

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J41C09000000005

U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

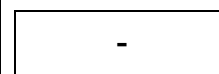
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

OPERE CIVILI

Sottopassi: Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento

SCALA:



COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I B 0 Q 3 A R 1 0 R H I N 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	L. Dinelli	Gen 2021	D. Petrucci	Gen 2021	C. Mazzocchi	Gen 2021	L. Berardi Gen 2021



File: IB0Q3AR10RHIN0000001A.docx

Sovrapassi e Sottopassi: Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBOQ	3A R 10	RH	IN 0000 001	A	2 DI 41

Sommario

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
2	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	9
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
3	MATERIALI UTILIZZATI	10
3.1	CALCESTRUZZO.....	10
3.2	ACCIAIO	10
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	11
5	CRITERI DI VERIFICA	13
5.1	VERIFICA SLE	13
5.1.1	Verifica delle tensioni.....	13
5.1.2	Verifica a fessurazione	13
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	14
6.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	14
6.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	15
7	ANALISI DEI CARICHI DELLO SCATOLARE	17
7.1	PESO PROPRIO (DEAD).....	17
7.2	SOVRACCARICO PERMANENTE (PERM).....	17
7.3	SPINTA ORIZZONTALE FALDA.....	17
7.4	SOTTOSPINTA IDRAULICA SU SOLETTA INFERIORE.....	17
7.5	SPINTA DEL TERRENO (SPTSX/SPTDX).....	18
7.6	CARICHI VARIABILI (ACC).....	20
7.6.1	COEFFICIENTE DI INCREMENTO DINAMICO	20
7.6.2	LARGHEZZA DI DIFFUSIONE TRASVERSALE	20
7.6.3	SOVRACCARICHI MOBILI	21
7.7	SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL RILEVATO (SPACCSX/SPACCDX)	22
7.8	FRENATURA E AVVIAMENTO.....	23
7.9	AZIONI CLIMATICHE	23
7.10	AZIONI SISMICHE	25
7.10.1	SPINTA DELLE TERRE IN FASE SISMICA (SPSSX).....	27

Sovrapassi e Sottopassi: Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento	PROGETTO IBOQ	LOTTO 3A R 10	CODIFICA RH	DOCUMENTO IN 0000 001	REV. A	FOGLIO 3 DI 41
--------------------------------------------------------------------------------	------------------	------------------	----------------	--------------------------	-----------	-------------------

7.10.2	FORZE SISMICHE ORIZZONTALI (SISMAH)	28
7.10.3	FORZE SISMICHE VERTICALI (SISMAV)	28
7.11	CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI	30
7.11.1	CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	30
7.11.2	COMBINAZIONI DI CARICO PER SEZIONI DI VERIFICA	30
8	VERIFICHE STRUTTURALI	37
8.1	SOLETTA SUPERIORE	40
8.2	SOLETTA INFERIORE	40
8.3	PIEDRITTI	41

Sovrapassi e Sottopassi: Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBOQ	3A R 10	RH	IN 0000 001	A	4 DI 41

1 PREMESSA

Il Lotto 3 “Circonvallazione di Trento e Rovereto” fa parte dei quattro lotti prioritari del progetto di Quadruplicamento della linea Fortezza – Verona, tratta di Accesso sud alla galleria di Base del Brennero, che ricade nel Corridoio della rete centrale europea denominato “Scandinavia – Mediterraneo”.

Il presente progetto sviluppa la sola circonvallazione ferroviaria della Città di Trento, denominata lotto 3A, ricadente interamente nel Comune di Trento, come parte integrante dei progetti di riqualificazione urbana e potenziamento della mobilità all’interno della città di Trento.

Gli interventi in progetto mirano al raggiungimento di importanti obiettivi in termini di incremento di capacità del corridoio e canalizzazione dei flussi, con il massimo beneficio per il territorio, dato dall’eliminazione del transito dei treni merci all’interno dell’abitato.

Il nuovo tracciato ferroviario si sviluppa per circa 13 km sulla sinistra orografica della Val d’Adige, tra i confini della Val Lagarina fino al tessuto insediativo della città di Trento, tra le località Acquaviva a sud e Roncafort a Nord. L’opera è costituita principalmente da una galleria naturale di linea, a doppia canna a singolo binario per uno sviluppo circa 11 km, con opere di imbocco in galleria artificiale a doppio binario. La riconnessione alla linea esistente Verona – Brennero avviene mediante tratti in trincea e rilevato in stretto affiancamento.



Figura 1 – Inquadramento generale dell’area d’intervento.

Nel seguente elaborato sono riportati la descrizione e i calcoli di dimensionamento dei sottopassi pedonali realizzati in corrispondenza dell’asse ferroviario, nello specifico denominati IN51 – IN52 – IN53 – IN54.

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

I sottopassi pedonali sono necessari per creare garantire l'accesso ai binari i piazzali di emergenza. I sottopassi sono costituiti da strutture scatolari in c.a. gettate in opera di dimensioni interne 4x2.75 m (scatolare tipologico). Le opere ricadono in corrispondenza delle seguenti progressive:

- IN51: pk 0+230.30 km;
- IN52: pk 12+414.70 km;
- IN53: pk 12+414.70 km;
- IN54: pk 12+760.92 km;

Si riportano di seguito piante e sezioni trasversali rappresentative delle opere:

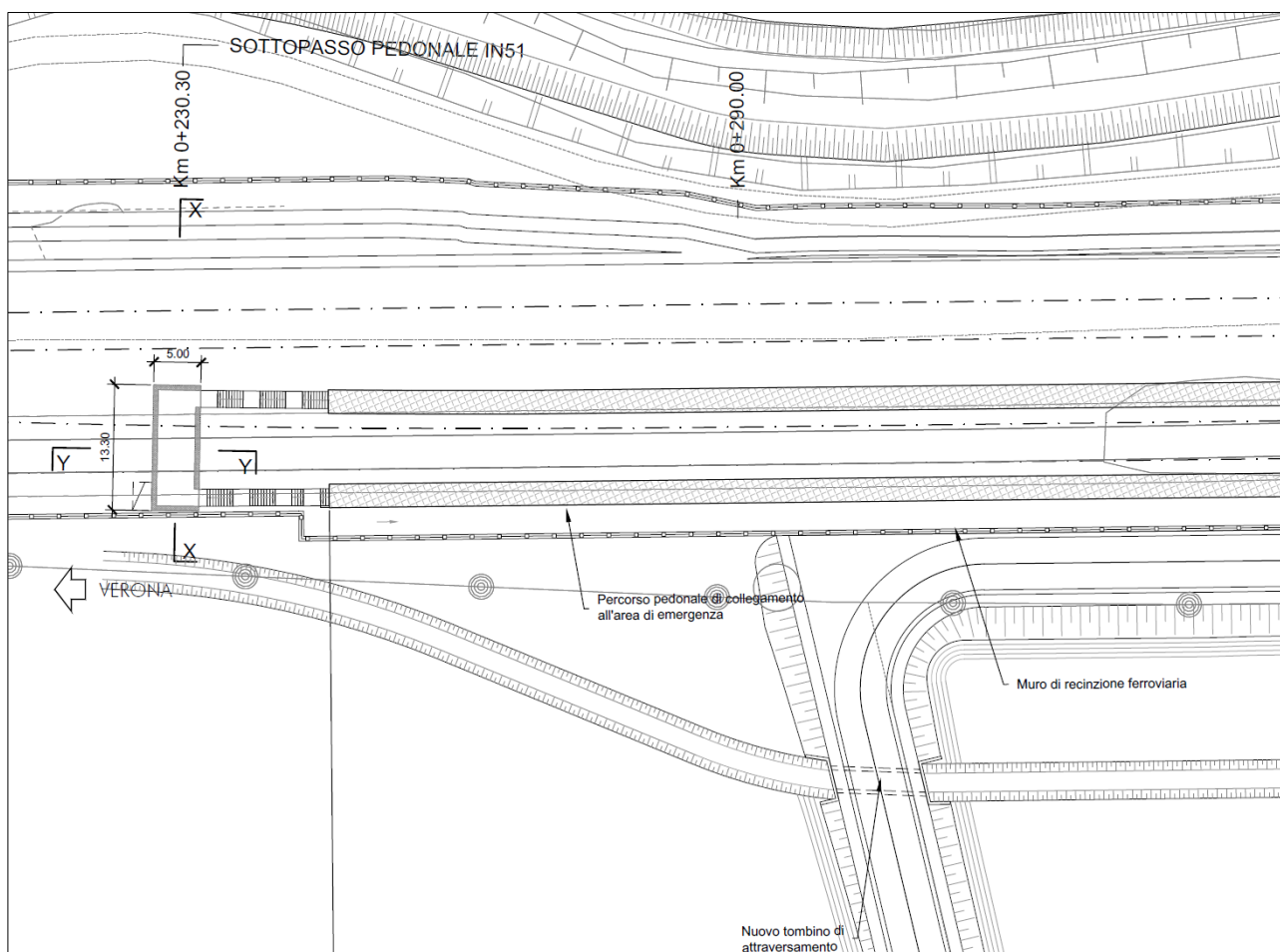


Figura 2 - Pianta IN51.

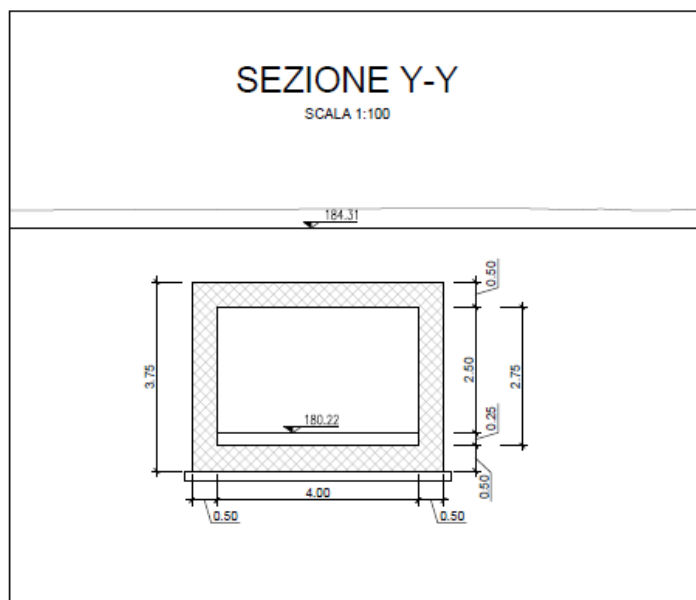


Figura 3 – Sezione trasversale IN51.

