014

1	EINFÜHRUNG	
1	INTRODUZIONE	4
2	MATERIALEN	
2	MATERIALI	5
2.1	BETON	
2.1	CALCESTRUZZO.....	5
2.2	BEWEHRUNGSSTAHL	
2.2	ACCIAIO DA ARMATURA.....	5
3	LASTENANALYSE	
3	ANALISI DEI CARICHI	6
3.1	EIGENGEWICHT G1	
3.1	PESO PROPRIO G1.....	6
3.2	KRIECHEN UND SCHWINDEN DES BETONS G6	
3.2	VISCOSITÀ E RITIRO DEL CALCESTRUZZO G6.....	6
3.3	TEMPERATUR Q1	
3.3	TEMPERATURA Q1.....	7
3.4	WASSERDRUCK	
3.4	CARICO IDRAULICO.....	7
4	EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN	
4	COMBINAZIONI DI CARICO	8
4.1	ÜBERPRÜFUNGSVERFAHREN	
4.1	VERIFICHE.....	8
4.1.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	
4.1.1	Stati Limite Ultimi (SLU).....	8
4.1.1.1	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
4.1.1.1	Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni.....	8
4.1.1.2	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
4.1.1.2	Coefficienti di combinazione delle azioni.....	8
4.1.1.3	Einwirkungskombinationen	
4.1.1.3	Combinazione delle azioni.....	8
4.1.1.4	Teilsicherheitsfaktoren Widerstand	
4.1.1.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze.....	9
4.1.1.5	Bemessung auf Biegung und Längskraft	
4.1.1.5	Verifica a pressoflessione.....	9
4.1.1.6	Bemessung Querkraft	
4.1.1.6	Verifica a taglio.....	9
4.1.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	
4.1.2	Stati Limite Esercizio (SLE).....	9
4.1.2.1	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
4.1.2.1	Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni.....	9
4.1.2.2	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
4.1.2.2	Coefficienti di combinazione delle azioni.....	9
4.1.2.3	Einwirkungskombinationen	
4.1.2.3	Combinazioni delle azioni.....	9
4.1.2.4	Teilsicherheitsfaktoren Widerstand	
4.1.2.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze.....	9

4.1.2.5	Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen	
4.1.2.5	Calcolo delle deformazioni	10
4.1.2.6	Begrenzung der Rissbreiten	
4.1.2.6	Limitazione dello spessore delle fessure	10
5	BERECHNUNGSMODELL	
5	MODELLO DI CALCOLO	11
6	ÜBERPRÜFUNGEN	
6	VERIFICHE.....	13
6.1	PRÜFUNGEN DER TRAGGRENZZUSTÄNDE	
6.1	VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI	13
6.1.1	Prüfung auf Biegung	
6.1.1	Verifica a flessione	13
6.1.2	Schubüberprüfung	
6.1.2	Verifica a taglio.....	13
6.2	PRÜFUNGEN DER GEBRAUCHSGRENZZUSTÄNDE	
6.2	VERIFICHE STATI LIMITE D'ESERCIZIO	15
6.2.1	Zug- und Rissüberprüfungen	
6.2.1	Verifica delle tensioni e fessurazione	15
7	VERZEICHNISSE	
7	ELENCHI.....	16
7.1	TABELLENVERZEICHNIS	
7.1	ELENCO DELLE TABELLE.....	16
7.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
7.2	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	16
7.3	REFERENZDOKUMENTE	
7.3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	16
7.3.1	Eingangsdokumente	
7.3.1	Documenti in ingresso	16
7.3.2	Normen und Richtlinien	
7.3.2	Normativa	16

1 EINFÜHRUNG

Gegenstand dieses Berichts ist die Bemessung der Strukturen innerhalb der Stollen CT3 (BP 39/2, BP 45/3 und BP 51/2), welche sich jeweils an den Kilometrierungen km 39.3+33, km 45.3+33 und km 39.3+33 befinden. Diese Stollen beherbergen die Brandschutzbecken. In Abbildung 1 sind Schnitt und Grundriss des Stollens CT3 aufgezeigt.

