

S.S. 38 - LOTTO 4: VARIANTE DI TIRANO DALLO SVINCOLO DI STAZZONA (COMPRESO) ALLO SVINCOLO DI LORETO (CON COLLEGAMENTO ALLA DOGANA DI POSCHIAVO)

**S.S. 38 - LOTTO 4: NODO DI TIRANO -
TRATTA "A" (SVINCOLO DI BIANZONE - SVINCOLO LA GANDA)
E TRATTA "B" (SVINCOLO LA GANDA - CAMPONE IN TIRANO),
AI SENSI DEL PROTOCOLLO D'INTESA DEL 05/11/2007**

PROGETTO ESECUTIVO

 <p>STUDIO CORONA</p>	 <p>ING. RENATO DEL PRETE</p>	<p>ING. RENATO DEL PRETE</p>	 <p>Arch. Nicoletta Frattini</p>	 <p>Ing. Gabriele Incecchi</p>
	<p>Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4663 W)</p>	 <p>Prof. Ing. Matteo Ranieri</p>	<p>SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni</p> <p>Prof. Ing. Luigi Monterisi</p>	<p>ARKE' INGENGERIA s.r.l.</p> <p>Ing. Gioacchino Angarano</p>

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE	GEOLOGO	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
			
Dott. Ing. Giancarlo LUONGO	Ing. Valerio BAJETTI	Dott. Geol. Francesco AMANTIA SCUDERIP	Ing. Gaetano RANIERI

HC06	OPERE D'ARTE MAGGIORI - GALLERIE NATURALI		
	GN01 - GALLERIA NATURALE IL DOSSO		
	Tunnel di servizio e opere accessorie - Relazione di calcolo		

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.	HC06_P01GN01OSTRE06_A.dwg		
M 1 3 2 4 E 1 8 0 1	CODICE ELAB. P 0 1 G N 0 1 O S T R E 0 6	A	

C					
B					
A	EMISSIONE	FEBBRAIO 2019	ING. G. SODERO	PROF. ING. VITTORIO RANIERI	ING. VALERIO BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	4
3.1	Caratteristiche del calcestruzzo ai fini della durabilità	4
3.2	Verifiche allo stato limite di apertura delle fessure.....	5
3.3	Copriferro.....	5
4	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO.....	6
4.1	Vita nominale	6
4.2	Classe d'uso	6
4.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	6
4.4	Valutazione dell'accelerazione attesa massima al suolo.....	6
5	MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	8
5.1	Schematizzazione della sovrastruttura e dei vincoli	8
5.2	Modellazione dei materiali	9
5.3	Validazione del codice di calcolo	9
5.4	Modello di calcolo sezione cunicolo.....	10
6	ANALISI DEI CARICHI CUNICOLO.....	10
6.1	Peso proprio.....	10
6.2	Ricoprimento in copertura.....	11
6.3	Carichi da traffico su soletta.....	11
6.4	Carichi da traffico su terra a contatto dei ritti	11
6.5	Spinta del terreno in condizioni statiche	11
6.6	Azione sismica	11
7	ANALISI DEI CARICHI SETTO E SOLAIO.....	12
7.1	Peso proprio.....	12
7.2	Ricoprimento in copertura.....	12
7.3	Sovraccarico	12
7.4	Azione sismica	12
8	VERIFICHE STRUTTURALI SEZIONE CUNICOLO	12
8.1	Condizioni e combinazioni di carico.....	12
8.2	Numerazione dei nodi del modello.....	13
8.3	Diagrammi di sollecitazione	14
8.4	Tabulati di verifica	16
9	VERIFICHE STRUTTURALI SETTO E SOLAIO	21
9.1	Condizioni e combinazioni di carico.....	22
9.2	Diagrammi di sollecitazione	23
9.3	Verifica armatura a flessione	26
9.4	Verifica armatura a taglio.....	26
9.5	Deformata della struttura	28

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è parte integrante del Progetto esecutivo della S.S. 38 Lotto 4 Nodo di Tirano Tratta A (Svincolo di Bianzone-Svincolo La Ganda) e Tratta B (Svincolo La Ganda-Campone in Tirano).

La Galleria stradale Il Dosso è ubicata a SE del Comune di Tirano al piede del versante oro-grafico sinistro del Fiume Adda ed è compresa fra le progressive km 5+055.00 (inizio portale lato Sondrio) e km 6+170.26 (inizio portale lato Bormio).

Lo sviluppo longitudinale dell'opera (SW-NE), parallelo alla direzione della valle, è complessivamente di circa 1115.26.m (comprensivo delle tratte in artificiale).

Il tracciato in galleria presenta coperture massime, riferite in chiave di calotta, pari a circa 91.50 m. La sezione stradale prevista è ad un'unica carreggiata (due corsie di marcia) e corrisponde ad una sezione tipo C1 secondo il D.M. del 05/11/2001.

La galleria risulta composta da un tratto in naturale, da due tratti in artificiale e da portali di im-bocca a becco di flauto.

La galleria naturale viene realizzata fra le progressive km 5+140.00 e km 6+118.26 per una lunghezza complessiva di scavo pari a 978.26 m.

La galleria Il Dosso, tenuto conto delle tratte in artificiale e naturale, consta pertanto di uno sviluppo complessivo di 1115.26 m.

La galleria presenta al di sotto del piano stradale un cunicolo pedonale di fuga finalizzato alla sicurezza in casi di emergenza.

Sono previste tre piazzole di emergenza alle seguenti progressive:

- Piazzola di emergenza 1 in sinistra tra Pk 5286.17 e Pk 5338.54;
- Piazzola di emergenza 2 in destra tra Pk 5586.60 e Pk 5638.33;
- Piazzola di emergenza 3 in sinistra tra Pk 5891.20 e Pk 5943.58.

All'interno della piazzola di emergenza sono inserite le scale che permettono di raggiungere il cunicolo pedonale posizionato al di sopra dell'arco rovescio.

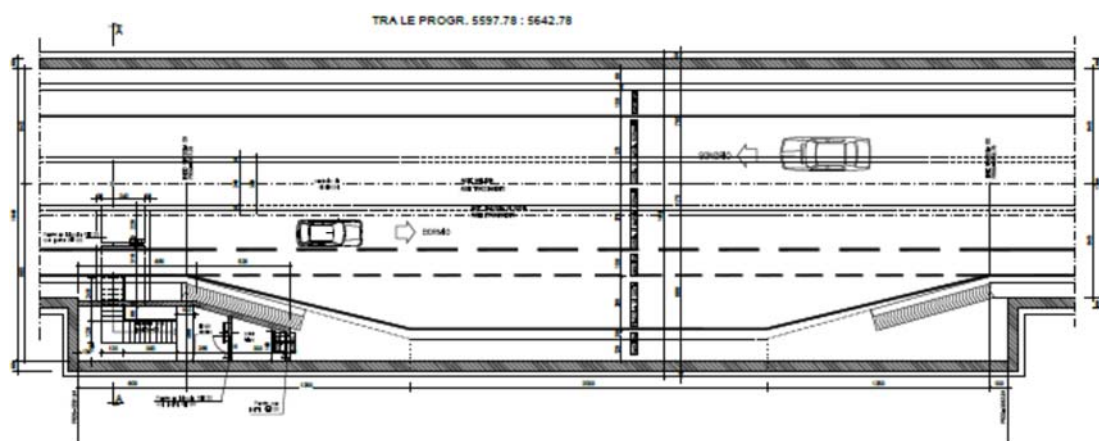


FIGURA 1: PIANTA GALLERIA

- **UNI EN 206-1:2000** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione e conformità
- **UNI 11104:2004** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo fondazioni e elevazioni C28/35

Fase finale	R_{ck}	=	35.00	MPa
Resistenza a compressione cilindrica	f_{ck}	= $0.83 \times R_{ck}$	= 29.05	MPa
Resistenza cilindrica media	f_{cm}	= $f_{ck} + 8$	= 37.05	MPa
Modulo elastico	E_c	= $22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	= 32588	MPa
Coefficiente parziale di sicurezza calcestruzzo	γ_c	=	1.5	
Coefficiente per le resistenze di lunga durata	α_{cc}	=	0.85	
Resistenza a compressione di calcolo	f_{cd}	= $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$	= 16.46	MPa
Resistenza a trazione media	f_{ctm}	= $0.30 \times f_{ck}^{2/3}$	= 2.83	MPa
Resistenza a trazione	f_{ctk}	= $0.7 \times f_{ctm}$	= 1.98	MPa
Resistenza a trazione di calcolo	f_{ctd}	= f_{ctk} / γ_c	= 1.32	MPa
S.L.E.				
Tensione limite di esercizio (comb. Rare)	σ_{cR}	= $f_{ck} \times 0.60$	= 17.43	MPa
Tensione limite di esercizio (comb. Quasi)	σ_{cP}	= $f_{ck} \times 0.45$	= 13.07	MPa
Classe di esposizione	XC2-XC3			

Acciaio ordinario FeB 450C controllato in stabilimento

Tensione di snervamento caratteristica	f_{yk}	=	450.00	MPa
Resistenza caratteristica a trazione	f_{tk}	=	540.00	MPa
Coefficiente parziale di sicurezza acciaio	γ_s	=	1.15	
Resistenza di calcolo dell'acciaio	f_{yd}	= f_{yk} / γ_s	= 391.30	MPa
Tensione limite di esercizio (comb. Rare)	σ_{sR}	= $f_{yk} \times 0.75$	= 337.50	MPa
Copriferro minimo (ambiente aggr.)	c_{nom}	= $c_{min} + \Delta c$	= 50	mm

3.1 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO AI FINI DELLA DURABILITÀ

Al fine di valutare le caratteristiche vincolanti delle miscele di calcestruzzo nei confronti della durabilità viene fatto riferimento alla norma EN 206-1 ed alla norma UNI 11104.