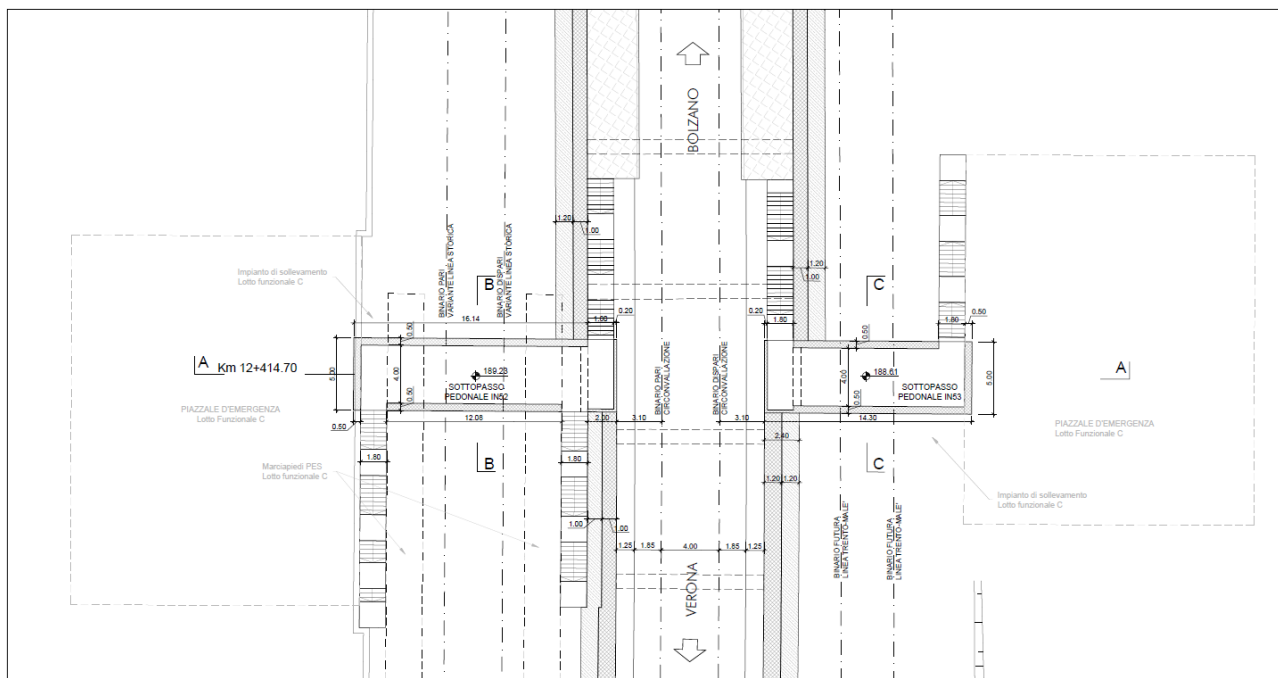


Figura 4 - Pianta IN52-IN53.

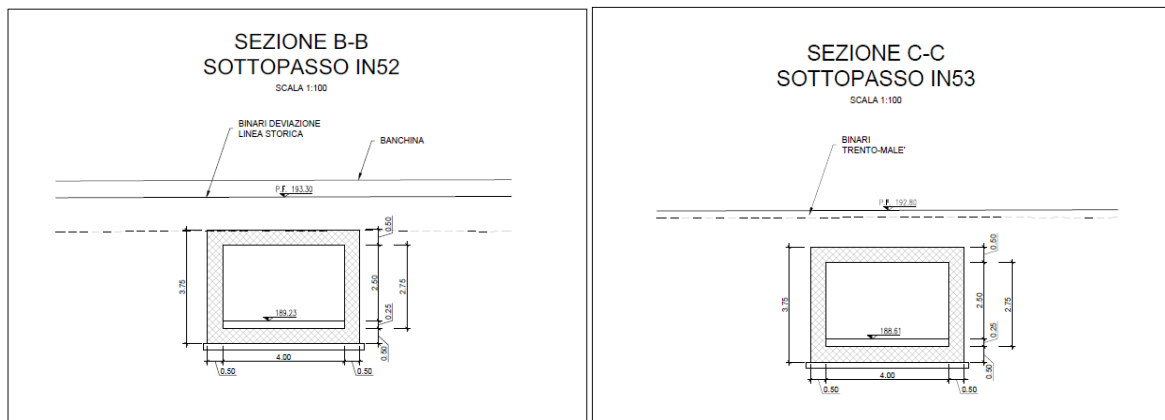


Figura 5 – Sezione trasversale IN52-IN53.

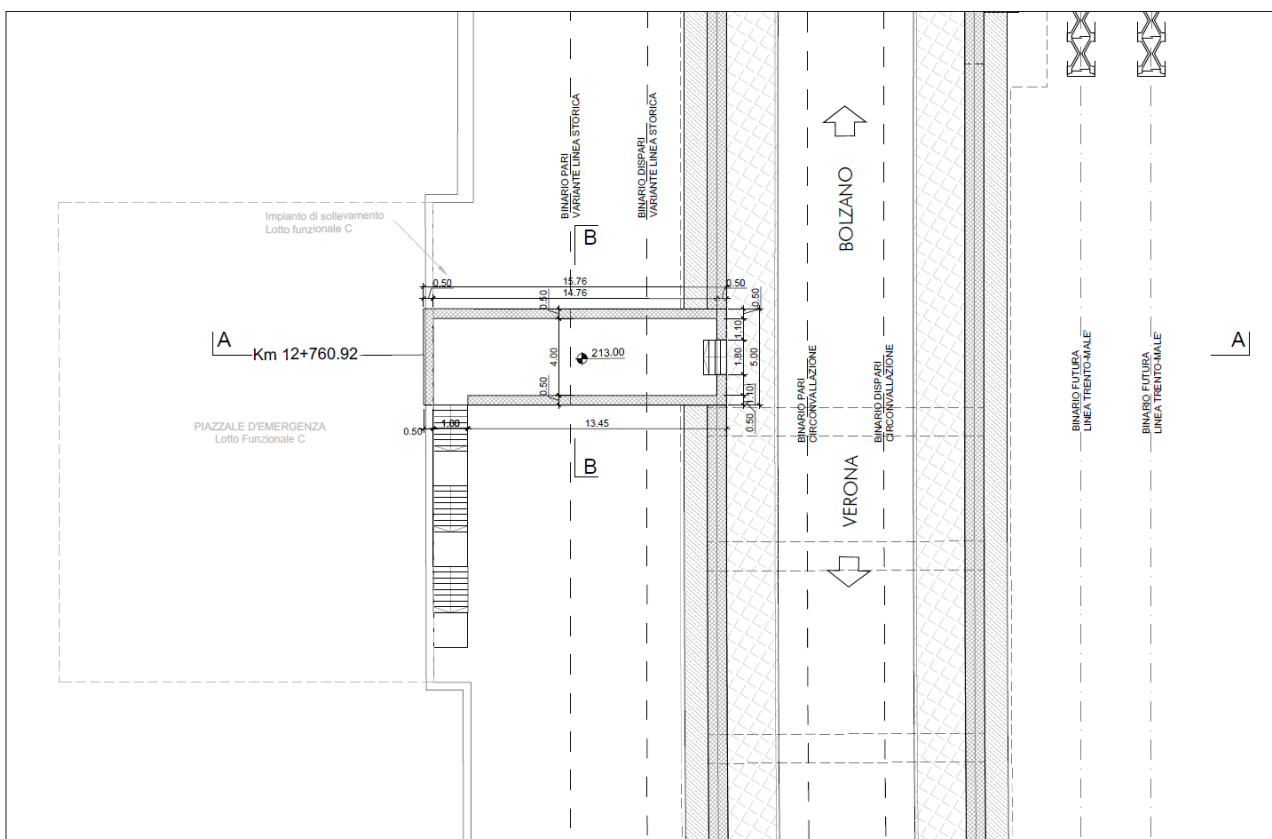


Figura 6 - Pianta IN54.

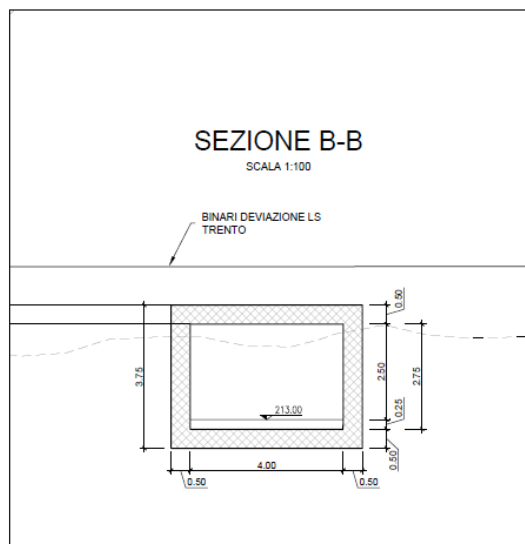



Figura 7 – Sezione IN54.

Lo scatolare tipologico è caratterizzato da una soletta di fondo e di copertura di larghezza e spessore pari rispettivamente a 5 m e 0.50 m, e da piedritti con altezza e spessore pari rispettivamente a 3.75 m e 0.50 m.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: PROJECT REVIEW CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Sovrapassi e Sottopassi: Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento	PROGETTO IB0Q	LOTTO 3A R 10	CODIFICA RH	DOCUMENTO IN 0000 001	REV. A

2 **NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

2.1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L'interpretazione dei risultati e la redazione della presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore e di alcune Raccomandazioni.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- Regolamento (UE) N° 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificata dal Regolamento (UE) N° 776/2019.

2.2 **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

- [1]. Geotecnica – Relazione geotecnica generale – IB0Q 3A R 10 RH GE 00 06 001 A;
- [2]. Geotecnica - Profilo geotecnico lato nord – IB0Q 3A R 10 F5 GE 00 06 001 A;
- [3]. Opere civili – Sottopassi IN52 e IN53: Pianta, prospetto e sezioni – IB0Q 3A R 10 PZ IN 52 00 001;
- [4]. Opere civili – Sottopasso IN54: Pianta, prospetto e sezioni– IB0Q 3A R 10 PZ IN 54 00 001;
- [5]. Opere civili – Trincea TR01: pianta, prospetto e sezioni – IB0Q 3A R 10 PZ TR 01 00 002.

3 MATERIALI UTILIZZATI

I materiali utilizzati nella realizzazione delle strutture in funzione della utilizzazione sono descritti in seguito.