1 INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento delle strutture interne ai CT3 (BP 39/2, BP 45/3 e BP 51/2) posizionati rispettivamente alle progressive km 39.3+33, km 45.3+33 e km 39.3+33. Tali Cunicoli ospitano le vasche antincendio. In Figura 1 sono riportate sezione e pianta del CT3.

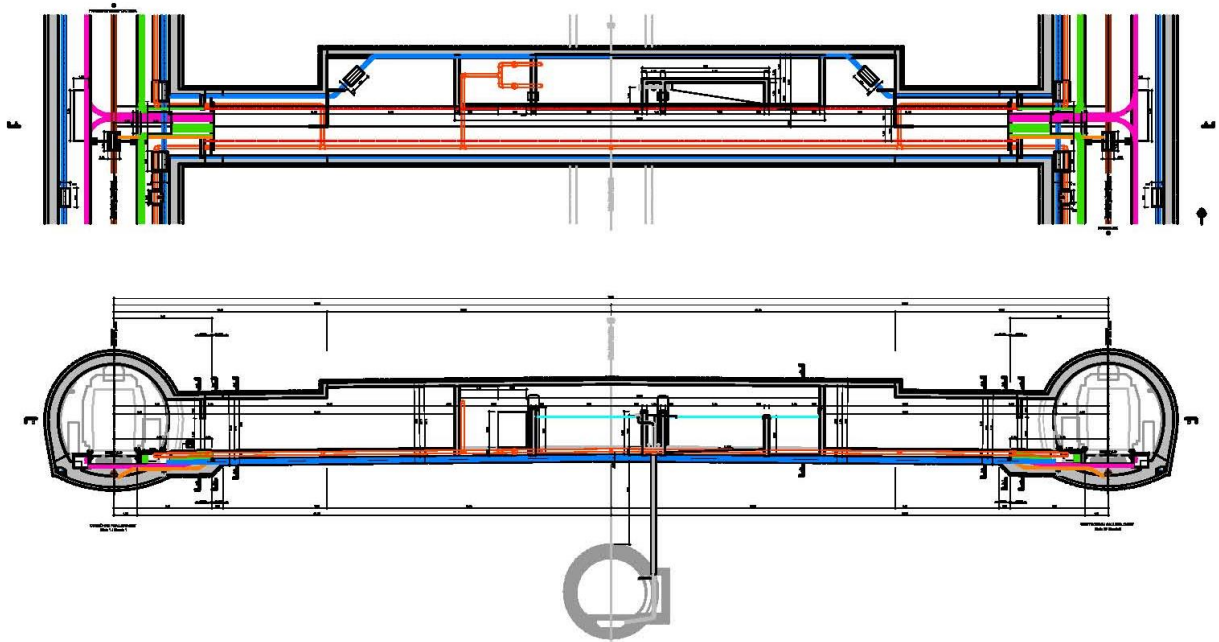


Abbildung 1: - Lageplan und Längenschnitt CT3

Figura 1: Sezione e pianta CT3

2 MATERIALEN

2.1 BETON

Für die Bemessung der Innenschale wird ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften angenommen:

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

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

Hierbei sind:

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

2.2 BEWEHRUNGSSTAHL

Für die Bemessung der Außenschale wird Stahl des Typs B450C benutzt:

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

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

wobei:

- E_s = Elastizitätsmodul
- f_{yk} = charakteristischer Wert der Streckgrenze des Stalbetons

2 MATERIALI

2.1 CALCESTRUZZO

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

Dove:

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

2.2 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 LASTENANALYSE

Folgende Kürzel werden für die Einwirkungen benutzt:

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

3.1 EIGENGEWICHT G1

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

Das spezifische Eigengewicht des Betons ist mit $\gamma = 25$ kN/m³ angenommen.

3.2 KRIECHEN UND SCHWINDEN DES BETONS G6

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

Die Kriechzahl ϕ wird gemäß NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 ermittelt.