Di seguito viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, la dimensione massima degli aggregati, la classe di consistenza ed il copriferro minimo delle armature, tenuto anche conto della Vita Nominale dell'opera $V_N = 100$ anni:

Calcestruzzo fondazioni e elevazioni:

Classe di esposizione XC2 per le parti a contatto con il terreno e XC3 per le restanti parti

Classe di resistenza caratteristica a compressione: C28/35

Dimensione max aggregati: 32 - 25 mm

Classe minima di consistenza: S4

Copriferro minimo: 50 mm

3.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2008:

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

Parti di elementi a contatto con il terreno CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2
Parti di elementi non a contatto con il terreno CLASSE DI ESPOSIZIONE XC3

Pertanto, nel caso in esame si ha:

Verifiche a fessurazione – condizioni ambientali ordinarie – armatura poco sensibile:

Combinazione di azioni frequente: $w_k \leq w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Combinazione di azioni quasi permanente: $w_k \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$

3.3 COPRIFERRO

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale è somma di due contributi, il copriferro minimo e la tolleranza di posizionamento.

Nel caso in oggetto le strutture si trovano tutte in condizioni ordinarie e si hanno i seguenti parametri:

- Classe di esposizione XC2-XC3
- Classe di resistenza caratteristica a compressione: C28/35
- Dimensione max aggregati: 25 mm
- Classe minima di consistenza: S4

Il valore del copriferro minimo è valutato secondo quanto riportato al punto C4.1.6.1.3 della Circolare n.7. Nel caso in esame la classe di esposizione ambientale è ordinaria e si pone, come da tabella C4.1.IV un copriferro minimo pari a 20 mm. La tolleranza di posizionamento è pari a 10 mm. Inoltre, data la vita nominale della struttura pari a 100 anni, come da normativa, deve aggiungersi un copriferro aggiuntivo pari a 10 mm. Si ottiene pertanto un copriferro nominale minimo pari a 40 mm. A favore di sicurezza si assume un copriferro pari a 50 mm.

Tabella C4.1.IV Copriferrì minimi in mm

C _{min}	C _o	ambiente	barre da c.a.		barre da c.a.		cavi da c.a.p.		cavi da c.a.p.	
			elementi a piastra		altri elementi		elementi a piastra		altri elementi	
			C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

4 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

4.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale, così come definita al punto 2.4.1 del DM 17/01/2018, è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in oggetto, l'opera ricade nella definizione di "Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica".

La vita nominale viene pertanto assunta: $V_N = 100$ anni.

4.2 CLASSE D'USO

Il DM 17/01/2018 al punto 2.4.2. attribuisce alle costruzioni, in funzione della loro destinazione d'uso e quindi delle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso in conseguenza di un evento sismico, diverse classi d'uso. Nel caso in oggetto si fa riferimento alla Classe III. Il coefficiente d'uso risulta pertanto: $C_U = 1.5$.

4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U .

Si ottiene pertanto il periodo di riferimento: $V_R = V_N \times C_U = 100 \times 1.5 = 150$ anni.

4.4 VALUTAZIONE DELL'ACCELERAZIONE ATTESA MASSIMA AL SUOLO

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:

$$P_{VR}(SLV)=10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni, vale:

$$T_R(SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1423 \text{ anni}$$

GN01 – TUNNEL DI SERVIZIO E OPERE ACCESSORIE – RELAZIONE DI CALCOLO

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell’Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di a_g , F_0 , T^*_c .

a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell’accelerazione di gravità;

F_0 → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_c → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

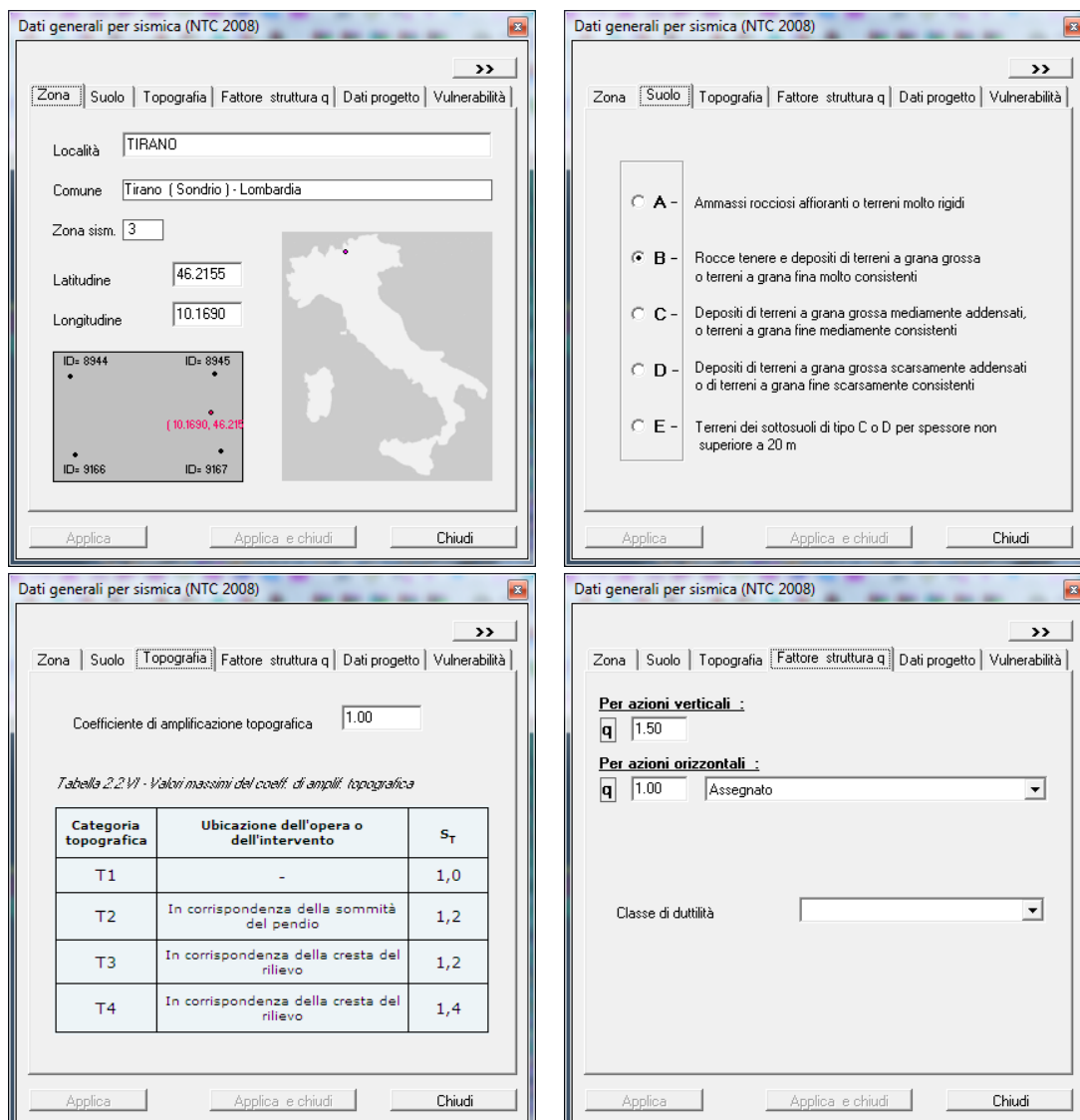
S → coefficiente che comprende l’effetto dell’amplificazione stratigrafica (S_s) e dell’amplificazione topografica (S_t).

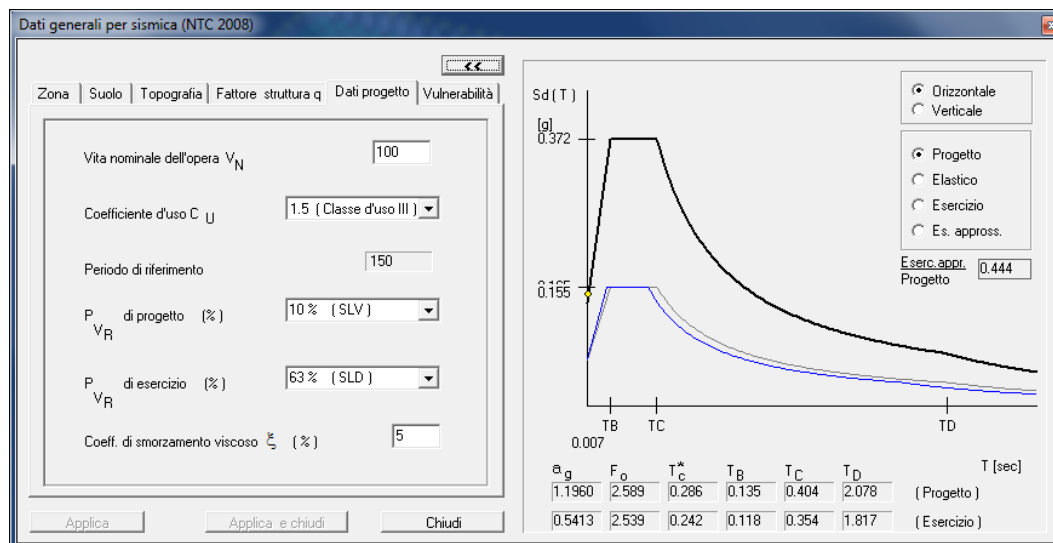
Le azioni sismiche sono calcolate nelle seguenti coordinate geografiche:

LAT 46.2155°

LON 10.1690°

La classe del sottosuolo è la B. Si assume un fattore di struttura q pari a 1.0 e quindi non sono necessarie verifiche di gerarchia delle resistenze. Si riportano le schermate dei dati di input del software con i dati inseriti.





Per i valori delle caratteristiche sismiche (a_g , F_0 , T_c^*) per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita, si ottengono i valori:

- $a_g=0.1196$ g;
- $F_0=2.589$;
- $T_c^*=0.286$ s.