3.1 CALCESTRUZZO

- Classe di resistenza C32/40:
- Copriferro 40 mm
- $R_{ck} = 40 \text{ MPa}$ Resistenza cubica caratteristica a compressione
- $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$ Resistenza caratteristica a compressione;
- $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 18.81 \text{ N/mm}^2$ Resistenza di calcolo a compressione del cls;
- $f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{(2/3)} = 3.09 \text{ N/mm}^2$ Resistenza media a trazione del cls;
- $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$ Resistenza caratteristica a trazione del cls;
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.44 \text{ N/mm}^2$ Resistenza di calcolo a trazione del cls.
- $f_{bk} = 2.25 \eta \cdot f_{ctk} = 4.88 \text{ N/mm}^2$ Resistenza caratteristica tangenziale di aderenza del cls.
- $f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 3.25 \text{ N/mm}^2$ Resistenza di calcolo di aderenza del cls.
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20 \text{ N/mm}^2$ Resistenza media cilindrica a compressione del cls;
- $E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 33642.78 \text{ N/mm}^2$ Modulo elastico del calcestruzzo
- $\sigma_c < 0.55 \cdot f_{ck} = 18.26 \text{ N/mm}^2$ tensione massima di eserc. per il cls con comb. rara;
- $\sigma_c < 0.40 \cdot f_{ck} = 13.28 \text{ N/mm}^2$ tensione massima di eserc. per il cls con comb. quasi perm

3.2 ACCIAIO

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

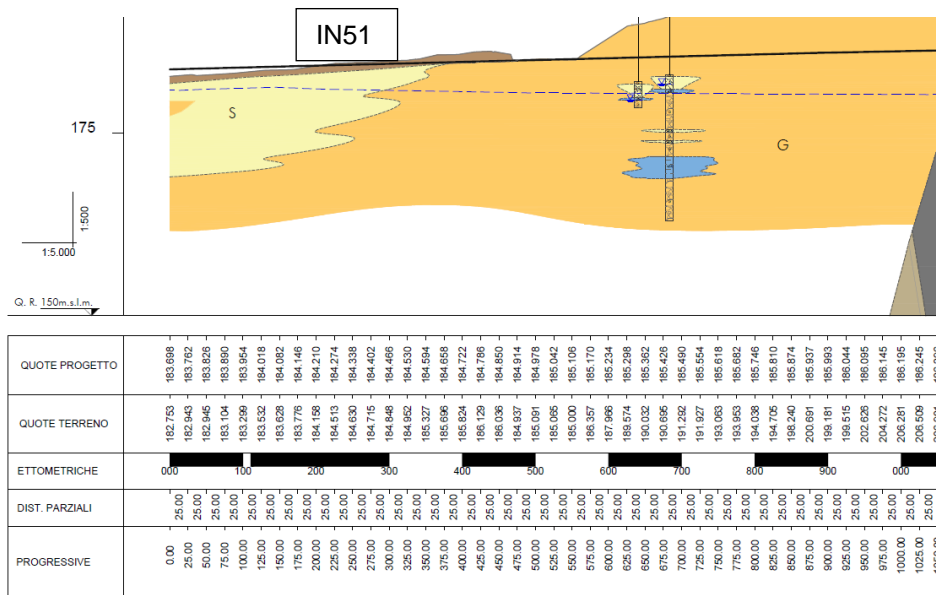
- acciaio B450C
- tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$;
- tensione caratteristica di rottura $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$;
- resistenza di calcolo a trazione $f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$;
- modulo elastico $E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2$;

– tensione massima di esercizio per l'acciai $\sigma_s < 0,75 f_{yk} = 337,50 \text{ N/mm}^2$.

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

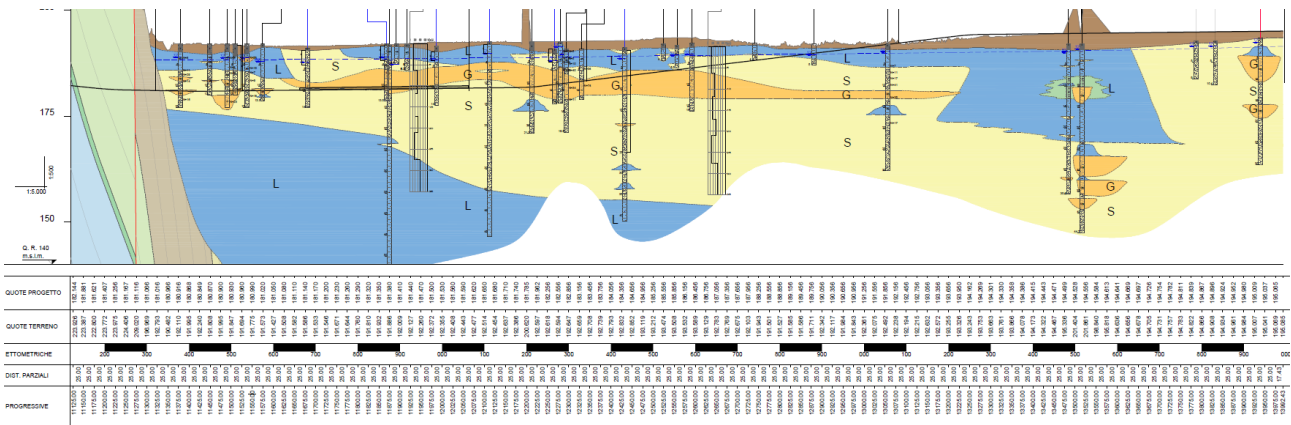
Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica [1] e nel Profilo Geotecnico [2], allegati al presente progetto e ai quali si rimanda per le trattazioni di dettaglio. Si riporta a seguire uno stralcio del citato profilo in cui ricadono le opere qui esaminate e la tabella che riassume i parametri geotecnici caratteristici assunti nel calcolo.

Unità	Descrizione	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	E' (MPa)
L	Limo	19	0	25	10



IN52-IN53

IN54



PROFilo GEOTECNICO ZONA NORD

Figura 8—Profilo geotecnico.

A favore di sicurezza si considera come terreno in sito l'unità geotecnica L, che presenta i parametri geotecnici peggiori.

La falda è stata assunta nel profilo geotecnico a circa 3 metri da piano campagna.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: PROJECT REVIEW CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Sovrapassi e Sottopassi: Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento	PROGETTO IBOQ	LOTTO 3A R 10	CODIFICA RH	DOCUMENTO IN 0000 001	REV. A

5 CRITERI DI VERIFICA

5.1 VERIFICA SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato.

5.1.1 Verifica delle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Manuale di progettazione Opere Civili RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18"

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;
- per combinazioni di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0,75 f_{yk}$

5.1.2 Verifica a fessurazione

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportata nel prospetto seguente [NTC – Tabella 4.1.IV]:

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 1–Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali.


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: PROJECT REVIEW CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Sovrapassi e Sottopassi: Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento	PROGETTO IBOQ	LOTTO 3A R 10	CODIFICA RH	DOCUMENTO IN 0000 001	REV. A

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando $w_1 = 0.2 \text{ mm}$ $w_2 = 0.3 \text{ mm}$ $w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si aggiungono in tal caso quelle fornite dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l’apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

Combinazione Caratteristica (Rara) $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell’opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

6.1 VITA NOMINALE E CLASSE D’USO

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell’opera strutturale (V_N), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d’Uso a cui è associato un coefficiente d’uso (C_U)

In accordo con quanto riportato al punto 2.5.1.1 del Manuale di Progettazione delle Opere Civili –Ponti e Strutture, per l’opera in oggetto si considera una vita nominale $V_N = 75$ anni (categoria 2: “Altre opere nuove a velocità $V < 250 \text{ Km/h}$ ”) e una classe d’uso III a cui è associato un coefficiente d’uso pari a $C_U = 1.5$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutati in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d’uso C_U , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l’opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$ anni.

6.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali), dipendono, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (periodo di riferimento per valutazione azione sismica) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

Come riportato nella relazione geotecnica (rif IB0Q3AF10RHGE0006001A per la valutazione dell'azione sismica si assume una categoria sottosuolo C.

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottengono per il sito in esame i valori delle caratteristiche sismiche (a_g , F_0 , T^*c):

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 11.13024.07924 LATITUDINE: 46.07937.53132


Ricerca per comune

REGIONE: Trentino-Alto Adige PROVINCIA: Trento COMUNE: Trento

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione: media ponderata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N : 75 info

Classe d'uso della costruzione - c_U : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : 112.5 info

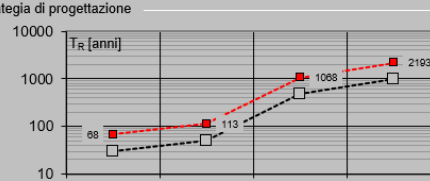
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE: $\left. \begin{array}{l} \text{SLO} - P_{VR} = 81\% \\ \text{SLD} - P_{VR} = 63\% \end{array} \right\}$ 68, 113

Stati limite ultimi - SLU: $\left. \begin{array}{l} \text{SLV} - P_{VR} = 10\% \\ \text{SLC} - P_{VR} = 5\% \end{array} \right\}$ 1068, 2193

Elaborazioni: Grafici parametri azione, Grafici spettri di risposta, Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO:
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - - - Strategia scelta



FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale
Categoria di sottosuolo **C** info $S_s = 1.500$ $C_c = 1.488$ info
Categoria topografica **T1** info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_s **1** Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale
Spettro di progetto Fattore q_v **1** $\eta = 1.000$ info

Elaborazioni
Grafici spettri di risposta
Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale
— Spettro di progetto - componente verticale
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.092 g
F_a	2.702
T_c	0.348 s
S_s	1.500
C_c	1.488
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.172 s
T_C	0.517 s
T_D	1.966 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T}{T_D} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S_e [g]
0.000	0.137
0.172	0.371
0.517	0.371
0.586	0.328
0.655	0.293
0.724	0.265
0.793	0.242
0.862	0.223
0.931	0.206
1.000	0.192
1.069	0.180
1.138	0.169
1.207	0.159
1.276	0.150
1.345	0.143
1.414	0.136
1.483	0.129
1.552	0.124
1.621	0.118
1.690	0.114
1.759	0.109
1.828	0.105
1.897	0.101
1.966	0.098
2.063	0.093
2.160	0.088
2.257	0.074
2.354	0.068
2.451	0.063
2.547	0.058
2.644	0.054
2.741	0.050
2.838	0.047
2.935	0.044
3.032	0.041
3.128	0.039
3.225	0.036
3.322	0.034
3.419	0.032
3.516	0.031
3.613	0.029
3.709	0.027
3.806	0.026
3.903	0.025
4.000	0.024

Si ottengono quindi i seguenti valori:

- $a_g = 0.092$ g;

- $S_s = 1.5$;

$S_t = 1$.

7 ANALISI DEI CARICHI DELLO SCATOLARE

7.1 PESO PROPRIO (DEAD)

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso dell'unità di volume del calcestruzzo armato pari a $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$.

7.2 SOVRACCARICO PERMANENTE (PERM)

Il sovraccarico permanente è associato al peso del ballast, pertanto si assegna alla soletta superiore un carico di 14.76 kN/m^2 .

7.3 SPINTA ORIZZONTALE FALDA

La falda si trova ad una quota di circa 2.5 m dal piano campagna, pertanto produce sui piedritti una spinta pari a:

FALDA

γ_w (kN/m^3)	10	peso di volume acqua
z (m)	2.5	profondità falda rispetto al PC
p_{sup} (kN/m^2)	0.00	pressione in asse soletta superiore
p_{inf} (kN/m^2)	18.20	pressione in asse soletta inferiore

7.4 SOTTOSPINTA IDRAULICA SU SOLETTA INFERIORE

Si considera un carico uniformemente distribuito pari a p_{inf} calcolato al paragrafo precedente.