Die Kriechzahl ϕ wird gemäß NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 unter Berücksichtigung des Spannungszustandes aus einer Einwirkungskombination ständiger Lasten ermittelt.

Kriechen und Schwinden des Betons bewirken eine Längenänderung Δl (Endschwindmaß), auf der die Berechnung in Form einer gleichmäßigen Temperaturabkühlung stützt.

Für alle Querschnitte die höher als 25 cm und aus Beton der Festigkeitsklasse C30/37 sind, ergibt sich eine Durchschnittsverformung per autogenes zeitlich unendliches Schwinden von 0.27‰. Bei der Dimensionierung wurde das von der Norm vorgeschriebene 50% des Schwindens übernommen, 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 zuvor mit Proben geprüft werden.

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

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)

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 $\gamma = 25$ kN/m³.

3.2 VISCOSITÀ E RITIRO DEL CALCESTRUZZO G6

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

Il valore di viscosità ϕ si calcola secondo le NTC 2008, capitolo 11.2.10.7.

Il coefficiente di viscosità ϕ si calcola ai sensi delle NTC 2008 par. 11.2.10.7, considerando la condizione tensionale derivante dalla combinazione di azioni permanenti.

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

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

Nella modellazione delle strutture interne, 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.

3.3 TEMPERATUR Q1

Die Dimensionierung der internen Strukturen erfolgt, laut folgende Tabelle, unter Berücksichtigung der Temperatureinwirkungen entsprechend dem Abstand von unter 3 km zum Portal.

Abstand Portal / Distanza dall'imbocco [km]	< 3,0	
Temperaturgradient / gradiente della temperatura ΔT [°C]	5	
ΔT_{eff} [°C]	Winter / inverno	Sommer / estate
	-16	16

Tabelle 1: Temperatureinwirkung

Der Temperaturgradient zeigt die Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und Außenoberfläche der Struktur.

3.4 WASSERDRUCK

Auf die Stolleninnenwände Typ 3 drückt die hydrostatische Last des Wassers der Brandschutzbecken, welches bei der gravierendsten Kombination eine Wasserhöhe von 3 m erreichen kann.

3.3 TEMPERATURA Q1

Per il dimensionamento delle strutture interne si considerano le azioni termiche, in conformità alla seguente tabella, secondo la distanza dall'imbocco, assunta cautelativamente minore di 3 km.

Tabelle 1: Variazione termica

Il gradiente della temperatura indica la differenza di temperatura tra le superfici interna ed esterna della struttura.

3.4 CARICO IDRAULICO

Sulle pareti interne dei cunicoli tipo 3 insiste il carico idrostatico dell'acqua presente nelle vasche antincendio che, nella combinazione più gravosa, può raggiungere un battente di 3 m.

4 EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen müssen gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten ψ berücksichtigt werden.

Bezüglich der Bemessung der internen Strukturen werden folgende Kombinationen benutzt:

	coefficients			
	G1	G6	Q1	P idrostatica
SLE	1	1	1	1
SLU	1.35	1	1.5	1.35

Tabelle 2: Lastenkombinationen

4.1 ÜBERPRÜFUNGSVERFAHREN

Für die Überprüfung des Grenzzustandes und der Grenzgebrauchstauglichkeit wurden die Wirkungskombinationen gemäß NTC2008 Vorgaben, Kapitel 2.5.3, berücksichtigt.

4.1.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

4.1.1.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Die zu berücksichtigenden Teilsicherheitsfaktoren variieren abhängig von den Kombinationen und Bedingungen der Einwirkungen. Gemäß NTC2008 werden folgende Teilsicherheitsfaktoren für ständige, vorübergehende und außergewöhnliche Bemessungssituationen berücksichtigt:

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

Angesichts der Einwirkungen aus dem Schwinden für die Überprüfung im Grenzzustand der Tragfähigkeit, wurde gemäß EC2, Teil 1, Kap. 2.4.2.1, der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{SH} = 1,0$ berücksichtigt.