Allo SLD si ha:

- $a_g=0.054$ g;
- $F_0=2.539$;
- $T_c^*=0.242$ s.

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (NTC § 7.11.6). Specificatamente si considerano i seguenti contributi:

- azioni inerziali dei pesi propri e dei carichi permanenti;
- spinta del terreno calcolata con il metodo di Monobe-Okabe.

5 MODELLAZIONE STRUTTURALE

5.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA E DEI VINCOLI

Le analisi di sollecitazione e le verifiche del cunicolo sono state condotte utilizzando il software Dolmen Win release 17 prodotto e distribuito dalla CDM Dolmen srl con sede in Torino, mentre le verifiche del setto e del solaio della galleria sono state condotte utilizzando il software Robot Structural Analysis Professional prodotto da Autodesk.

I modelli matematici delle strutture analizzate sono assemblati su uno schema piano di larghezza unitaria e sono stati realizzati utilizzando elementi monodimensionali sia per il cunicolo che per il setto e il solaio.

5.2 MODELLAZIONE DEI MATERIALI

I materiali considerati hanno comportamento elastico lineare in fase di calcolo delle sollecitazioni.

5.3 VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

Dolmen per Windows è un sistema integrato di procedure dedicate alla progettazione civile e strutturale. Il modello agli elementi finiti può essere assemblato facendo uso di elementi monodimensionali di tipo beam e elementi bidimensionali di tipo shell. È possibile simulare qualsiasi tipo di vincolo interno e esterno nonché travi di fondazione su suolo elastico con comportamento alla Winkler. A corredo del programma è fornito un dettagliato manuale di funzionamento con esempi svolti. La verifica della bontà dei risultati è effettuata a ogni analisi tramite il rapporto tra l'energia di deformazione elastica degli elementi strutturali e il lavoro compiuto dalle forze agenti. Tale rapporto, per la Scienza delle Costruzioni, deve essere pari all'unità. Un risultato diverso indica una labilità presente o potenziale nella matrice di rigidezza della struttura. Questo parametro è fornito per ogni singola condizione di carico e consente di evidenziare eventuali singolarità nel modello a ogni analisi. Il codice di calcolo DOLMEN WIN è prodotto, distribuito ed assistito dalla CDM DOLMEN srl, con sede in Torino, Via B. Drovetti 9F. La società produttrice è presente da anni nell'ambito dei programmi di calcolo per l'ingegneria. Gli sviluppatori sono tutti ingegneri civili laureati presso il Politecnico di Torino, con vasta esperienza professionale nel settore delle costruzioni e dell'analisi strutturale. La procedura è sviluppata in ambiente Windows, ed è stata scritta utilizzando i linguaggi FORTRAN, C++ e BASIC. Il solutore ad elementi finiti è stato scritto all'interno della società, collaudandolo tramite confronto con esempi di calcolo dotati di soluzione analitica e con altri codici di analisi. In particolare, essendo nato il solutore nella seconda metà negli anni '80 su workstation in ambiente UNIX, si è fatto ricorso al programma ad elementi finiti HERCULE, della SOCOTEC (Francia). DOLMEN WIN permette l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono la trave (elemento BEAM), con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse, ed il guscio (elemento SHELL), sia rettangolare che triangolare, avente comportamento di membrana e di piastra. La matrice di rigidezza dei gusci quadrangolari è ottenuta per condensazione di quattro gusci triangolari con vertice interno in comune. I carichi possono essere applicati sui nodi, sulle travi e sui gusci come forze (distribuite, trapezie, concentrate), coppie e distorsioni termiche. I vincoli esterni sono definiti tramite le sei costanti di rigidezza elastica. Eventuali analisi sismiche possono essere effettuate sia in regime statico che dinamico tramite analisi modale, con o senza presa in conto di piani orizzontali rigidi. Il calcolo delle forze sismiche ed il successivo dimensionamento degli elementi resistenti può avvenire sia secondo il DM 16.01.96, sia secondo le Nuove Norme Tecniche 2018. I riferimenti bibliografici fondamentali usati nella scrittura del codice sono stati i seguenti:

- O. C. Zienkiewicz, "The Finite Element Method", Third Edition, McGraw-Hill
- V. I. Carbone – D. Munari, "Analisi Strutturale per il Calcolo Automatico", Levrotto & Bella
- M. Como – G. Lanni, "Elementi di Costruzioni Antisismiche", Cremonese

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, composta da un manuale d'uso contenente fra l'altro più esempi dettagliati di calcolo e da una vasta serie di test di validazione, sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata. La validità del programma è

suffragata da anni di uso intensivo presso centinaia di utenti in tutta Italia e all'estero. Inoltre la presenza di un modulo CAD per l'introduzione di dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi introdotti. È possibile ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura, ed al termine dell'elaborazione viene valutata la qualità della soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione. DOLMEN WIN è dotato inoltre di moduli a corredo del solutore principale, che consentono il progetto e la verifica di membrature in acciaio, di travi, pilastri e piastre in calcestruzzo, di pareti in muratura portante. Tali moduli leggono direttamente le sollecitazioni prodotte dal solutore e producono disegni e relazioni di calcolo secondo le ultime normative vigenti.

Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional è uno strumento di analisi strutturale avanzato che consente di effettuare analisi lineari e non lineari di modelli di edifici, ponti e altri tipi di strutture industriali. Consente di definire una vasta gamma di tipi di analisi avanzata, quali analisi statica, analisi modale, analisi sismica, analisi dello spettro, analisi armonica e analisi cronologica.

5.4 MODELLO DI CALCOLO SEZIONE CUNICOLO

È stato assemblato un modello bidimensionale agli elementi finiti secondo le modalità descritte in precedenza. La sezione tipo 1 ha una larghezza netta interna di 240 cm. Ritti e soletta hanno spessore pari a 30 cm. Si riporta qui di seguito la vista del modello:

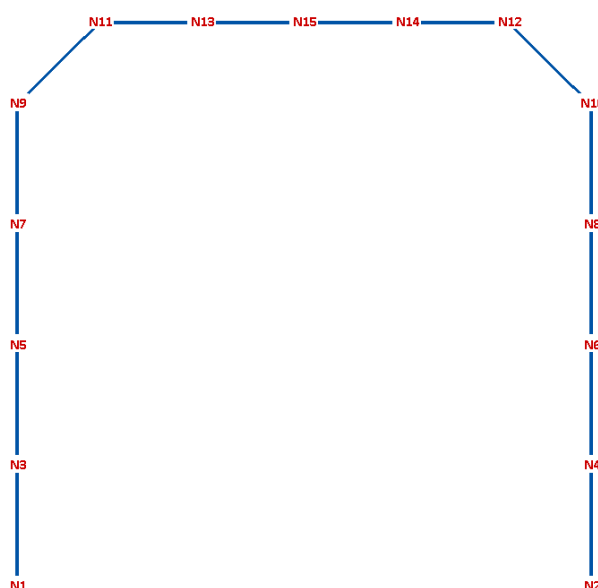


FIGURA 4: VISTA DEL MODELLO

6 ANALISI DEI CARICHI CUNICOLO

6.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio è calcolato in automatico dal software in funzione dei pesi di volume inseriti nel database e alla reale geometria degli elementi.

6.2 RICOPRIMENTO IN COPERTURA

Si considera per tutte le sezioni di calcolo un ricoprimento di 70 cm e un carico di 14 kN/m.

6.3 CARICHI DA TRAFFICO SU SOLETTA

Sulla sezione tipo 1 si applica un carico da traffico pari a 120 kN/m² derivante da un'approssimazione per eccesso dei carichi tandem da ponte. Per le sezioni tipo 2 e tipo 3 si considera un carico pari a 20 kN/m².

6.4 CARICHI DA TRAFFICO SU TERRA A CONTATTO DEI RITTI

Si considera un carico pari a 20 kN/m² moltiplicato per il coefficiente di spinta a riposo pari a 0.4408 ottenendo un carico pari a 8.82 kN/m.

6.5 SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE

La spinta del terreno è calcolata in condizioni di riposo. Considerando un angolo di attrito del terreno spingente pari a 34° si ottiene un coefficiente k_0 pari a 0.4408. Il peso di volume del terreno è posto pari a 21 kN/m³.

6.6 AZIONE SISMICA

La sovrappinta sismica del terreno è calcolata con la teoria di Mononobe-Okabe. L'accelerazione massima al suolo è pari a:

$$a_{\max} = S \times a_g = 1.2 \times 0.119 = 0.1435 \text{ g}$$

da cui il coefficiente sismico orizzontale k_h :

$$k_h = \beta_m \times a_{\max}/g = 1 \times 0.1435 = 0.1435$$

si ottiene un coefficiente k_{AE} pari a 0.3770 da cui detrarre il coefficiente di spinta attiva k_a pari a 0.2827 ottenendo un coefficiente per il calcolo dell'azione sismica da sovrapporre alla spinta statica a riposo pari a 0.0943. L'azione ottenuta è applicata come carico uniformemente distribuito sulla proiezione verticale delle strutture coinvolte.

L'azione sismica dovuta alle inerzie dei pesi propri e dei carichi permanenti portati è valutata eseguendo un'analisi statica lineare sul modello agli elementi finiti inserendo un valore di S_d pari a a_g calcolato a $T=0$.

7 ANALISI DEI CARICHI SETTO E SOLAIO

7.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio è calcolato in automatico dal software in funzione dei pesi di volume inseriti nel database e alla reale geometria degli elementi.

7.2 RICOPRIMENTO IN COPERTURA

Si considera un carico permanente non strutturale pari a 2 kN/m².

7.3 SOVRACCARICO

Si considera un sovraccarico interno pari a 4 kN/m².

7.4 AZIONE SISMICA

Si applica l'azione sismica considerando l'inerzia della struttura moltiplicando la massa degli elementi che la compongono (setto e solaio) per l'accelerazione di picco al suolo a_g .