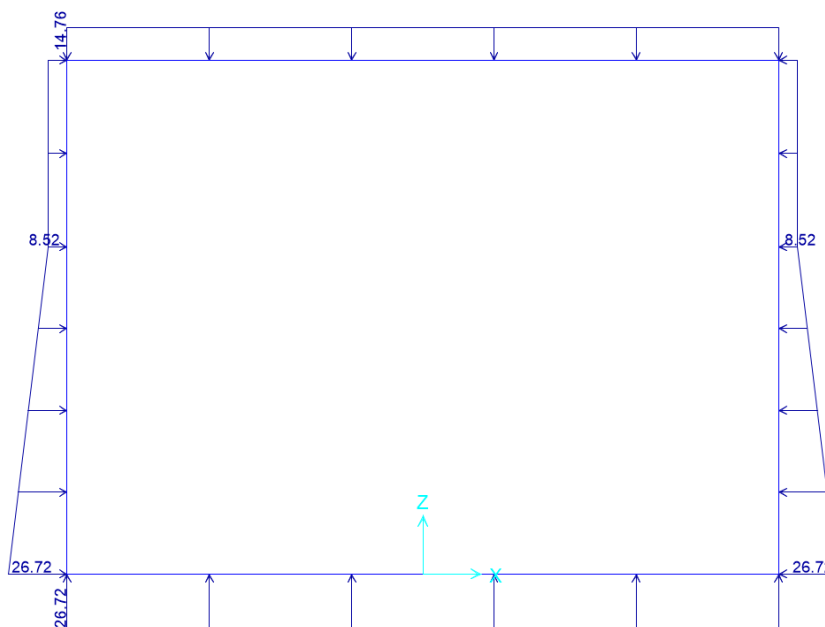


Figura 9–Carico permanente, spinta laterale e sottospinta acqua.

7.5 SPINTA DEL TERRENO (SPTSX/SPTDX)

La spinta del terreno viene considerata in regime di spinta a riposo con:

γ_t (kN/m ³)	19	peso di volume terreno ai lati
φ' (°)	25	angolo di attrito terreno ai lati
k_0	0.577	coefficiente di spinta a riposo

Cautelativamente si considera l'angolo di attrito del terreno in sito. Tali parametri si traducono in un diagramma di pressioni trapezoidale ($p = k_0 \cdot \gamma \cdot z$) da applicare sui piedritti dello scatolare con valori di:

p_1 (kN/m ²)	0.00	pressione all'estradosso soletta superiore
p_2 (kN/m ²)	2.74	pressione in asse soletta superiore
p_3 (kN/m ²)	38.40	pressione in asse soletta inferiore
p_4 (kN/m ²)	41.28	pressione all'intradosso soletta inferiore

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1 e 4 (per la SPTSX) e 2 e 3 (per la SPTDX), la parte di spinta del terreno esercitata su 1/2 spessore della soletta superiore e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

$F_{1,2}$ (kN/m)	0.34	forza concentrata semispessore soletta superiore
------------------	------	--------------------------------------------------

$F_{3,4}$ (kN/m)

9.96 forza concentrata semispessore soletta inferiore



Figura 10–Spinta terreno in sinistra.

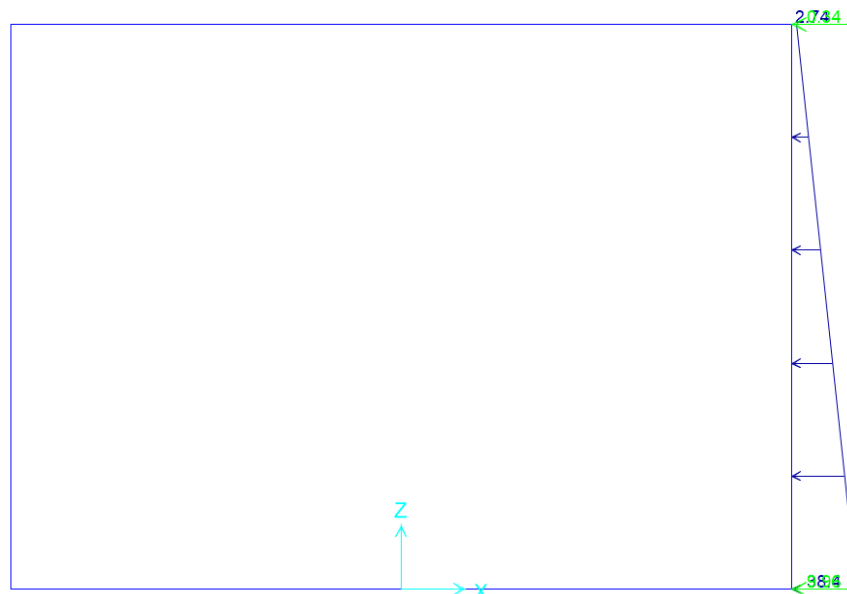


Figura 11–Spinta terreno in destra

7.6 CARICHI VARIABILI (ACC)

7.6.1 COEFFICIENTE DI INCREMENTO DINAMICO

Si considera il caso di portale a luce singola, per il quale vale la seguente espressione:

$$L_m = \frac{1}{n} \times (L_1 + L_2 + L_3)$$

in cui $n = 3$.

Considerando le linee d'asse risulta:

$L_1 = 3.25$ m altezza piedritto di sinistra

$L_2 = 4.5$ m lunghezza solettone

$L_3 = 3.25$ m altezza piedritto di destra

$L_\phi = k \cdot L_m = 4.77$ m con $k = 1.3$.

Il coefficiente di incremento dinamico risulta pari a (linea con ridotto standard manutentivo):

$$\Phi_3 = 0.9 \times \left(\frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 \right) = 1.64 \rightarrow 1.35$$

7.6.2 LARGHEZZA DI DIFFUSIONE TRASVERSALE

La diffusione trasversale dei carichi è stata effettuata, a partire dall'intradosso della traversina, nell'ipotesi di ripartizione nel ballast, nel terreno, nel massetto e nel solettone di copertura nei rapporti di seguito indicati:

	ai	:	bi
ballast	4	:	1
terreno	3	:	2
soletta	1	:	1
massetto	1	:	1

$s_s = 0.5$ m: spessore del solettone

$s_m = 0.00$ m: spessore del massetto pendenze

$s_r = 0.0$ m: spessore del ricoprimento

$L_{tr} = 2.40$ m: lunghezza traversina

Diffusione trasversale

$$L_d = L_{tr} + 2 \cdot (s_r \cdot b_r / a_r + s_b \cdot b_b / a_b) + 2 \cdot (s_s / 2) \cdot b_s / a_s + 2 \cdot s_m \cdot b_m / a_m = 3.31$$
 m

Sovrapassi e Sottopassi: Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBOQ	3A R 10	RH	IN 0000 001	A	21 DI 41

7.6.3 SOVRACCARICHI MOBILI

Treno di carico LM71

Il modello di carico LM71 è costituito dalla presenza del locomotore con gli assi da 250 kN disposti ad interasse longitudinale pari ad 1.60 m e da un carico distribuito di 80 kN/m. Il coefficiente di adattamento α è pari a 1.1.

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.1$$

Il carico complessivo Q agente su una striscia di lunghezza unitaria vale pertanto, incrementato del coefficiente dinamico e diviso sulla larghezza di diffusione trasversale:

q_{eq} (kN/m)	156.25	carico distribuito equivalente 4 assi
α	1.10	coefficiente adattamento
Φ	1.35	coefficiente incremento dinamico
q (kN/m)	232.03	$q = q_{eq} \cdot \alpha \cdot \Phi$
L_d (m)	3.31	larghezza di diffusione
q/L_d (kN/m ²)	70.10	

Treno di carico SW/2

$$q_{vk} = 150.0 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.0 : \text{coefficiente di adattamento}$$

Nell'analisi condotta tale treno di carico non risulta dimensionante.

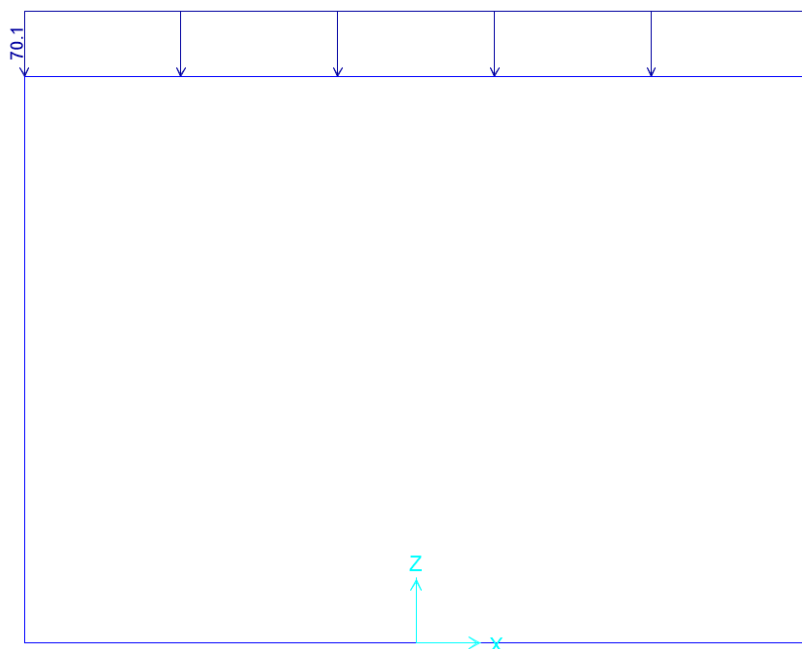


Figura 12-Carico accidentale.

7.7 SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL RILEVATO (SPACCSX/SPACCDX)

Il carico accidentale sul rilevato a ridosso del piedritto ha intensità pari al treno di carico ripartito su una L_d che tiene conto delle diffusioni prima indicate, limitatamente al ricoprimento e al ballast:

L_d (m) 2.81 larghezza di diffusione

q (kN/m) 171.88 $q = q_{eq} \cdot \alpha$

q/L_d (kN/m²) 20.00

Δp_{acc} (kN/m²) 11.55

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1 e 4 (per la SPACCSX) e 2 e 3 (per la SPACCDX), la parte di sovraspinta dei carichi esercitata su 1/2 spessore della soletta superiore e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

$\Delta F_{1,2,acc}$ (kN/m) 2.89 ΔF dovuto al sovrac. accidentale semispessore soletta superiore

$\Delta F_{3,4,acc}$ (kN/m) 2.89 ΔF dovuto al sovrac. accidentale semispessore soletta inferiore



Figura 13–Sovraccarico accidentale.

7.8 FRENATURA E AVVIAMENTO

Per il carico di frenatura e avviamento viene assunto quello dovuto all'avviamento del treno LM71, moltiplicato per il coefficiente di adattamento $\alpha=1.1$, per cui si ha:

Q_{avv} (kN/m) 33 carico dovuto all'avviamento treno di carico LM71

q_{avv} (kN/m/m) 10.20 carico distribuito dovuto all'avviamento treno di carico LM71

M_{avv} (kNm/m) 12.18 momento flettente distribuito dovuto all'avviamento treno di carico LM71

7.9 AZIONI CLIMATICHE

AZIONI TERMICHE UNIFORMI (TERMU)

Si considera una variazione termica uniforme $\Delta T = 15.00^{\circ}\text{C}$ sulla soletta superiore e sui piedritti, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

AZIONI TERMICHE DIFFERENZIALI (TERMF)

Si considera una variazione termica differenziale $\Delta T = 5.00^{\circ}\text{C}$ sulla soletta superiore, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

RITIRO (RITIRO)

Si considera una variazione termica uniforme equivalente $\Delta T = -11.15^{\circ}\text{C}$ sulla soletta superiore. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni nell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e D.M.14-01-2008.