4.1.1.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

Gemäß EN 1990 bzw. NTC2008 müssen folgende Kombinationsbeiwerte benutzt werden:

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

Tabelle 3: Kombinationsbeiwerte

4.1.1.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen müssen gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten ψ berücksichtigt werden.

4 COMBINAZIONI DI CARICO

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

Per quanto riguarda il dimensionamento delle strutture interne si utilizzano le combinazioni seguenti:

Tabella 2: Combinazioni di carico vasca antincendio

4.1 VERIFICHE

Per la verifica allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio 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)

4.1.1.1 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 $\gamma_{SH} = 1,0$.

4.1.1.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

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

Tabella 3: Coefficienti di combinazione

4.1.1.3 Combinazione delle azioni

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

4.1.1.4 Teilsicherheitsfaktoren Widerstand

Die Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände bei einer ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation werden, wie mit BBT SE vereinbart, wie folgt betrachtet, unter Berücksichtigung einer Bauwerklebensdauer von 200 Jahren:

Stahlbeton

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

Für die Überprüfungen der außergewöhnlichen Bemessungssituation müssen die Teilsicherheitsfaktoren mit $Y_c = 1,20$ und $Y_s = 1,00$ berücksichtigt werden. Der Minderungsbeiwert der Betondruckfestigkeit α bleibt unverändert.

4.1.1.5 Bemessung auf Biegung und Längskraft

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

4.1.1.6 Bemessung Querkraft

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

4.1.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

4.1.2.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Bei der Überprüfung des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit müssen die charakteristischen Einwirkungen mit deren Kombinationen berücksichtigt werden.

4.1.2.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

In Tabelle 2 befinden sich die bei Einwirkungskombinationen zu berücksichtigenden Beiwerte. Die Kombinationsbeiwerte werden gemäß Tabelle 3 berücksichtigt.

4.1.2.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen müssen, gemäß NTC 2008, mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten ψ berücksichtigt werden.

4.1.2.4 Teilsicherheitsfaktoren Widerstand

Für die Überprüfung des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit werden die charakteristischen Werte der Widerstände berücksichtigt.

4.1.1.4 Koeffizienten partiellen di sicurezza per le resistenze

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

Calcestruzzo armato

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

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

4.1.1.5 Verifica a pressoflessione

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

4.1.1.6 Verifica a taglio

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

4.1.2 Stati Limite Esercizio (SLE)

4.1.2.1 Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni

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

4.1.2.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

In Tabella 2: Combinazioni di carico si trovano i coefficienti da considerare nelle combinazioni delle azioni. I coefficienti di combinazione sono da considerare come in Tabella 3: Coefficienti di combinazione.

4.1.2.3 Combinazioni delle azioni

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

4.1.2.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

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

4.1.2.5 Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen

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

4.1.2.6 Begrenzung der Rissbreiten

Unter Berücksichtigung der NTC2008, wird im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit die maximale Rissweite w_{kal} für die maßgebenden Einwirkungskombinationen, unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsfaktoren und Minderungsfaktoren ψ laut Tabelle 3, nachgewiesen. Die zulässige Rissbreite für Normalbeton ohne besondere Stärkeanforderung oder bei Abdichtungsvorkommen wird auf $w_{kal} \leq 0,3$ mm begrenzt.

Bei besonderer Anforderung an Stärke der Betoninnenschale oder bei aggressiven oder sehr aggressiven Umgebungsbedingungen wird die maximale Rissweite auf $w_{kal} \leq 0,2$ mm begrenzt.

4.1.2.5 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.

4.1.2.6 Limitazione dello spessore delle fessure

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

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

5 BERECHNUNGSMODELL

Es wird festgestellt, dass an der Nominalstärke der internen Strukturen eine Ausführungstoleranz von 2 cm übernommen wurde. Die Berechnungen sind daher auf eine um 2 cm reduzierte Stärke durchgeführt worden, im Vergleich zur der in den Planungstafeln angezeigten Nominalstärke.