8 VERIFICHE STRUTTURALI SEZIONE CUNICOLO

8.1 CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

CONDIZIONI DI CARICO-----|-----|-----|-----|num.= 10

Nome				
1	Peso proprio	N. carichi:	14	
	Lista carichi: 43-56			
2	Terra statica x_pos	N. carichi:	5	
	Lista carichi: 5-9			
3	Terra statica x_neg	N. carichi:	5	
	Lista carichi: 10-14			
4	traffico superiore	N. carichi:	6	
	Lista carichi: 15-20			
5	terra sisma x_pos	N. carichi:	5	
	Lista carichi: 21-25			
6	inerzia pp_vert	N. carichi:	14	
	Lista carichi: 57-70			
7	inerzia perm_vert	N. carichi:	6	
	Lista carichi: 26-31			
8	inerzia orizz pp+pe	N. carichi:	4	
	Lista carichi: 1-4			
9	traffico su terra	N. carichi:	5	
	Lista carichi: 32-36			
10	ricoprimento	N. carichi:	6	
	Lista carichi: 37-42			

NOME	DESCRIZIONE	VERIFICA	TIPO	CONDIZ. INSERITE			CASI INSERITI	
				Num.	Coeff.	Segno	Num.	Coeff.

GN01 – TUNNEL DI SERVIZIO E OPERE ACCESSORIE – RELAZIONE DI CALCOLO

1	SLU1	S. L. U.	somma	1 2 3 10	1.300 1.500 1.000 1.500	+ + + +		
2	SLU2	S. L. U.	somma	4	1.500	+	1	1.000
3	SLU3	S. L. U.	somma	9	1.500	+	1	1.000
4	SLU4	S. L. U.	somma	4 9	1.500 1.500	+ +	1	1.000
5	QP	Quasi Perm.	somma	1 2 3 10	1.000 1.000 1.000 1.000	+ + + +		
6	SLV X PRINC	S. L. U.	somma	5 6 7 8	1.000 0.300 0.300 1.000	+ ± ± ±	5	1.000
7	SLV Z PRINC	S. L. U.	somma	5 6 7 8	0.300 1.000 1.000 0.300	+ ± ± ±	5	1.000
8	RARA1	S. L. U.	somma				5	1.000
9	RARA2	Rara	somma	4 9	1.000 0.750	+ +	8	1.000
10	RARA3	Rara	somma	9 4	1.000 0.750	+ +	8	1.000
11	FREQ1	Freq.	somma				5	1.000
12	FREQ2	Freq.	somma	4	0.750	+	11	1.000
13	FREQ3	Freq.	somma	9	0.750	+	11	1.000
14	RARA4	Rara	somma	4	1.000	+	8	1.000
15	RARA5	Rara	somma	9	1.000	+	8	1.000

8.2 NUMERAZIONE DEI NODI DEL MODELLO

Si riporta la numerazione dei nodi del modello agli elementi finiti richiamata nei tabulati di verifica.