	Rck	40	
	f_{ck}	33.20	N/mm ²
resistenza a compressione media	f_{cm}	41.20	N/mm ²
modulo elastico secante	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
coefficiente di dilatazione termica	α	0.00001	
classe del cemento	cls tipo	R	
età del cls all'inizio del ritiro	t_s	2	gg
età del cls al momento del carico	t_0	2	gg
età del cls	t	27375	gg
	B	100	cm
	H	75.00	cm
sezione dell'elemento	A_c	750000	mm
perimetro a contatto con l'atmosfera	u	1000	mm
dimensione elemento di cls	$h_0=2A_c/u$	1600	mm
umidità relativa percentuale	RH	75	%
Calcolo del modulo elastico			
coeff. del tipo di cemento	α	1	
tempo t_0 corretto in funz del tipo di cem	t_0	6.189	gg > 0.5
coeff. della resistenza del cls	$\beta_c(f_{cm})$	2.62	
coeff. della viscosità nel tempo	$\beta_c(t_0)$	0.649	
coeff. della resistenza del cls	α_1	0.892	
coeff. della resistenza del cls	α_2	0.968	
coeff. della resistenza del cls	α_3	0.922	
coeff. che tiene conto dell'umidità relativa	β_H	1383	
coeff. della variabilità viscosità nel tempo	$\beta_c(t, t_0)$	0.985	
coeff. che tiene conto dell'umidità	φ_{RH}	1.185	
coeff. nominale della viscosità	φ_0	2.013	
coeff. di viscosità	$\varphi(t, t_0)$	1.98	

Modulo elastico al tempo t $E_{cm}(t, t_0)$ 11274.7 N/mm²

Calcolo della deformazione di ritiro

parametro fuzione di h_0 k_h 0.7

coeff. variabilità deformazione nel tempo $\beta_{cs}(t, t_s)$ 0.914

def. di ritiro per essiccamento $\varepsilon_{cd}(t)$ 0.00027271

deformazione di base $\varepsilon_{cd,0}$ 0.00042602

coeff. per il tipo di cemento α_{ds1} 6

coeff. per il tipo di cemento α_{ds2} 0.11

β_{RH} 0.89609375

$\beta_{as}(t)$ 1

$\varepsilon_{ca,00}$ 0.000058

deformazione dovuta al ritiro autogeno ε_{ca} 5.8E-05

deformazione di ritiro $\varepsilon_s(t, t_0)$ 0.00033071

Variazione termica uniforme ΔT_{ritiro} -11.08 °C

7.10 AZIONI SISMICHE


In ottemperanza al D.M. 17 gennaio 2018, le verifiche sono state condotte con il metodo semi-probabilistico agli stati limite.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto §7.9.2. delle NTC, assimilando l'opera scatolare alla categoria delle spalle da ponte, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica il comportamento elastico;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: PROJECT REVIEW CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Sovrapassi e Sottopassi: Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento	PROGETTO IBOQ	LOTTO 3A R 10	CODIFICA RH	DOCUMENTO IN 0000 001	REV. A

queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato:

- la vita nominale (V_N) dell'opera.
- la classe d'uso.
- il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso.

dati sisma

V_N (anni)	75.00	vita nominale
C_U	1.50	coefficiente d'uso (classe d'uso III)
V_R (anni)	112.50	periodo di riferimento

SLV

P_{VR}	0.10	probabilità di superamento
T_R (anni)	1068	tempo di ritorno per SLV
a_g (g)	0.092	accelerazione su sito riferimento rigido
F_0 (-)	2.702	
T_c^* (s)	0.348	
S_S	1.500	coefficiente amplificazione stratigrafica (cat. C)
S_T	1.00	coefficiente amplificazione topografica (cat. T1)
a_{max} (g)	0.14	$a_{max}(g) = S_S S_T a_g(g)$

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{max}}{g}; \quad k_v = \pm 0.50 \cdot k_h$$

dove

$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: PROJECT REVIEW CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Sovrapassi e Sottopassi: Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento	PROGETTO IBOQ	LOTTO 3A R 10	CODIFICA RH	DOCUMENTO IN 0000 001	REV. A

g = accelerazione di gravità;

Essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume il valore unitario.

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

SLV

β_m	1.00
k_h	0.14 coefficiente sismico orizzontale
k_v	0.07 coefficiente sismico verticale

7.10.1 SPINTA DELLE TERRE IN FASE SISMICA (SPSSX)

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (par. 7.11.6.2.1 D.M. 14.01.08), sono calcolate in regime di spinta a riposo che comporta il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni; l'incremento dinamico di spinta del terreno può essere calcolato attraverso la trattazione di Wood valida per pareti che accettano piccoli spostamenti:

$$\Delta F_E = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

e va a sommarsi alle condizioni statiche valutate in condizioni di spinta a riposo.

Il punto di applicazione della spinta che interessa lo scatolare è posto $h_{scat}/2$, con h_{tot} altezza dal piano di progetto alla fondazione dello scatolare e h_{scat} l'altezza dello scatolare.

Essendo ΔF_E la risultante globale, ed il diagramma di spinta di tipo rettangolare, è immediato ricavare la quota parte della spinta che agisce sul piedritto dello scatolare.

h_{tot} (m)	4.57 altezza da P.F. di progetto a fondazione
h_{scat} (m)	3.75 altezza scatolare
Δp_E (kN/m ²)	11.98 incremento sismico di pressione (secondo Wood) per SLV

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1 e 4, la parte di sovrappinta esercitata su 1/2 spessore della soletta superiore e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

$$\Delta F_{1,2,E} \text{ (kN/m)} \quad \overset{3}{\Delta F} \text{ dovuto all'incremento sismico di pressione semispessore soletta}$$

superiore per SLV

$\Delta F_{3,4,E}$ (kN/m)

ΔF dovuto all'incremento sismico di pressione semispessore soletta inferiore per SLV

7.10.2 FORZE SISMICHE ORIZZONTALI (SISMAH)

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti ed applicate nei rispettivi baricentri. Le masse sismiche sono valutate considerando le azioni dovute al carico ferroviario con coefficiente pari a 0.20.

F_1 (kN/m²) 2.04 inerzia orizzontale ballast + ricoprimento + massetto per SLV

F_2 (kN/m²) 1.73 inerzia orizzontale soletta superiore per SLV

F_3 (kN/m²) 1.73 inerzia orizzontale piedritti per SLV

7.10.3 FORZE SISMICHE VERTICALI (SISMAV)

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli. Le masse sismiche sono valutate considerando le azioni dovute al carico ferroviario con coefficiente pari a 0.20 (cfr tab.5.2.V).

F_1 (kN/m²) 1.02 inerzia verticale ballast + ricoprimento + massetto per SLV

F_2 (kN/m²) 0.86 inerzia verticale soletta superiore per SLV

F_3 (kN/m²) 0.86 inerzia verticale piedritti per SLV

F_4 (kN/m²) 0.97 inerzia verticale treno di carico LM71 per SLV

F_5 (kN/m²) 0.86 inerzia verticale soletta inferiore per SLV

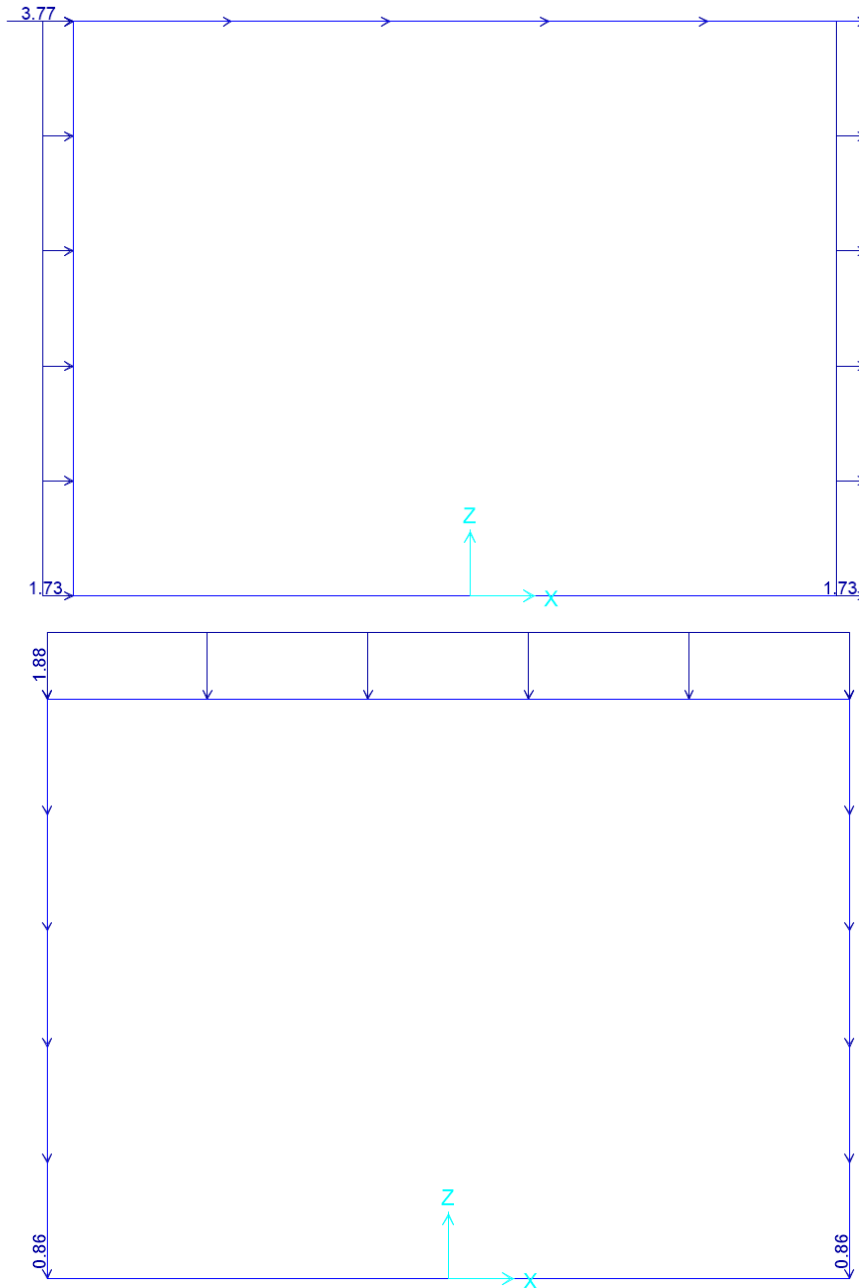


Figura 14–Inerzia sismica.