Die Zentralwand hat eine Höhe von 5 m und eine Stärke von 0.35 m. Die Wand ist als ein an der Basis eingeklemmter und an der Spitze scharnierter Balken berechnet worden, wie folgende Abbildung darstellt.

5 MODELLO DI CALCOLO

Si precisa che sullo spessore nominale delle strutture interne si è assunta una tolleranza d'esecuzione di 2 cm. I calcoli sono pertanto effettuati su uno spessore ridotto di 2 cm rispetto allo spessore nominale riportato nelle tavole di progetto.

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

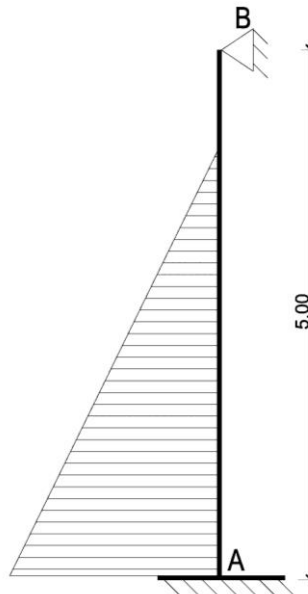


Abbildung 2: Statisches Wandschema

Als Berechnungshypothese nimmt dieses Element einzig die Belastungen der Last des Wasservorkommens im Tunnel auf, welche vorsichtshalber mit einer Wasserhöhe von 4 m angenommen wurde.

Die übertragene Last auf GZT entspricht 54 kN/m, während sie für die Kombination auf GZG 40 kN/m beträgt.

In Betrachtung eines vergleichbaren Balkenverhaltens mit dem eines an der Basis eingeklemmten und an der Spitze scharnierten Balkens, sind die auf den Balken wirkenden Belastungen bei Grenzzustand der Tragfähigkeit folgende:

Figura 2: Schema statico della parete

Per ipotesi di calcolo tale elemento riprende unicamente le sollecitazioni provenienti dal carico dovuto alla presenza d'acqua nella galleria che, cautelativamente, è stata assunta con un battente di 4 m.

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

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

$$M_A = -71.42 \text{ kNm}$$

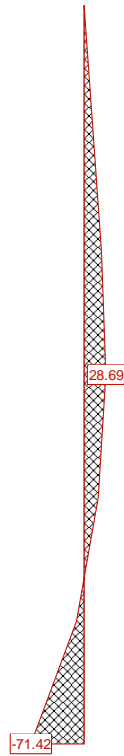


Figura 3 MSLU

Abbildung 3: MGZT

Die auf den Balken wirkenden Belastungen auf Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind folgende:

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

$$M_A = -52.9kNm$$

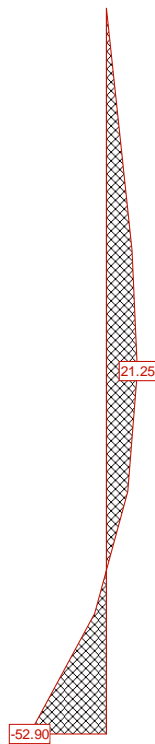


Figura 4 MSLE

Abbildung 4: MGZG

6 ÜBERPRÜFUNGEN

6.1 PRÜFUNGEN DER TRAGGRENZZUSTÄNDE

6.1.1 Prüfung auf Biegung

Unter Berücksichtigung der Toleranz von 2 cm, wird, anstatt des Schnitts 100x35 cm, ein, mit vertikalen Stäben $\phi 14/15$ und horizontalen Stäben $\phi 10/30$, netto Betondeckung 4 cm, symmetrisch bewehrten Schnitt 100x33 cm überprüft

Es wird festgestellt, dass dieselbe Bewehrung, welche für diesen Schnitt vorgesehen ist, auch die Widerstandserfordernisse der niedrigeren Wände ($h=3m$), Stärke 30cm, erfüllen, welche sich in den CT3 befinden.