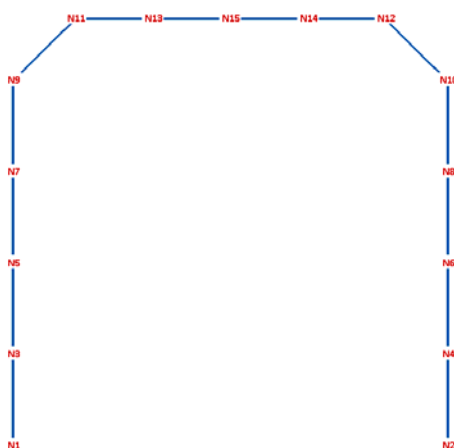


FIGURA 5: NUMERAZIONE DEI NODI

8.3 DIAGRAMMI DI SOLLECITAZIONE

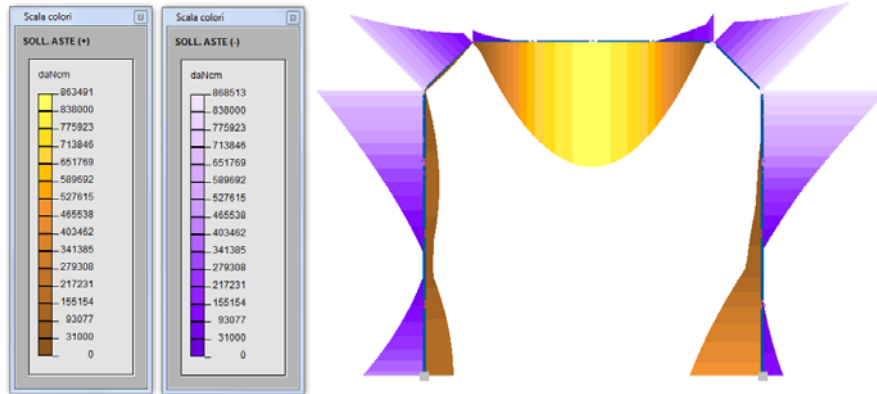


FIGURA 3: MOMENTO FLETTENTE INVILUPPO SLU/SLV

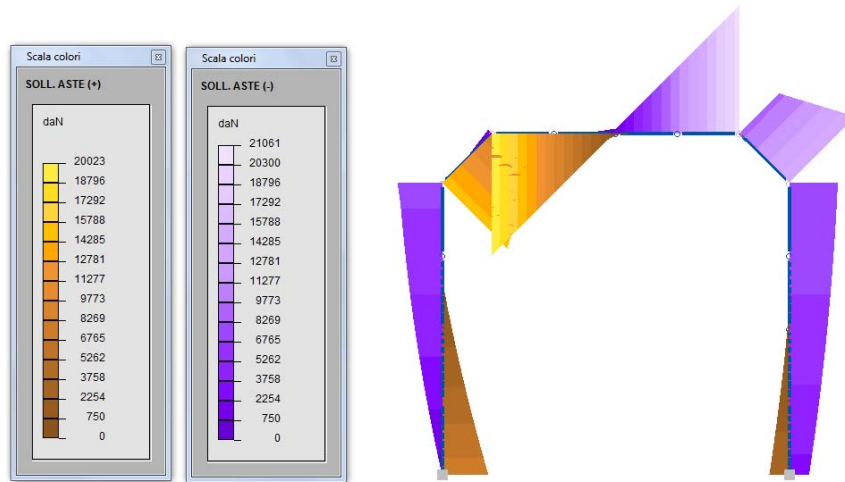


FIGURA 4: TAGLIO INVILUPPO SLU/SLV

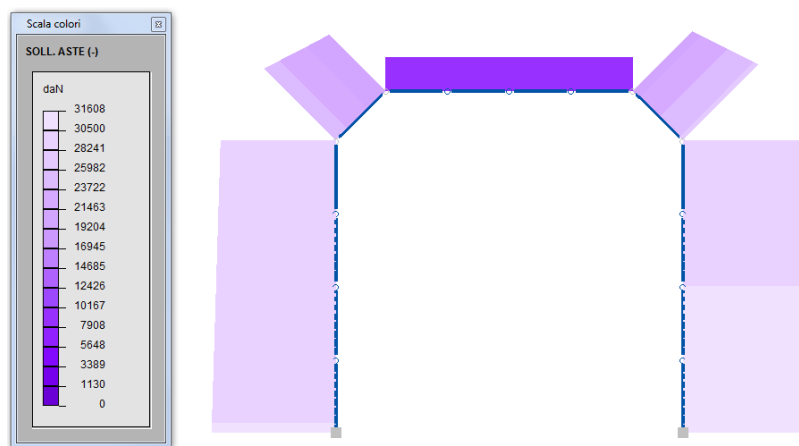


FIGURA 5: SFORZO NORMALE INVILUPPO SLU/SLV

GN01 – TUNNEL DI SERVIZIO E OPERE ACCESSORIE – RELAZIONE DI CALCOLO

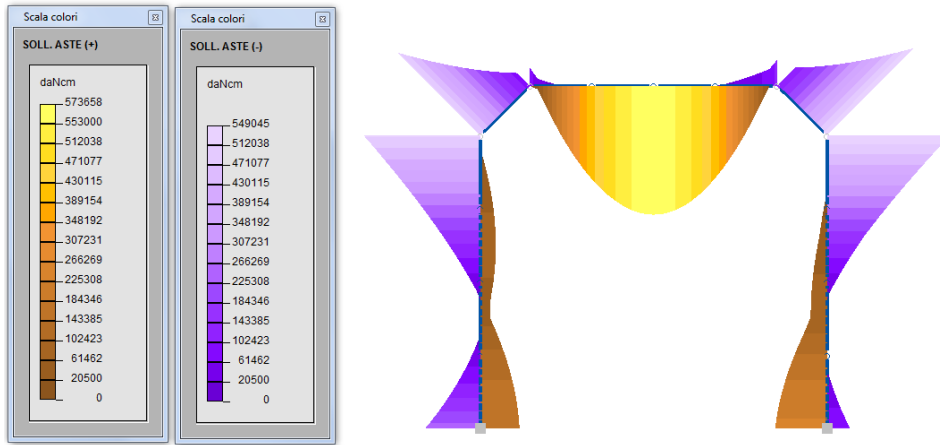


FIGURA 6: MOMENTO FLETTENTE INVILUPPO RARA

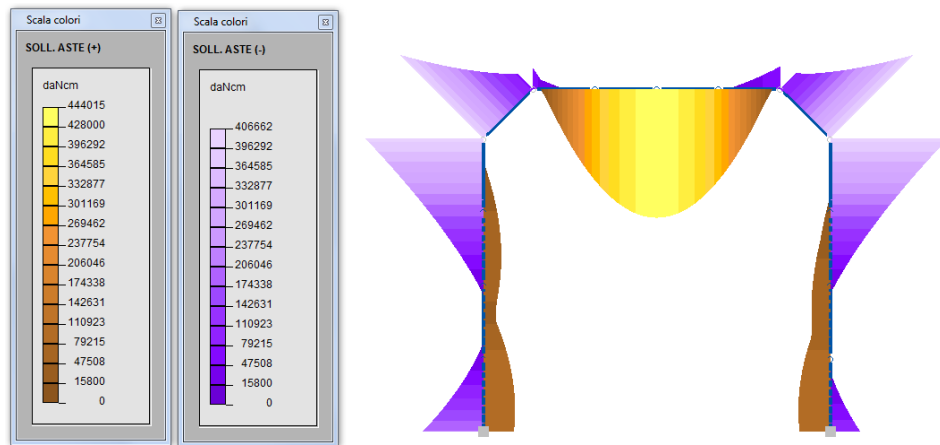


FIGURA 7: MOMENTO FLETTENTE INVILUPPO FREQUENTE

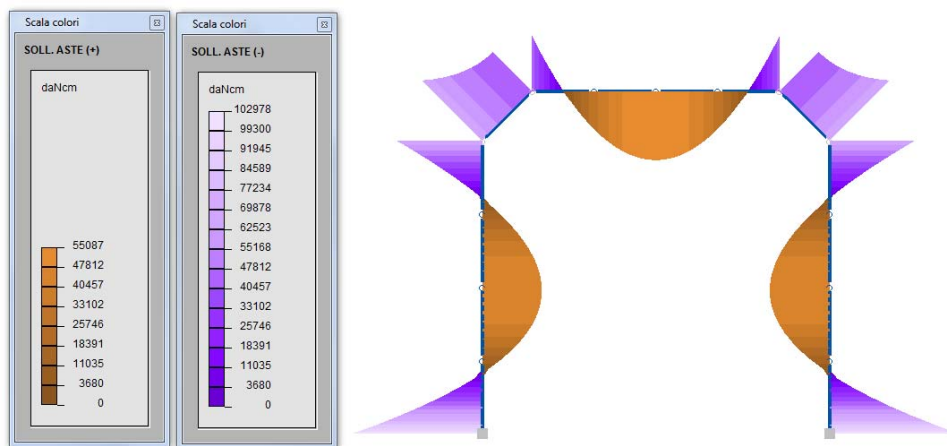


FIGURA 8: MOMENTO FLETTENTE INVILUPPO QUASI PERMANENTE

GN01 – TUNNEL DI SERVIZIO E OPERE ACCESSORIE – RELAZIONE DI CALCOLO

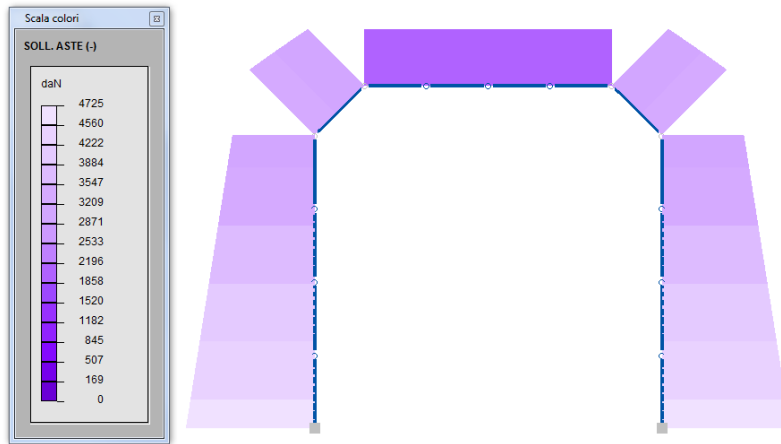


FIGURA 9: SFORZO NORMALE INVILUPPO QUASI PERMANENTE

8.4 TABULATI DI VERIFICA

SFORZO NORMALE NEGATIVO SE DI COMPRESSIONE
 AMBIENTE: 1 = ORDINARIO; 2=AGGRESSIVO; 3=MOLTO AGGRESSIVO

Comb.	Verifica	Codice elemento	Descrizione	Ambiente	Sollecitazioni			f _{ck} [daN/cm ²]	B [cm]	H [cm]	copriferro [cm]	interferro [cm]
					Nd	Md	Vd					
					[kN]	[kNm]	[kN]					
Mmax	STR	N1	/	1	-305	20	76	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N2	/	1	-316	50	33	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N3	/	1	-300	13	43	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N4	/	1	-311	27	49	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N5	/	1	-295	8	45	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N6	/	1	-305	8	62	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N7	/	1	-289	10	30	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N8	/	1	-299	3	73	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N9	/	1	-250	1	151	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N10	/	1	-264	0	154	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N11	/	1	-83	1	200	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N12	/	1	-83	0	211	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N13	/	1	-83	64	99	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N14	/	1	-83	61	109	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	STR	N15	/	1	-83	86	8	250	100	30	5.0	2.5
Mmin	STR	N1	/	1	-305	43	76	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N2	/	1	-316	15	33	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N3	/	1	-300	9	43	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N4	/	1	-311	1	49	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N5	/	1	-295	7	45	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N6	/	1	-305	7	62	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N7	/	1	-289	37	30	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N8	/	1	-299	43	73	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N9	/	1	-250	74	151	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N10	/	1	-264	88	154	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N11	/	1	-83	9	200	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N12	/	1	-83	20	211	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N13	/	1	-83	0	99	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N14	/	1	-83	0	109	250	100	30	5	2.5
Mmin	STR	N15	/	1	-83	0	8	250	100	30	5	2.5
Mmax	RARA	N1	/	1	-47	17	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N2	/	1	-47	23	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N3	/	1	-42	11	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N4	/	1	-42	14	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N5	/	1	-38	6	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N6	/	1	-38	6	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N7	/	1	-34	6	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N8	/	1	-34	1	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N9	/	1	-30	0	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N10	/	1	-30	0	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N11	/	1	-20	0	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N12	/	1	-20	0	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N13	/	1	-20	42	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N14	/	1	-20	41	0	250	100	30	5.0	2.5
Mmax	RARA	N15	/	1	-20	57	0	250	100	30	5.0	2.5

GN01 – TUNNEL DI SERVIZIO E OPERE ACCESSORIE – RELAZIONE DI CALCOLO

Mmin	RARA	N1	/	1	-47	24	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N2	/	1	-47	10	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N3	/	1	-42	3	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N4	/	1	-42	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N5	/	1	-38	4	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N6	/	1	-38	4	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N7	/	1	-34	25	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N8	/	1	-34	26	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N9	/	1	-30	52	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N10	/	1	-30	55	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N11	/	1	-20	8	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N12	/	1	-20	12	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N13	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N14	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	RARA	N15	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N1	/	1	-47	11	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N2	/	1	-47	11	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N3	/	1	-42	9	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N4	/	1	-42	9	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N5	/	1	-38	6	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N6	/	1	-38	6	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N7	/	1	-34	5	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N8	/	1	-34	1	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N9	/	1	-30	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N10	/	1	-30	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N11	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N12	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N13	/	1	-20	32	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N14	/	1	-20	32	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	FREQ	N15	/	1	-20	44	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N1	/	1	-47	21	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N2	/	1	-47	10	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N3	/	1	-42	2	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N4	/	1	-42	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N5	/	1	-38	2	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N6	/	1	-38	2	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N7	/	1	-34	19	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N8	/	1	-34	19	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N9	/	1	-30	41	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N10	/	1	-30	41	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N11	/	1	-20	7	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N12	/	1	-20	8	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N13	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N14	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	FREQ	N15	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N1	/	1	-47	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N2	/	1	-47	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N3	/	1	-42	1	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N4	/	1	-42	1	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N5	/	1	-38	5	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N6	/	1	-38	5	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N7	/	1	-34	1	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N8	/	1	-34	1	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N9	/	1	-30	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N10	/	1	-30	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N11	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N12	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N13	/	1	-20	3	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N14	/	1	-20	3	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmax	QP	N15	/	1	-20	6	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N1	/	1	-47	10	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N2	/	1	-47	10	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N3	/	1	-42	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N4	/	1	-42	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N5	/	1	-38	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N6	/	1	-38	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N7	/	1	-34	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N8	/	1	-34	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N9	/	1	-30	7	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N10	/	1	-30	7	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N11	/	1	-20	4	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N12	/	1	-20	4	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N13	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N14	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5
Mmin	QP	N15	/	1	-20	0	0	250	100	30	5,0	2,5

Comb.	Verifica	Codice elemento	Armatura longitudinale																	
			Armatura compr. (diametri in mm, copriferro in cm)																	
			n	φ	c	n	φ	c	n	φ	c	n	φ	c	n	φ	c			
Mmax	STR	N1	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6
Mmax	STR	N2	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6
Mmax	STR	N3	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	20,0	6,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	12,0
Mmax	STR	N4	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	20,0	6,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	12,0
Mmax	STR	N5	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	20,0	6,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	12,0
Mmax	STR	N6	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	20,0	6,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	12,0
Mmax	STR	N7	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6
Mmax	STR	N8	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6
Mmax	STR	N9	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6
Mmax	STR	N10	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6
Mmax	STR	N11	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6
Mmax	STR	N12	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6
Mmax	STR	N13	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6
Mmax	STR	N14	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6
Mmax	STR	N15	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6	5,0	16,0	5,8	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	11,6

GN01 – TUNNEL DI SERVIZIO E OPERE ACCESSORIE – RELAZIONE DI CALCOLO

Mmin	QP	N1	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N2	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N3	5.0	20.0	6.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	12.0	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N4	5.0	20.0	6.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	12.0	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N5	5.0	20.0	6.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	12.0	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N6	5.0	20.0	6.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	12.0	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N7	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N8	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N9	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N10	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N11	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N12	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N13	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N14	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6
Mmin	QP	N15	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6	5.0	16.0	5.8	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	11.6