7.11 CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI

7.11.1 CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

DEAD	PESO PROPRIO
PERM	CARICHI PERMANENTI (ricoprimento + massetto)
BALLAST	BALLAST
SPBSX/SPBDX	SPINTA DEL BALLAST SU PIEDRITTI
SPTSX/SPTDX	SPINTA DELLE TERRE SU PIEDRITTI
ACC	CARICHI VARIABILI VERTICALI SU OPERA (treni di carico)
SPACCSX/ SPACCDX	SPINTA CARICHI VARIABILI SU PIEDRITTI (treni di carico)
AVV	FRENATURA LM71
TERMF e TERMU	VARIAZIONI TERMICHE (ΔT_u , ΔT_f)
RITIRO	RITIRO
SPSSX	SOVRASPINTA SISMICA
SISMAH	AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI
SISMAV	AZIONI SISMICHE VERTICALI

7.11.2 COMBINAZIONI DI CARICO PER SEZIONI DI VERIFICA

Si riportano di seguito i coefficienti parziali utilizzati nelle combinazioni agli SLU, SLE e SLUS relativamente ad ogni sezione di verifica scelta in accordo con le NTC2018.

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione Rara (SLE irreversibile):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Frequente (SLE reversibile):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella tabella seguente.

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo.2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	+	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante

(1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, α , ecc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Tabella 2 Valutazione dei carichi da traffico.

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione ψ delle tabelle seguenti.

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

(1) Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

(2) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

(3) Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

(4) Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

(5) Aliquota di carico da traffico da considerare.

(6) 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

(7) 1,20 per effetti locali

Tabella 3 Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica.

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella 4 Coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

Sono prese in considerazione le seguenti verifiche agli stati limite ultimi:

- SLU di tipo Geotecnico (GEO), relative a condizioni di:

Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;

- SLU di tipo strutturale (STR), relative a condizioni di:

Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

- Le verifiche sono svolte considerando il seguente approccio:

Approccio 2:

A1 + M1 + R3

Tale approccio prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche.

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	γ_φ	1,00	1,25
Coesione efficace	ζ_c	1,00	1,25
Resistenza non drenata	ζ_{sa}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ_r	1,00	1,00

VERIFICA	Coefficiente parziale	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante	γ_R	1,00	1,80	2,30

Tabella 5 Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

Si ottengono le combinazioni riportate nella successiva tabella:

TABLE:			
ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
SLU1	Linear Add	DEAD	1.35
SLU1		PERM	1.5
SLU1		SPTSX	1.5
SLU1		SPTDX	1.5
SLU1		ACC	1.45
SLU1		SPACCSX	1.45
SLU1		SPACCDX	1.45
SLU1		TERMF	0.9
SLU1		SISMAH	0
SLU1		SISMAV	0
SLU1		TERMU	0.9
SLU1		RITIRO	0
SLU1		SPSSX	0
SLU1		AVV	0.5
SLU2	Linear Add	DEAD	1.35
SLU2		PERM	1.5
SLU2		SPTSX	1.5
SLU2		SPTDX	1.5
SLU2		ACC	1.45
SLU2		SPACCSX	1.45
SLU2		SPACCDX	1.45
SLU2		TERMF	0.9
SLU2		SISMAH	0
SLU2		SISMAV	0
SLU2		TERMU	0.9
SLU2		RITIRO	0
SLU2		SPSSX	0
SLU2		AVV	1
SLU3	Linear Add	DEAD	1.35
SLU3		PERM	1.5
SLU3		SPTSX	1.5
SLU3		SPTDX	1.5
SLU3		ACC	1.45
SLU3		SPACCSX	1.45
SLU3		SPACCDX	1.45

TABLE:			
ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
SLU3		TERMF	0.9
SLU3		SISMAH	0
SLU3		SISMAV	0
SLU3		TERMU	0.9
SLU3		RITIRO	1.35
SLU3		SPSSX	0
SLU3		AVV	1
SLU4	Linear Add	DEAD	1.35
SLU4		PERM	1.5
SLU4		SPTSX	1.5
SLU4		SPTDX	1.5
SLU4		ACC	1.45
SLU4		SPACCSX	1.45
SLU4		SPACCDX	1.45
SLU4		TERMF	0.9
SLU4		SISMAH	0
SLU4		SISMAV	0
SLU4		TERMU	0.9
SLU4		RITIRO	-1.35
SLU4		SPSSX	0
SLU4		AVV	1
SLU5	Linear Add	DEAD	1.35
SLU5		PERM	1.5
SLU5		SPTSX	1.5
SLU5		SPTDX	1.5
SLU5		ACC	1.5
SLU5		SPACCSX	1.45
SLU5		SPACCDX	1.45
SLU5		TERMF	0.9
SLU5		SISMAH	0
SLU5		SISMAV	0
SLU5		TERMU	-0.9
SLU5		RITIRO	-1.35
SLU5		SPSSX	0
SLU5		AVV	1

TABLE:			
ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
SLUSIS1	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS1		PERM	1
SLUSIS1		SPTSX	1
SLUSIS1		SPTDX	1
SLUSIS1		ACC	0.2
SLUSIS1		SPACCSX	0.2
SLUSIS1		SPACCDX	0.2
SLUSIS1		SPSSX	1
SLUSIS1		SISMAH	1
SLUSIS1		SISMAV	-0.3
SLUSIS2	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS2		PERM	1
SLUSIS2		SPTSX	1
SLUSIS2		SPTDX	1
SLUSIS2		ACC	0.2
SLUSIS2		SPACCSX	0.2
SLUSIS2		SPACCDX	0.2
SLUSIS2		SPSSX	-1
SLUSIS2		SISMAH	-1
SLUSIS2		SISMAV	-0.3
SLUSIS3	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS3		PERM	1
SLUSIS3		SPTSX	1
SLUSIS3		SPTDX	1
SLUSIS3		ACC	0.2
SLUSIS3		SPACCSX	0.2
SLUSIS3		SPACCDX	0.2
SLUSIS3		SPSSX	1
SLUSIS3		SISMAH	1
SLUSIS3		SISMAV	0.3
SLUSIS4	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS4		PERM	1
SLUSIS4		SPTSX	1
SLUSIS4		SPTDX	1
SLUSIS4		ACC	0.2
SLUSIS4		SPACCSX	0.2
SLUSIS4		SPACCDX	0.2

TABLE:			
ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
SLUSIS4		SPSSX	-1
SLUSIS4		SISMAH	-1
SLUSIS4		SISMAV	0.3
SLUSIS5	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS5		PERM	1
SLUSIS5		SPTSX	1
SLUSIS5		SPTDX	1
SLUSIS5		ACC	0.2
SLUSIS5		SPACCSX	0.2
SLUSIS5		SPACCDX	0.2
SLUSIS5		SPSSX	0.3
SLUSIS5		SISMAH	0.3
SLUSIS5		SISMAV	-1
SLUSIS6	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS6		PERM	1
SLUSIS6		SPTSX	1
SLUSIS6		SPTDX	1
SLUSIS6		ACC	0.2
SLUSIS6		SPACCSX	0.2
SLUSIS6		SPACCDX	0.2
SLUSIS6		SPSSX	-0.3
SLUSIS6		SISMAH	-0.3
SLUSIS6		SISMAV	-1
SLUSIS7	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS7		PERM	1
SLUSIS7		SPTSX	1
SLUSIS7		SPTDX	1
SLUSIS7		ACC	0.2
SLUSIS7		SPACCSX	0.2
SLUSIS7		SPACCDX	0.2
SLUSIS7		SPSSX	0.3
SLUSIS7		SISMAH	0.3
SLUSIS7		SISMAV	1
SLUSIS8	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS8		PERM	1
SLUSIS8		SPTSX	1
SLUSIS8		SPTDX	1

TABLE:			
ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
SLUSIS8		ACC	0.2
SLUSIS8		SPACCSX	0.2
SLUSIS8		SPACCDX	0.2
SLUSIS8		SPSSX	-0.3
SLUSIS8		SISMAH	-0.3
SLUSIS8		SISMAV	1
SLUSIS9	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS9		PERM	1
SLUSIS9		SPTSX	1
SLUSIS9		SPTDX	1
SLUSIS9		ACC	0.2
SLUSIS9		SPACCSX	0.2
SLUSIS9		SPACCDX	0.2
SLUSIS9		SPSSX	1
SLUSIS9		SISMAH	-1
SLUSIS9		SISMAV	0.3
SLUSIS10	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS10		PERM	1
SLUSIS10		SPTSX	1
SLUSIS10		SPTDX	1
SLUSIS10		ACC	0.2
SLUSIS10		SPACCSX	0.2
SLUSIS10		SPACCDX	0.2
SLUSIS10		SPSSX	-1
SLUSIS10		SISMAH	1
SLUSIS10		SISMAV	0.3
SLUSIS11	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS11		PERM	0
SLUSIS11		SPTSX	0
SLUSIS11		SPTDX	0
SLUSIS11		ACC	0
SLUSIS11		SPACCSX	0
SLUSIS11		SPACCDX	0
SLUSIS11		SPSSX	0
SLUSIS11		SISMAH	0
SLUSIS11		SISMAV	0
SLUSIS12	Linear Add	DEAD	1

TABLE:			
ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
SLUSIS12		PERM	1
SLUSIS12		SPTSX	1
SLUSIS12		SPTDX	1
SLUSIS12		ACC	0.2
SLUSIS12		SPACCSX	0.2
SLUSIS12		SPACCDX	0.2
SLUSIS12		SPSSX	-1
SLUSIS12		SISMAH	1
SLUSIS12		SISMAV	-0.3
SLUSIS13	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS13		PERM	1
SLUSIS13		SPTSX	1
SLUSIS13		SPTDX	1
SLUSIS13		ACC	0.2
SLUSIS13		SPACCSX	0.2
SLUSIS13		SPACCDX	0.2
SLUSIS13		SPSSX	0.3
SLUSIS13		SISMAH	-0.3
SLUSIS13		SISMAV	1
SLUSIS14	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS14		PERM	1
SLUSIS14		SPTSX	1
SLUSIS14		SPTDX	1
SLUSIS14		ACC	0.2
SLUSIS14		SPACCSX	0.2
SLUSIS14		SPACCDX	0.2
SLUSIS14		SPSSX	-0.3
SLUSIS14		SISMAH	0.3
SLUSIS14		SISMAV	1
SLUSIS15	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS15		PERM	1
SLUSIS15		SPTSX	1
SLUSIS15		SPTDX	1
SLUSIS15		ACC	0.2
SLUSIS15		SPACCSX	0.2
SLUSIS15		SPACCDX	0.2
SLUSIS15		SPSSX	0.3