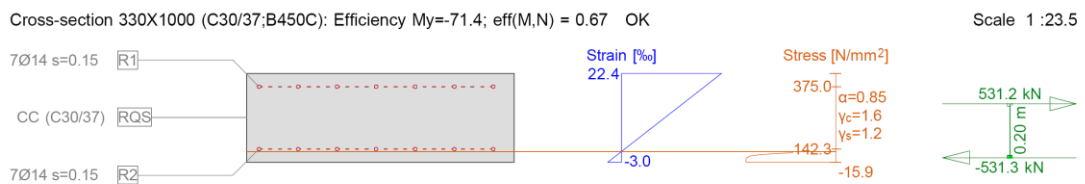
6 VERIFICHE

6.1 VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI

6.1.1 Verifica a flessione

Tenuti conto dei 2 cm di tolleranza si verifica una sezione 100x33 cm invece della sezione 100x35 cm armata simmetricamente con barre verticali $\phi 14/15$ e barre orizzontali $\phi 10/30$, copriferro netto 4 cm.

Si precisa che la medesima armatura prevista per questa sezione soddisfa i requisiti di resistenza anche delle pareti più basse ($h=3m$), spessore 30cm, presenti nei CT3.



Ultimate strength analysis Cross section (Girder): 330X1000

Action forces / Efficiency factors: $eff(M,N) = 0.67$ OK

No.	AP	P	Bending and axial force			$eff(M,N)$ [-]	Shear forces and torsion			$eff(V,T)$ [-]	Complete CS $eff(M,N,V,T)$ [-]
			N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]		V_y [kN]	V_z [kN]	T [kNm]		
1	!ULS		0	-71.4	-	0.67					

Analysis-Parameters "IULS"

ID	σ - ϵ -Diagram		Strain Limits			σ_s [N/mm ²]	Partial factors		Various parameters	
	c	s	ϵ_{c1d} [‰]	ϵ_{c2d} [‰]	ϵ_{ud} [‰]		γ_c [-]	γ_s [-]	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_d [m]	z_d [m]	ϵ [‰]	σ_d [N/mm ²]	γ [-]
RQS	C30/37	-0.50	0	-3.0	-15.9	1.88
RQS	C30/37	0.50	0.33	22.4	0	1.88
R2	B450C	-0.45	0.05	0.7	142.3	1.20
R1	B450C	-0.45	0.28	18.7	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_x [‰]	χ_{y1} [km ⁻¹]	χ_z [km ⁻¹]	N/ϵ_x [kN]	M_y/χ_y [kNm ²]	M_z/χ_z [kNm ²]
-0.1	-106.5	8.0	9.7	-77.0	0	5.36	1384.26 *	50068.37

Tabelle 4: GZT Überprüfungen - Biegung

Tabella 4: Verifiche SLU – Flessione

6.1.2 Schubüberprüfung

Die auf der Einspannung (VA) und an der Stütze (BB) wirkenden Belastungen auf Grenzzustand der Tragfähigkeit sind folgende:

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

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

6.1.2 Verifica a taglio

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

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

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

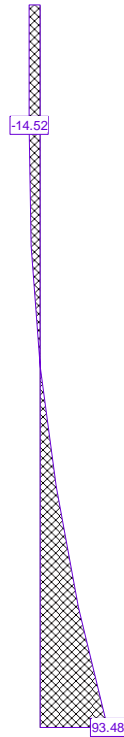


Abbildung 5: VGZT

Figura 5 VSLU

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	=	1.841		Coefficiente
h	=	330	mm	Altezza geometrica della sezione
d	=	283	mm	Altezza statica della sezione
A_s	=	1'026	mm ²	Area di armatura longitudinale
ρ_1	=	0.00363		Percentuale di armatura
N_{Ed}	=	0	kN	Azione assiale di progetto
A_c	=	283'000	mm ²	Area della sezione di calcestruzzo
α_{cc}	=	0.85		Coefficiente per carichi di lunga durata
σ_{cp}	=	0.00	MPa	Sforzo di compressione agente
b_w	=	1'000	mm	Larghezza sezione collaborante
V_{Rd1}	=	129.85	kN	
$V_{Rd2}(v_{min})$	=	135.48	kN	
V_{Rd}	=	135.48	kN	
			$V_{Ed} =$	93.50 kN
			$V_{Rd} > V_{Ed}$	VERIFICA SODDISFATTA