Comb.	Verifica	Codice elemento	Staffe							Sollecitazioni resistenti			Asse neutro x _c [cm]
			n- ^o [mm]		passo [cm]	Asw [cm ²]	α ^o [°]	α ₁ [°]	ctg q	M _k [kNm]	V _{kd} [kN]		
			n	φ									
Mmax	STR	N1	2.5	10	40	1.96	22	90	2.5	123	107	/	
Mmax	STR	N2	2.5	10	40	1.96	22	90	2.5	124	107	/	
Mmax	STR	N3	2.5	10	40	1.96	22	90	2.5	162	107	/	
Mmax	STR	N4	2.5	10	40	1.96	22	90	2.5	163	107	/	
Mmax	STR	N5	2.5	10	40	1.96	22	90	2.5	162	107	/	
Mmax	STR	N6	2.5	10	40	1.96	22	90	2.5	163	107	/	
Mmax	STR	N7	2.5	10	40	1.96	22	90	2.5	122	107	/	
Mmax	STR	N8	2.5	10	40	1.96	22	90	2.5	123	107	/	
Mmax	STR	N9	2.5	10	20	1.96	22	90	2.5	118	214	/	
Mmax	STR	N10	2.5	10	20	1.96	22	90	2.5	119	214	/	
Mmax	STR	N11	2.5	10	20	1.96	22	90	2.5	101	214	/	
Mmax	STR	N12	2.5	10	20	1.96	22	90	2.5	101	214	/	
Mmax	STR	N13	2.5	10	20	1.96	22	90	2.5	101	214	/	
Mmax	STR	N14	2.5	10	20	1.96	22	90	2.5	101	214	/	
Mmax	STR	N15	2.5	10	20	1.96	22	90	2.5	101	214	/	
Mmin	STR	N1	3	10	40	1.96	22	90	2.5	123	107	/	
Mmin	STR	N2	3	10	40	1.96	22	90	2.5	124	107	/	
Mmin	STR	N3	3	10	40	1.96	22	90	2.5	123	107	/	
Mmin	STR	N4	3	10	40	1.96	22	90	2.5	124	107	/	
Mmin	STR	N5	3	10	40	1.96	22	90	2.5	122	107	/	
Mmin	STR	N6	3	10	40	1.96	22	90	2.5	123	107	/	
Mmin	STR	N7	3	10	40	1.96	22	90	2.5	122	107	/	
Mmin	STR	N8	3	10	40	1.96	22	90	2.5	123	107	/	
Mmin	STR	N9	3	10	20	1.96	22	90	2.5	118	214	/	
Mmin	STR	N10	3	10	20	1.96	22	90	2.5	119	214	/	
Mmin	STR	N11	3	10	20	1.96	22	90	2.5	101	214	/	
Mmin	STR	N12	3	10	20	1.96	22	90	2.5	101	214	/	
Mmin	STR	N13	3	10	20	1.96	22	90	2.5	101	214	/	
Mmin	STR	N14	3	10	20	1.96	22	90	2.5	101	214	/	
Mmin	STR	N15	3	10	20	1.96	22	90	2.5	101	214	/	
Mmax	RARA	N1	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	8.79	
Mmax	RARA	N2	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	8.25	
Mmax	RARA	N3	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	11.15	
Mmax	RARA	N4	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	10.42	
Mmax	RARA	N5	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	13.81	
Mmax	RARA	N6	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	13.81	
Mmax	RARA	N7	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	11.58	
Mmax	RARA	N8	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmax	RARA	N9	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmax	RARA	N10	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmax	RARA	N11	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmax	RARA	N12	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmax	RARA	N13	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.23	
Mmax	RARA	N14	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.24	
Mmax	RARA	N15	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.16	
Mmin	RARA	N1	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	8.19	
Mmin	RARA	N2	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	10.52	
Mmin	RARA	N3	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	24.35	
Mmin	RARA	N4	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmin	RARA	N5	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	17.02	
Mmin	RARA	N6	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	17.02	
Mmin	RARA	N7	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.78	
Mmin	RARA	N8	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.75	
Mmin	RARA	N9	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.29	
Mmin	RARA	N10	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.27	
Mmin	RARA	N11	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	8.59	
Mmin	RARA	N12	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.99	
Mmin	RARA	N13	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmin	RARA	N14	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmin	RARA	N15	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmax	FREQ	N1	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	10.10	
Mmax	FREQ	N2	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	10.10	
Mmax	FREQ	N3	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	11.97	
Mmax	FREQ	N4	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	11.97	
Mmax	FREQ	N5	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	13.81	
Mmax	FREQ	N6	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	13.81	
Mmax	FREQ	N7	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	13.02	
Mmax	FREQ	N8	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmax	FREQ	N9	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmax	FREQ	N10	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmax	FREQ	N11	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmax	FREQ	N12	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00	
Mmax	FREQ	N13	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.32	
Mmax	FREQ	N14	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.32	
Mmax	FREQ	N15	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.22	

GN01 – TUNNEL DI SERVIZIO E OPERE ACCESSORIE – RELAZIONE DI CALCOLO

Mmin	FREQ	N1	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	8.39
Mmin	FREQ	N2	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	10.52
Mmin	FREQ	N3	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmin	FREQ	N4	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmin	FREQ	N5	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	29.81
Mmin	FREQ	N6	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	29.81
Mmin	FREQ	N7	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	8.07
Mmin	FREQ	N8	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	8.07
Mmin	FREQ	N9	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.39
Mmin	FREQ	N10	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	7.39
Mmin	FREQ	N11	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	8.86
Mmin	FREQ	N12	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	8.59
Mmin	FREQ	N13	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmin	FREQ	N14	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmin	FREQ	N15	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00

Mmax	QP	N1	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmax	QP	N2	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmax	QP	N3	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmax	QP	N4	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmax	QP	N5	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	15.40
Mmax	QP	N6	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	15.40
Mmax	QP	N7	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmax	QP	N8	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmax	QP	N9	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmax	QP	N10	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmax	QP	N11	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmax	QP	N12	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmax	QP	N13	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	12.84
Mmax	QP	N14	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	12.84
Mmax	QP	N15	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	9.25

Mmin	QP	N1	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	10.52
Mmin	QP	N2	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	10.52
Mmin	QP	N3	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmin	QP	N4	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmin	QP	N5	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmin	QP	N6	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmin	QP	N7	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmin	QP	N8	2.5	10.0	40.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmin	QP	N9	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	10.11
Mmin	QP	N10	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	10.11
Mmin	QP	N11	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	10.84
Mmin	QP	N12	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	10.84
Mmin	QP	N13	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmin	QP	N14	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00
Mmin	QP	N15	2.5	10.0	20.0	2.0	22.0	90.0	2.5	/	/	0.00

Comb.	Verifica	Codice elemento	Tensioni in esercizio		Fessure			Verifiche STR		Verifiche in esercizio				
			σ_c	σ_s	w_k	$w_{amm,FREQ}$	$w_{amm,QP}$	M	V	ver σ_c	ver σ_s	ver σ_s	ver fess.	ver fess.
			[MPa]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]			RARA	QP	RARA	FREQ	QP
Mmax	STR	N1	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N2	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N3	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N4	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N5	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N6	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N7	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N8	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N9	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N10	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N11	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N12	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N13	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N14	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmax	STR	N15	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/

Mmin	STR	N1	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N2	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N3	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N4	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N5	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N6	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N7	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N8	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N9	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N10	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N11	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N12	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N13	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N14	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/
Mmin	STR	N15	/	/	/	/	/	OK	OK	/	/	/	/	/

Mmax	RARA	N1	-2.07	54.41	0.09	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N2	-2.83	81.87	0.14	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N3	-1.17	20.22	0.03	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N4	-1.49	29.16	0.04	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N5	-0.63	6.95	0.01	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N6	-0.63	6.95	0.01	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N7	-0.69	11.33	0.02	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N8	-0.16	0.00	0.00	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N9	-0.10	0.00	0.00	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N10	-0.10	0.00	0.00	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N11	-0.07	0.00	0.00	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N12	-0.07	0.00	0.00	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N13	-5.25	184.81	0.32	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N14	-5.07	178.07	0.31	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	RARA	N15	-7.03	250.66	0.46	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/

GN01 – TUNNEL DI SERVIZIO E OPERE ACCESSORIE – RELAZIONE DI CALCOLO

Mmin	RARA	N1	-2.95	86.43	0.15	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N2	-1.18	23.01	0.04	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N3	-0.30	-0.03	0.00	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N4	-0.13	0.00	0.00	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N5	-0.40	2.55	0.00	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N6	-0.40	2.55	0.00	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N7	-3.10	97.99	0.17	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N8	-3.21	102.04	0.17	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N9	-6.49	225.68	0.39	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N10	-6.90	240.66	0.43	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N11	-0.98	26.57	0.04	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N12	-1.48	44.87	0.08	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N13	-0.07	0.00	0.00	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N14	-0.07	0.00	0.00	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmin	RARA	N15	-0.07	0.00	0.00	/	/	/	/	OK	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N1	-1.31	27.38	0.04	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N2	-1.31	27.38	0.04	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N3	-0.95	14.38	0.02	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N4	-0.95	14.38	0.02	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N5	-0.63	6.95	0.01	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N6	-0.63	6.95	0.01	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N7	-0.56	7.23	0.01	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N8	-0.16	0.00	0.00	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N9	-0.10	0.00	0.00	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N10	-0.10	0.00	0.00	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N11	-0.07	0.00	0.00	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N12	-0.07	0.00	0.00	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N13	-3.98	137.55	0.24	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N14	-3.98	137.55	0.24	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	FREQ	N15	-5.45	192.06	0.33	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N1	-2.58	72.74	0.12	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N2	-1.18	23.01	0.04	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N3	-0.24	0.00	0.00	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N4	-0.13	0.00	0.00	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N5	-0.22	-0.63	0.00	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N6	-0.22	-0.63	0.00	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N7	-2.34	70.18	0.12	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N8	-2.34	70.18	0.12	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N9	-5.03	171.60	0.30	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N10	-5.03	171.60	0.30	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N11	-0.85	22.13	0.04	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N12	-0.98	26.57	0.04	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N13	-0.07	0.00	0.00	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N14	-0.07	0.00	0.00	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmin	FREQ	N15	-0.07	0.00	0.00	0.40	/	/	/	/	/	OK	/	/
Mmax	QP	N1	-0.15	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N2	-0.15	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N3	-0.18	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N4	-0.18	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N5	-0.52	4.34	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N6	-0.52	4.34	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N7	-0.16	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N8	-0.16	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N9	-0.10	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N10	-0.10	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N11	-0.07	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N12	-0.07	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N13	-0.34	4.48	0.01	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N14	-0.34	4.48	0.01	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmax	QP	N15	-0.73	17.58	0.03	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N1	-1.18	23.01	0.04	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N2	-1.18	23.01	0.04	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N3	-0.13	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N4	-0.13	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N5	-0.12	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N6	-0.12	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N7	-0.11	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N8	-0.11	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N9	-0.83	17.40	0.03	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N10	-0.83	17.40	0.03	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N11	-0.47	8.66	0.01	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N12	-0.47	8.66	0.01	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N13	-0.07	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N14	-0.07	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK
Mmin	QP	N15	-0.07	0.00	0.00	/	0.30	/	/	/	/	OK	/	OK