TABLE:			
ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
SLUSIS15		SISMAH	-0.3
SLUSIS15		SISMAV	-1
SLUSIS16	Linear Add	DEAD	1
SLUSIS16		PERM	1
SLUSIS16		SPTSX	1
SLUSIS16		SPTDX	1
SLUSIS16		ACC	0.2
SLUSIS16		SPACCSX	0.2
SLUSIS16		SPACCDX	0.2
SLUSIS16		SPSSX	-0.3
SLUSIS16		SISMAH	0.3
SLUSIS16		SISMAV	-1
RAR1	Linear Add	DEAD	1
RAR1		PERM	1
RAR1		SPTSX	1
RAR1		SPTDX	1
RAR1		ACC	1
RAR1		SPACCSX	0
RAR1		SPACCDX	0
RAR1		SPSSX	0
RAR1		SISMAH	0
RAR1		SISMAV	0
RAR2	Linear Add	DEAD	1
RAR2		PERM	1
RAR2		SPTSX	1
RAR2		SPTDX	1
RAR2		ACC	0
RAR2		SPACCSX	1
RAR2		SPACCDX	0
RAR2		SPSSX	0
RAR2		SISMAH	0
RAR2		SISMAV	0
RAR3	Linear Add	DEAD	1
RAR3		PERM	1
RAR3		SPTSX	1
RAR3		SPTDX	1
RAR3		ACC	0

TABLE:			
ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
RAR3		SPACCSX	0
RAR3		SPACCDX	1
RAR3		SPSSX	0
RAR3		SISMAH	0
RAR3		SISMAV	0
FREQ1	Linear Add	DEAD	1
FREQ1		PERM	1
FREQ1		SPTSX	1
FREQ1		SPTDX	1
FREQ1		ACC	0.8
FREQ1		SPACCSX	0
FREQ1		SPACCDX	0
FREQ1		SPSSX	0
FREQ1		SISMAH	0
FREQ1		SISMAV	0
FREQ2	Linear Add	DEAD	1
FREQ2		PERM	1
FREQ2		SPTSX	1
FREQ2		SPTDX	1
FREQ2		ACC	0
FREQ2		SPACCSX	0.8
FREQ2		SPACCDX	0
FREQ2		SPSSX	0
FREQ2		SISMAH	0
FREQ2		SISMAV	0
FREQ3	Linear Add	DEAD	1
FREQ3		PERM	1
FREQ3		SPTSX	1
FREQ3		SPTDX	1
FREQ3		ACC	0
FREQ3		SPACCSX	0
FREQ3		SPACCDX	0.8
FREQ3		SPSSX	0
FREQ3		SISMAH	0
FREQ3		SISMAV	0
QPE1	Linear Add	DEAD	1
QPE1		PERM	1



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 3A: PROJECT REVIEW CIRCONVALLAZIONE DI
TRENTO

Sovrapassi e Sottopassi: Relazione tecnico
descrittiva e di predimensionamento

PROGETTO
IBOQ

LOTTO
3A R 10

CODIFICA
RH

DOCUMENTO
IN 0000 001

REV.
A

FOGLIO
37 DI 41

TABLE:	ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
	QPE1		SPTSX	1
	QPE1		SPTDX	1
	QPE1		ACC	0
	QPE1		SPACCSX	0

TABLE:	ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
	QPE1		SPACCDX	0
	QPE1		SPSSX	0
	QPE1		SISMAH	0
	QPE1		SISMAV	0

8 VERIFICHE STRUTTURALI

A partire dalle sollecitazioni di output dovute ai singoli casi di carico, si sono determinate le sollecitazioni agenti nelle sezioni di verifica, si riportano di seguito le verifiche nelle condizioni di SLE ed SLU condotte con il software RC-SEC della Geostru.

Per le verifiche a fessurazione, in riferimento a quanto indicato nella EN206, per il caso in esame si identifica una classe di esposizione XC4, che corrisponde a condizioni ambientali aggressive.

4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde, agli spruzzi oppure alle maree	Parti di strutture marine
5 Attacco di cicli gelo/disgelo		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e ad agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente ad agenti antigelo e al gelo Zone di strutture marine soggette a spruzzi ed esposte al gelo
6 Attacco chimico		
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Sovrapassi e Sottopassi: Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento	PROGETTO IBOQ	LOTTO 3A R 10	CODIFICA RH	DOCUMENTO IN 0000 001	REV. A	FOGLIO 38 DI 41
--------------------------------------------------------------------------------	------------------	------------------	----------------	--------------------------	-----------	--------------------

A vantaggio di sicurezza si effettuano le verifiche considerando anche le combinazioni rare, ponendo come limite il valore $w_1=0.2\text{mm}$.

La massime tensioni (RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – par. 1.8.3.2.1) di compressione del calcestruzzo per tutte le combinazioni di carico SLE, risulta sempre inferiore a $\sigma_c < 0.40 f_{ck} = 13.28 \text{ MPa}$.

La massime tensioni (RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – par. 1.8.3.2.1) di trazione nell'acciaio per tutte le combinazioni di carico SLE risulta sempre inferiore a $\sigma_s < 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$.

Il valore di apertura delle fessure è sempre inferiore a $w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Com'è possibile osservare da quanto riportato nel paragrafi seguenti, tutte le verifiche risultano tutte soddisfatte.

Di seguito si riportano i diagrammi di sollecitazione di alcuni casi di carico.

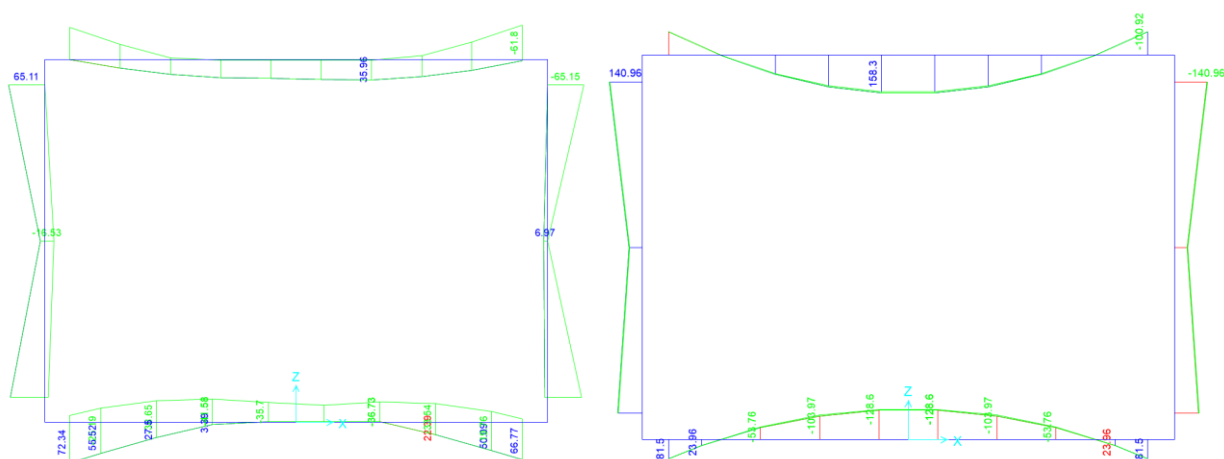


Figura 15 – Diagrammi di sollecitazione del momento flettente M33 (kNm) in involucro di combinazioni sismica e statica

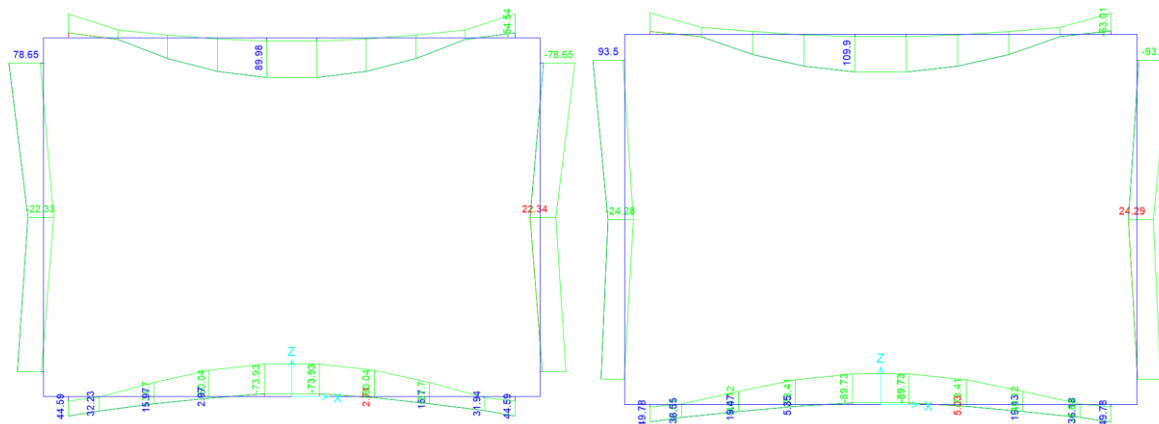


Figura 16 – Diagrammi di sollecitazione del momento flettente M33 (kNm) in involucro di combinazioni frequente e rara

Sovrapassi e Sottopassi: Relazione tecnico descrittiva e di predimensionamento	PROGETTO IBOQ	LOTTO 3A R 10	CODIFICA RH	DOCUMENTO IN 0000 001	REV. A	FOGLIO 39 DI 41
--------------------------------------------------------------------------------	------------------	------------------	----------------	--------------------------	-----------	--------------------

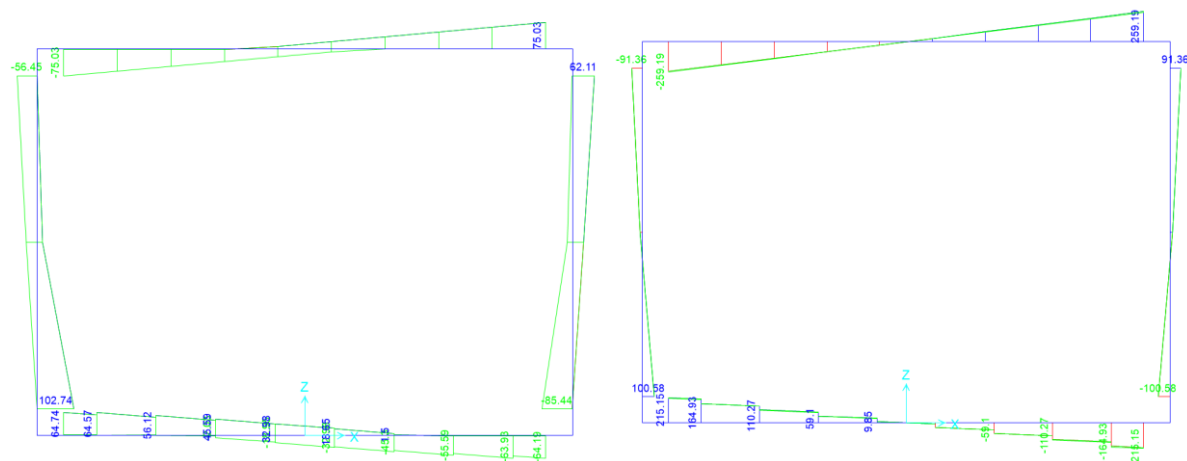


Figura 17 – Diagrammi di sollecitazione del taglio V22 (kNm) in involucro di combinazioni sismica e statica