Tabelle 5: GZT Überprüfungen - Schub

Tabella 5: Verifiche SLU – Taglio

6.2 PRÜFUNGEN DER GEBRAUCHSGRENZZUSTÄNDE

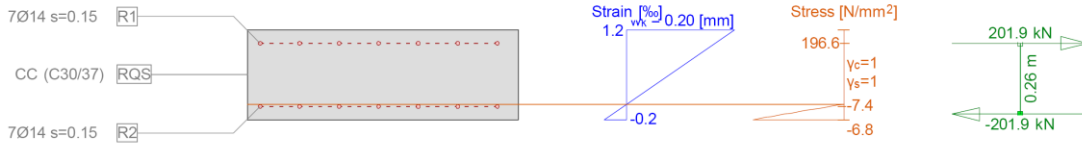
6.2 VERIFICHE STATI LIMITE D'ESERCIZIO

6.2.1 Zug- und Rissüberprüfungen

6.2.1 Verifica delle tensioni e fessurazione

Cross-section 330X1000 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces $M_y=-52.9$;

Scale 1 :23.5



Stress analysis Cross section (Girder): 330X1000

Action forces

No.	AP	P	Bending and axial force			Shear forces and torsion			Remarks
			N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	V_y [kN]	V_z [kN]	T [kNm]	
1	!SLS		0	-52.9	-				-

Analysis-Parameters "ISLS"

ID	σ-ε-Diagram			Strain Limits			σ _s [N/mm²]	Partial factors		Various parameters	
	c	s		ε _{c1d} [%]	ε _{c2d} [%]	ε _{ud} [%]		γ _c [-]	γ _s [-]	α [-]	φ [-]
!SLS	2/0	1					200.0	1.00	1.00	45.00	0

Extreme stresses and strain

Name	Class	y_q [m]	z_q [m]	ε [%]	σ _d [N/mm²]	γ [-]
RQS	C30/37	-0.50	0	-0.2	-6.8	1.00
RQS	C30/37	0.50	0.33	1.2	0	1.00
R2	B450C	-0.45	0.05	-0.0	-7.4	1.00
R1	B450C	-0.45	0.28	1.0	196.6	1.00

Stresses and strain during the last iterations step

Internal forces			Strain and Curvature			Stiffness Values		
N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	ε _x [%]	χ _y [km ⁻¹]	χ _z [km ⁻¹]	N/ε _x [kN]	$M_y/χ_y$ [kNm]	$M_z/χ_z$ [kNm]
-0.0	-52.9	2.9	0.5	-4.3	0	23.95	12441.04	* 1.698E+5

Crack verification

Text	Value	Text	Value
Basic principles	EN 1992-1-1 7.3		
Cross section			
h	330.0 mm	Compression zone (cracked) x _c	56.5 mm
d	292.0 mm	h-d	48.0 mm
Cover c	41.2 mm	h _{c,eff}	91.2 mm
A _{c,eff} Tension surface	91170 mm ²	= Min[2.5 (h-d); (h-x)/3; h/2]	
Concrete		Additional parameters	
E _c	33600.0 N/mm ²	Duration of load k _t	0.40
α _{cc} (E _s /E _c)	6.10	Bond properties k ₁	0.800
Creep coefficient φ	0	Distribution of strain k ₂	0.500
f _{ctm}	2.9 N/mm ²	k ₃	3.400
f _{ct,eff}	2.9 N/mm ²	k ₄	0.425
Reinforcement		Results	
E _s	205000.0 N/mm ²	Moment	-52.9 kNm
A _s (in tension surface)	1027 mm ²	Stress in reinforcement σ _s	196.6 N/mm ²
Diameter Ø _{eq}	13.7 mm	ε _{sm} -ε _{cm} (7.9)	0.58 o/o
ρ _{eff}	1.126 o/o	Crack spacing s _{r,max} (7.11)	0.35 m
		Crack width w _k (7.8)	0.2 mm