9 VERIFICHE STRUTTURALI SETTO E SOLAIO

La struttura setto-solaio è schematizzata mediante elementi monodimensionale (una trave per il solaio e un pilastro per il setto) aventi la larghezza di 1,00 m, perciò l'armatura calcolata è relativa a 1,00 m di profondità. Entrambi gli elementi sono alti 0,30 m.

9.1 CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

Condizioni di carico

1:DL1	self-weight	1to3	' PZ Negative Factor=1.00
2:DL2	uniform load	3	' PZ=-2.00(kN/m)
3:LL1	uniform load	3	' PZ=-4.00(kN/m)
4:SEISX	Body forces	1to3	' AX=1.20(m/sec2)
5:SEISZ	Body forces	1to3	' AZ=-1.20(m/sec2)

Combinazioni di carico

Combinations	Name	Analysis type	Combination type	Case nature	Definition
6 (C)	SLU	Linear Combination	SLU	Permanenti	$1*1.30+(2+3)*1.50$
7 (C)	RARA	Linear Combination	SLE:CHR	Categoria A	$(1+2+3)*1.00$
8 (C)	FREQ	Linear Combination	SLE:FRE	Categoria A	$(1+2+3)*1.00$
9 (C)	QP	Linear Combination	SLE:QPR	Categoria A	$(1+2+3)*1.00$
10 (C)	SLV1	Linear Combination	SIS	Sismiche SLU	$(1+2+3+4)*1.00+5*0.30$
11 (C)	SLV2	Linear Combination	SIS	Sismiche SLU	$(1+2+3+5)*1.00+4*0.30$