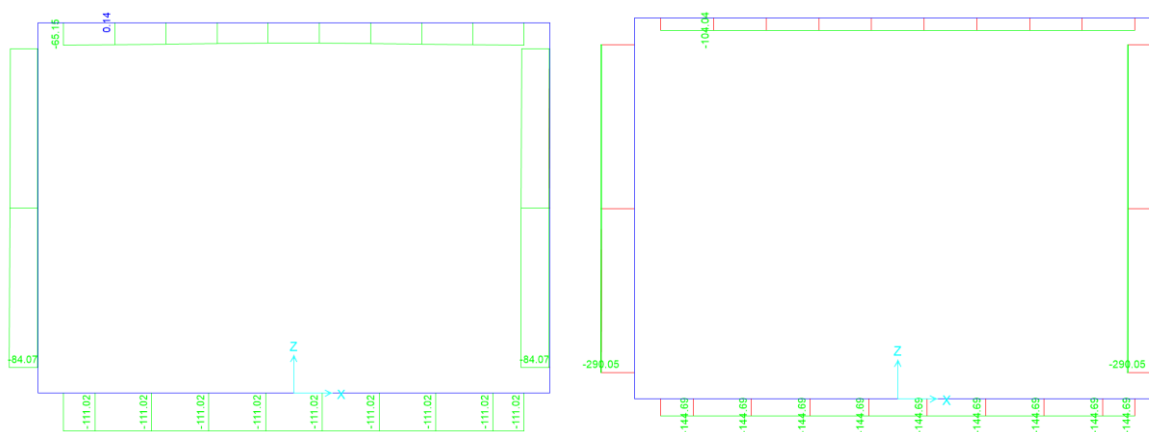
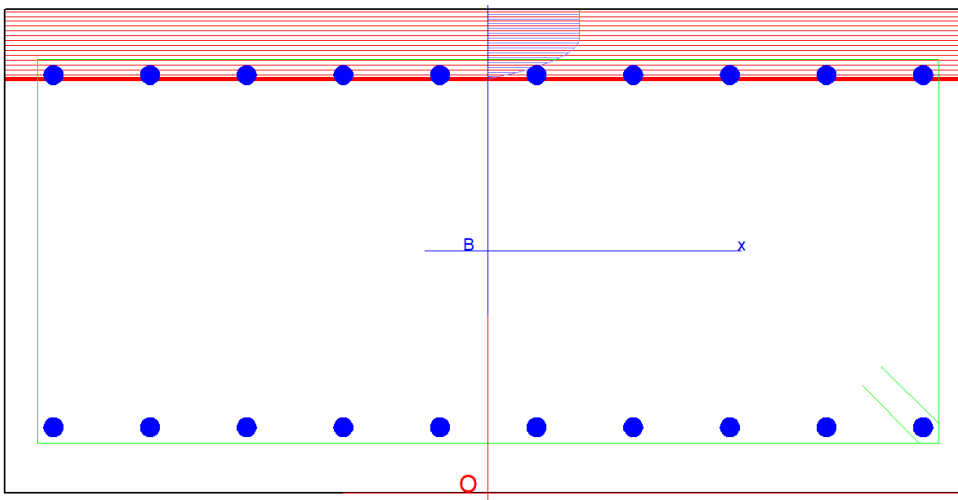


Figura 18 – Diagrammi di sollecitazione dello sforzo assiale N (kN) in involucro di combinazioni sismica e statica

8.1 SOLETTA SUPERIORE

Le verifiche strutturali di seguito riportate hanno lo scopo di verificare l'adeguatezza delle dimensioni strutturali del manufatto. Un dimensionamento più accurato delle stesse è pertanto rimandato alle successive fasi progettuali.

La soletta superiore è armata sia inferiormente che superiormente con barre $\Phi 20/10$, la sollecitazione massima si ottiene in combinazione statica ed è pari a 158.30 kNm.



sezione verificata			
Tipo Combinazione	N.Comb.	Comb. Non	
S.L.U. Comb. Ultime (Calcolo Resistenza)	1		
S.L.E. Comb. Rare (Esercizio)	1		
S.L.E. Comb. Frequenti (Esercizio)	1		
S.L.E. Comb. Quasi Permanenti (Esercizio)	1		

Combinazione N° 1 COMBINAZIONE VERIFICATA

Resistenza Fless.Composta: Misura sic.=3.81 [OK se > 1.0]

Sforzi assegnati	Sforzi resistenti (asse x baricentrico)	Deform
N = 0 daN	N Res = 19 daN	Def.mo
Mx = 12830 daNm	Mx Res = 48922 daNm	Def.mi
		Def.ma
	Curv.Max=0.000484124 1/cm	Def.mi
	As tesa = 31.4 cm ²	Asse
	As compr. = 31.4 cm ²	x/d =
	Conf. min. barre = 4.0 mm	

< >

Taglio (S.L.U.): Misura sicurezza = 0.142 [OK se <= 1.0]

Sforzi Dati/Ultimi	Staffe di Comb.	Staffe Involuppo
VRcd = 26000 daN	Astaffe=17.1cm ² /m	Astaffe=22.6 cm ² /m
VStd = 26000 daN		Diam.Staffe=12 mm
VRcd = 182737		Passo Staffe = 10.0
VRwd = 34413 daN		N° bracci Staffe = 2
bw = 100.0 cm		

< >

Calcola e visualizza

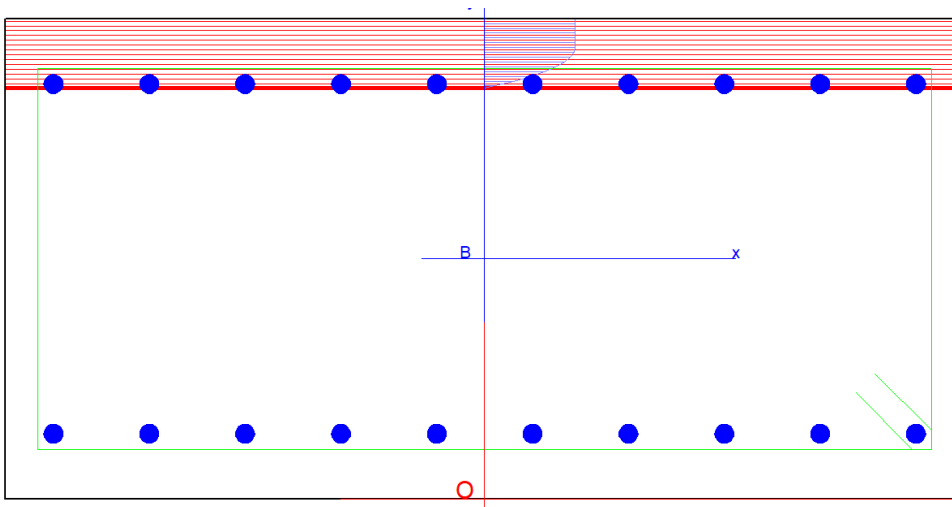
Sezione con tensioni e deformazioni

Dominio N-Mx resistenza S.L.U.

Dominio N-Mx S.L.U. + Resist. sostanz. Elastica

8.2 SOLETTA INFERIORE

La soletta inferiore è armata sia inferiormente che superiormente con barre $\Phi 20/10$, la sollecitazione massima si ottiene in combinazione statica ed è pari a 128.60 kNm.



sezione verificata			
Tipo Combinazione	N.Comb.	Comb. Non	
S.L.U. Comb. Ultime (Calcolo Resistenza)	1		
S.L.E. Comb. Rare (Esercizio)	1		
S.L.E. Comb. Frequenti (Esercizio)	1		
S.L.E. Comb. Quasi Permanenti (Esercizio)	1		

Combinazione N° 1 COMBINAZIONE VERIFICATA

Resistenza Fless.Composta: Misura sic.=3.80 [OK se > 1.0]

Sforzi assegnati	Sforzi resistenti (asse x baricentrico)	Deform
N = 0 daN	N Res = 19 daN	Def.mo
Mx = 12860 daNm	Mx Res = 48922 daNm	Def.mi
		Def.ma
	Curv.Max=0.000484124 1/cm	Def.mi
	As tesa = 31.4 cm ²	Asse
	As compr. = 31.4 cm ²	x/d =
	Conf. min. barre = 4.0 mm	

< >

Taglio (S.L.U.): Misura sicurezza = 0.118 [OK se <= 1.0]

Sforzi Dati/Ultimi	Staffe di Comb.	Staffe Involuppo
Vy = 21515 daN	Astaffe=14.1cm ² /m	Astaffe=15.1 cm ² /m
VStd = 21515 daN		Diam.Staffe=12 mm
VRcd = 182737		Passo Staffe = 15.0
VRwd = 22942 daN		N° bracci Staffe = 2
bw = 100.0 cm		

< >

Calcola e visualizza

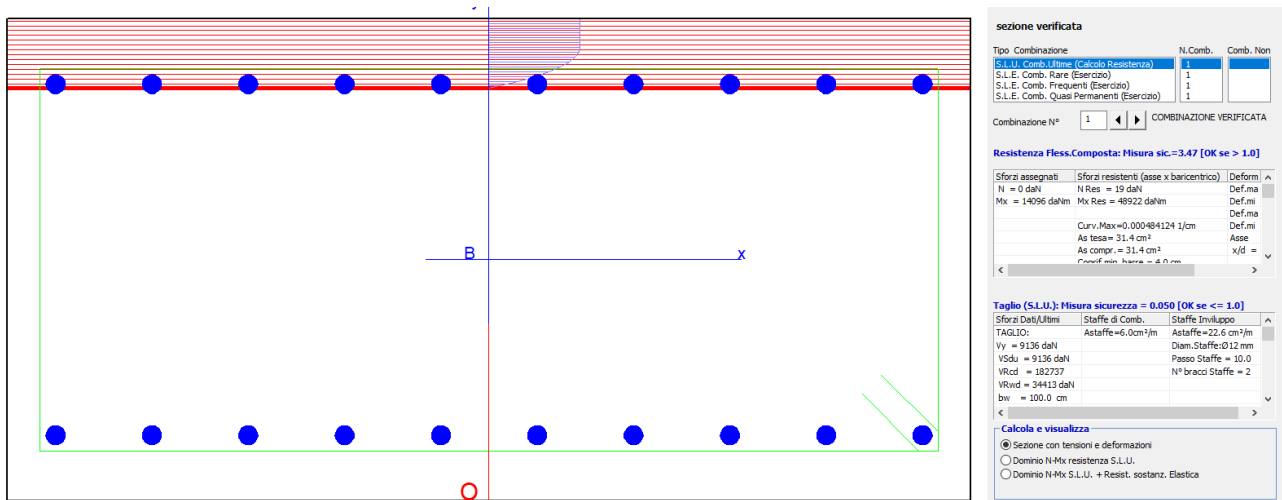
Sezione con tensioni e deformazioni

Dominio N-Mx resistenza S.L.U.

Dominio N-Mx S.L.U. + Resist. sostanz. Elastica

8.3 PIEDRITTI

I piedritti sono armati su entrambi i lati con barre $\Phi 20/10$, la sollecitazione massima si ottiene in combinazione statica ed è pari a 140.96 kNm.



L'incidenza delle strutture è pari a 180 kg/mc