Tabelle 6: GZG Überprüfungen - Riss

Tabella 6: Verifiche SLE – Fessurazione

7 VERZEICHNISSE

7.1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Temperatureinwirkung.....	7
Tabelle 2: Lastenkombinationen	8
Tabelle 3: Kombinationsbeiwerte	8
Tabelle 4: GZT Überprüfungen - Biegung.....	13
Tabelle 5: GZT Überprüfungen - Schub	14
Tabelle 6: GZG Überprüfungen - Riss.....	15

7.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: - Lageplan und Längenschnitt CT3	4
Abbildung 2: Statisches Wandschema.....	11
Abbildung 3: MGZT	12
Abbildung 4: MGZG	12
Abbildung 5: VGZT.....	14

7.3 REFERENZDOKUMENTE

7.3.1 Eingangsdokumente

- [1] 02_H61_OP_070_KBW_D0700_20350 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: -Baulos Muls 2-3 - Bewehrung interne Strukturen CT3 (BP 45/2) - Löschwasserbecken
- [2] 02_H61_OP_250_KBW_D0700_20355 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: -Baulos Muls 2-3 - Bewehrung interne Strukturen CT3 (BP 51/2) - Löschwasserbecken
- [3] 02_H61_OP_025_KBW_D0700_20360 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: -Baulos Muls 2-3 - Bewehrung interne Strukturen CT3 (BP 39/2) - Löschwasserbecken

7.3.2 Normen und Richtlinien

- [4] Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;
- [5] Leitfaden N.617, Anweisungen zur Anwendung der "Neuen technische Normen für Bauwerke" laut MD, 14. Januar 2008
- [6] DM 28/10/2005 Sicherheit für Bahntunnel
- [7] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Grundlage für Konstruktion und Dokumentation zur nationalen Umsetzung ;

7 ELENCHI

7.1 ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Variazione termica.....	7
Tabella 2: Combinazioni di carico vasca antincendio.....	8
Tabella 3: Coefficienti di combinazione.....	8
Tabella 4: Verifiche SLU – Flessione	13
Tabella 5: Verifiche SLU – Taglio.....	14
Tabella 6: Verifiche SLE – Fessurazione	15

7.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Sezione e pianta CT3	4
Figura 2: Schema statico della parete.....	11
Figura 3 MSLU	12
Figura 4 MSLE	12
Figura 5 VSLU	14

7.3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

7.3.1 Documenti in ingresso

- [1] 02_H61_OP_070_KBW_D0700_20350 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Armatura strutture interne CT3 (BP 45/2) - vasca antiincendio
- [2] 02_H61_OP_250_KBW_D0700_20355 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Armatura strutture interne CT3 (BP 51/2) - vasca antiincendio
- [3] 02_H61_OP_025_KBW_D0700_20360 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Armatura strutture interne CT3 (BP 39/2) - vasca antiincendio

7.3.2 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

- | | |
|---|--|
| <p>[8] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011</p> <p>[9] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Planung von für Stahlbetonbauwerke und Dokumente zur nationalen Umsetzung;</p> <p>[10] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Geotechnik und Dokumente zur nationalen Umsetzung</p> <p>[11] UNI EN 1992-1-2:2005 „Planung von Stahlbetonbauwerke Teil 1-2: Allgemeinregelung – Brandschutz Strukturplanung“</p> <p>[12] UNI 11076: vom 1. Juli 2003, "Testmodalitäten zur Bewertung des Benehmens der an den Decken von Untertagebauten angebrachten Schutzmaßnahmen in Brandfall".</p> <p>[13] D.M. 16.02.2007 "Feuerwiderstandsklassifizierung von Erzeugnisse und Bauelemente für Bauwerke"</p> | <p>[8] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011</p> <p>[9] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo e documento di applicazione nazionale</p> <p>[10] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica e documento di applicazione nazionale</p> <p>[11] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"</p> <p>[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".</p> <p>[13] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"</p> |
|---|--|