FIGURA 13: SCHEMA DELLA STRUTTURA

9.2 DIAGRAMMI DI SOLLECITAZIONE

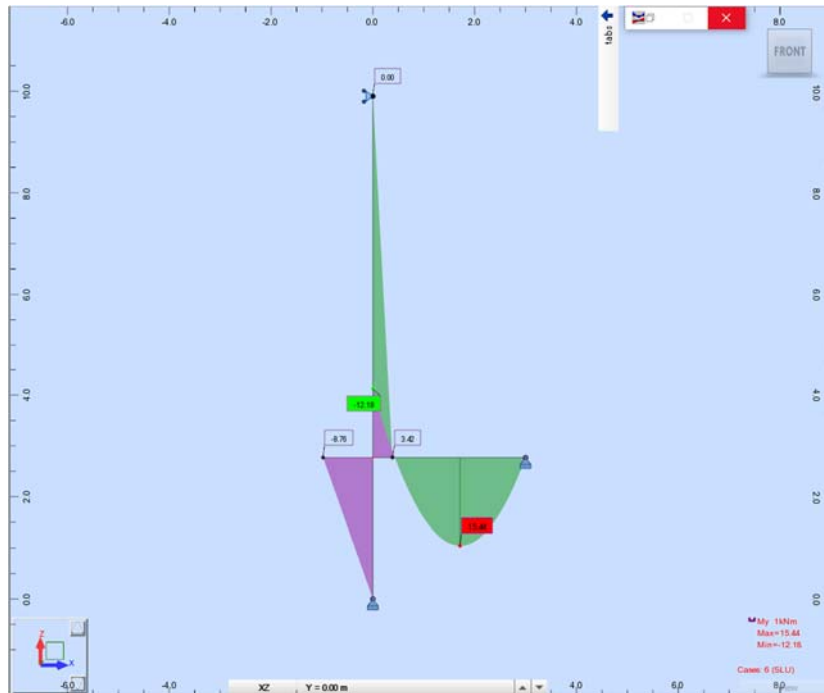


FIGURA 14: MOMENTO FLETTENTE INVILUPPO SLU/SLV

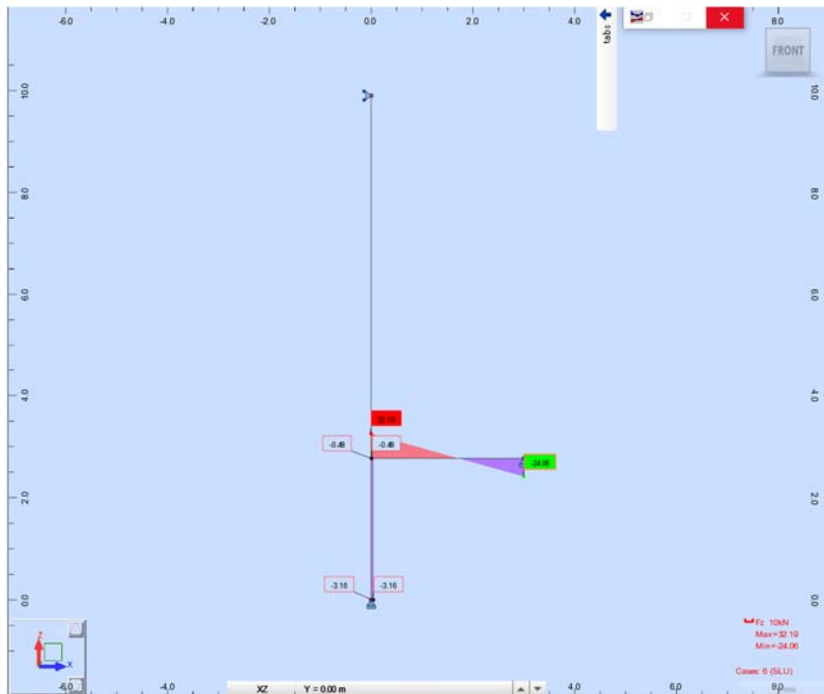


FIGURA 15: TAGLIO INVILUPPO SLU/SLV

GN01 – TUNNEL DI SERVIZIO E OPERE ACCESSORIE – RELAZIONE DI CALCOLO

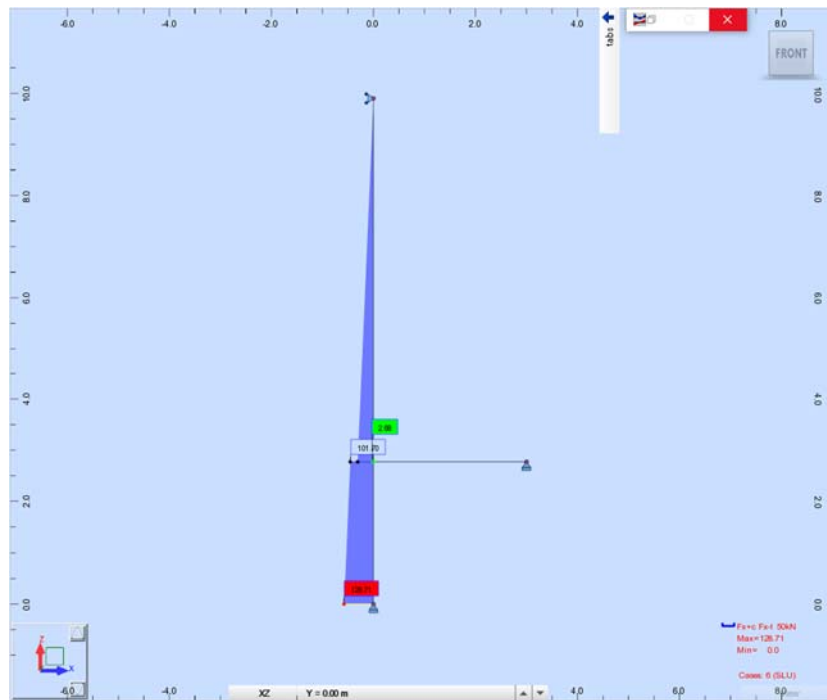


FIGURA 16: SFORZO NORMALE INVILUPPO SLU/SLV

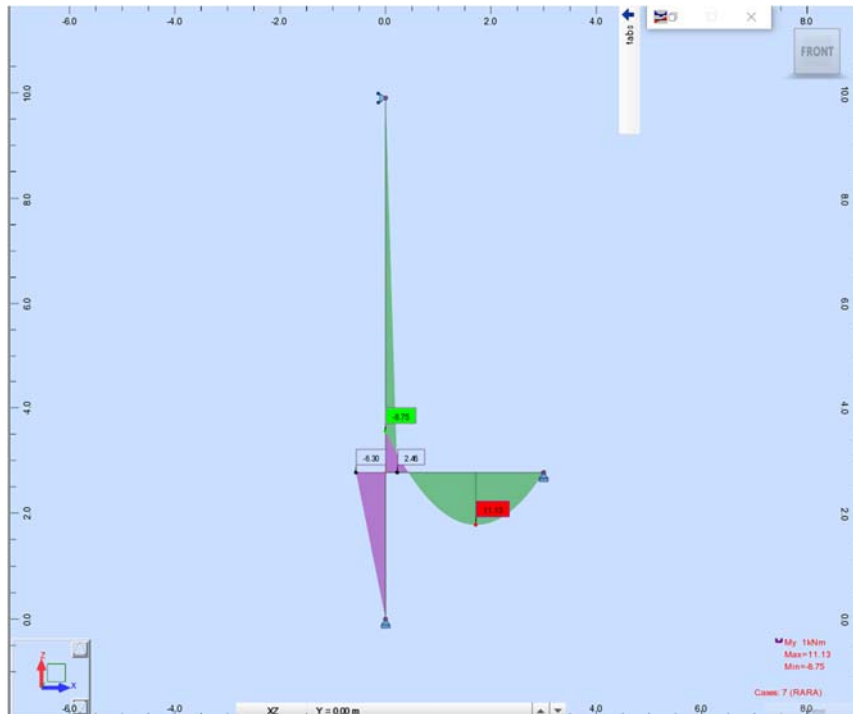


FIGURA 17: MOMENTO FLETTENTE INVILUPPO RARA

GN01 – TUNNEL DI SERVIZIO E OPERE ACCESSORIE – RELAZIONE DI CALCOLO

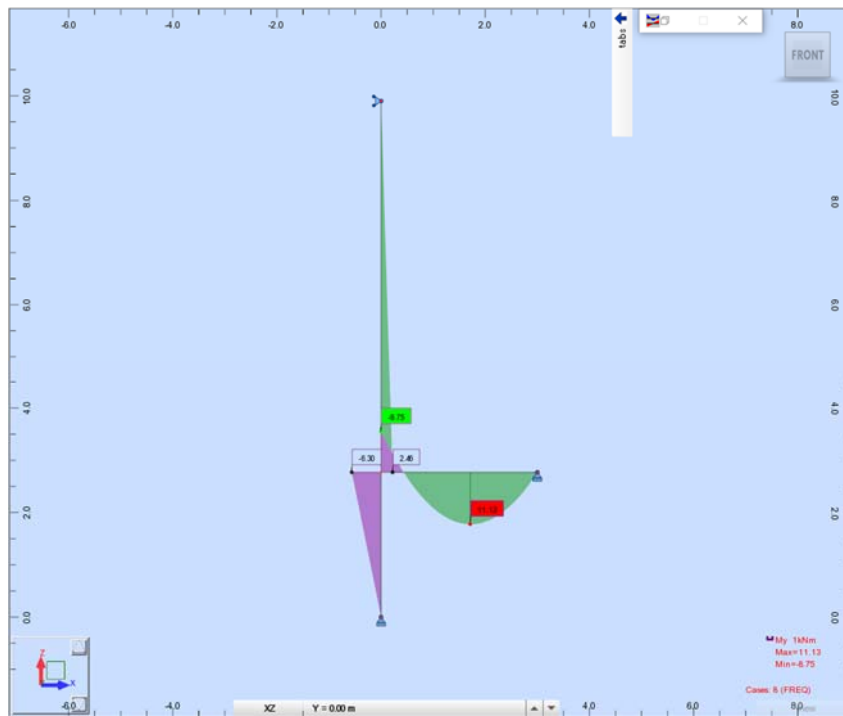


FIGURA 18: MOMENTO FLETTENTE INVILUPPO FREQUENTE

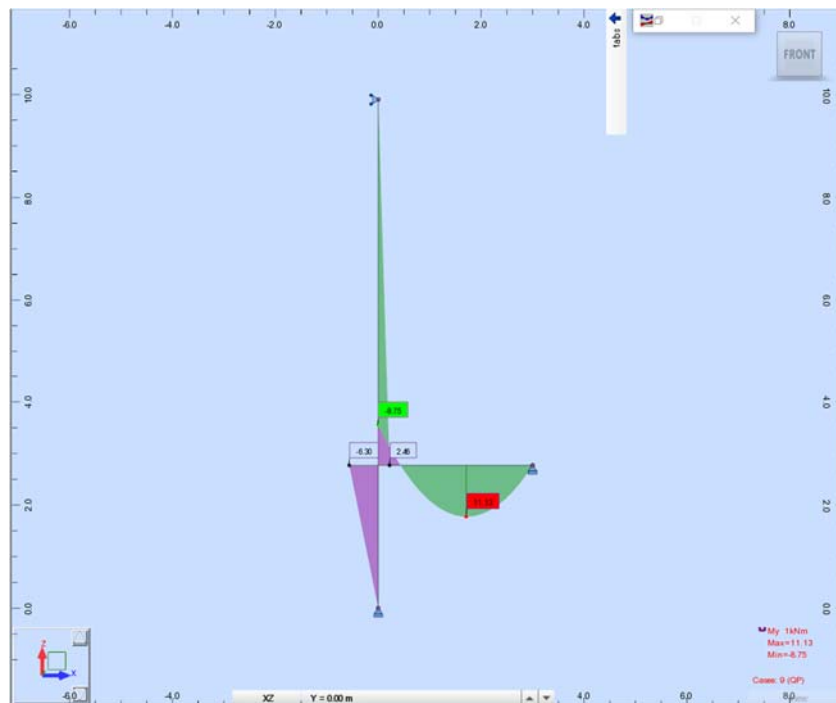


FIGURA 19: MOMENTO FLETTENTE INVILUPPO QUASI PERMANENTE

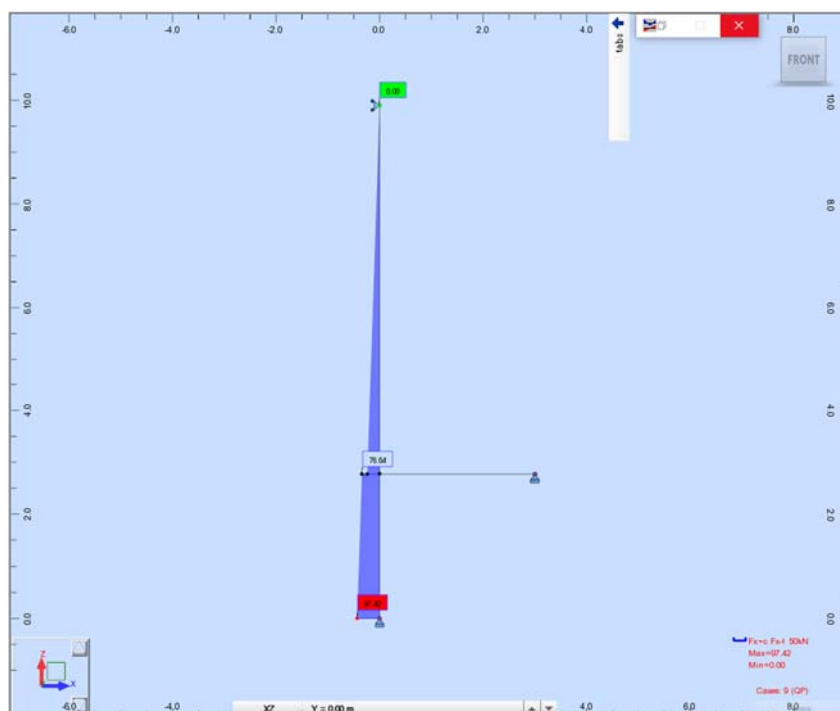


FIGURA 20: SFORZO NORMALE INVILUPPO QUASI PERMANENTE

9.3 VERIFICA ARMATURA A FLESSIONE

Di seguito si riporta l'armatura calcolata del software di calcolo (Robot Structural Analysis Professional) considerando la limitazione delle tensioni e delle fessurazioni.

Bar/Position (m)	Top required reinforcement (My) (mm ²)	Bottom required reinforcement (My) (mm ²)
1		
1/0.40	4.04	0.0
1/1.39	4.34	0.0
½.37	5.49	0.0
2		
2/0.40	4.15	0.91
2/3.56	0.0	367.61
2/6.73	0.0	367.61
3		
3/0.40	618.81	390.69
3/1.50	0.0	739.08
3/2.60	0.0	733.44

9.4 VERIFICA ARMATURA A TAGLIO

Di seguito si riporta la verifica dell'armatura a taglio (spilli) sia del setto che del solaio. La tensione di taglio massima risulta pari a 0,16 Mpa.

GN01 – TUNNEL DI SERVIZIO E OPERE ACCESSORIE – RELAZIONE DI CALCOLO



FIGURA 21: TENSIONE DI TAGLIO T

f_{ck}	28	MPa		
h	300	mm		
c	62	mm		
d	238	mm		
k	1,92			
V_{min}	0,49	MPa		
	4,91	daN/cm ²		
$A_{sl,sup}$	1571	mm ²	D	passo
$A_{sl,inf}$	1571	mm ²	20	20
b_w	1000	mm	20	20
ρ_1	0,00660			
V_{Rd}	0,61	MPa		senza armatura a taglio
	6,08	daN/cm ²		
θ	22	°		
$ctg\theta$	2,48	ok	D	passo
A_{sw}	126	mm ²	8	40
s	400	mm		
α	90	°		
$ctg\alpha$	6E-17			
f_{yd}	391	MPa		
	65174	N		
V_{Rsd}	0,27	MPa		
	2,74	daN/cm ²		
	590223	N		
V_{Rcd}	2,48	MPa		
	24,80	daN/cm ²		
V_{Rd}	0,27	MPa		con armatura a taglio
	2,74	daN/cm ²		

1D8 40x40

9.5 DEFORMATA DELLA STRUTTURA

Si riportano di seguito le deformate della struttura per le combinazioni SLE FREQ e SLE QP.



FIGURA 22: DEFOTMATA COMBINAZIONE SLE FREQUENTE



FIGURA 23: DEFOTMATA COMBINAZIONE SLE QUASI-PERMANENTE