

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47I09000030009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE

OPERE PRINCIPALI – GALLERIE ARTIFICIALI

Galleria artificiale di scavalco Tangenziale Ovest da km 5+106 a km 5+156

Relazione di calcolo monolite

SCALA:

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

N M 0 Z 1 0 D 2 6 C L G A 0 1 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	CONSORZIO INTEGRATA	Novembre 2018	F.Coppini/A.Maran 	Novembre 2018	S. Borelli 	Novembre 2018	F. Coppini/A. Maran Novembre 2018 	Novembre 2018

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD
Dott. Ing. Francesco Sestini
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
n. 23472 Sez. A

File: NM0Z10D26CLGA0100001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE GENERALE	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
5	CONDIZIONI GEOTECNICHE	11
6	CRITERI DI VERIFICA	12
	6.1 VERIFICHE DI RESISTENZA AGLI STATI LIMITE ULTIMI	12
	6.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	12
7	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA	15
8	MODELLO DI CALCOLO	16
	8.1 PROGRAMMA DI CALCOLO	16
	8.2 MODELLAZIONE STRUTTURALE	16
	8.3 SCHEMA	17
9	ANALISI DEI CARICHI	18
	9.1 PESI PROPRI STRUTTURALI	18
	9.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI PORTATI	18
	9.3 AZIONI PROVENIENTI DAL TERRENO	19
	9.4 EFFETTI AERODINAMICI DOVUTI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI	20
	9.5 AZIONI PROVENIENTI DAI CARICHI MOBILI	21
	9.6 AZIONI DA VARIAZIONI TERMICHE E RITIRO	26
	9.7 AZIONI SISMICHE	27
10	COMBINAZIONI DI CARICO	29
11	SOLLECITAZIONI	33
	11.1 STATO LIMITE ULTIMO	33
	11.2 STATO LIMITE ESERCIZIO	34
	11.3 SEZIONI DI PROGETTO	35
12	VERIFICHE	38
	12.1 SLU – FLESSIONE E PRESSOFLESSIONE	40



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO –
PAVIA
FASE 1 – QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE
EMANUELE

GA01 – Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest
Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0z	10	D 26	CLGA0100001	A	3 di 139

12.2SLU - TAGLIO	41
12.3SLE - FESSURAZIONE.....	43
12.3.1 (Stato limite di apertura delle fessure) - Combinazione Frequente.....	44
12.3.2 (Stato limite di apertura delle fessure) - Combinazione Quasi Permanente.....	45
12.3.3 (Stato limite di apertura delle fessure) - Combinazione Rara.....	46
13 APPENDICE: SOLLECITAZIONI	47

1 PREMESSA

Nell’ambito degli interventi di potenziamento della linea Milano – Genova, si prevede il quadruplicamento della linea ferroviaria nella tratta Milano Rogoredo-Pavia fra le stazioni di Milano Rogoredo e Pieve Emanuele.

Il quadruplicamento in oggetto, a partire dall’uscita della stazione Milano Rogoredo, prosegue in affiancamento alla linea storica e su una nuova sede e si sviluppa a sud di Milano, estendendosi per circa 30 km lungo l’attuale linea ferroviaria tra i nodi di Milano Rogoredo e Pavia.

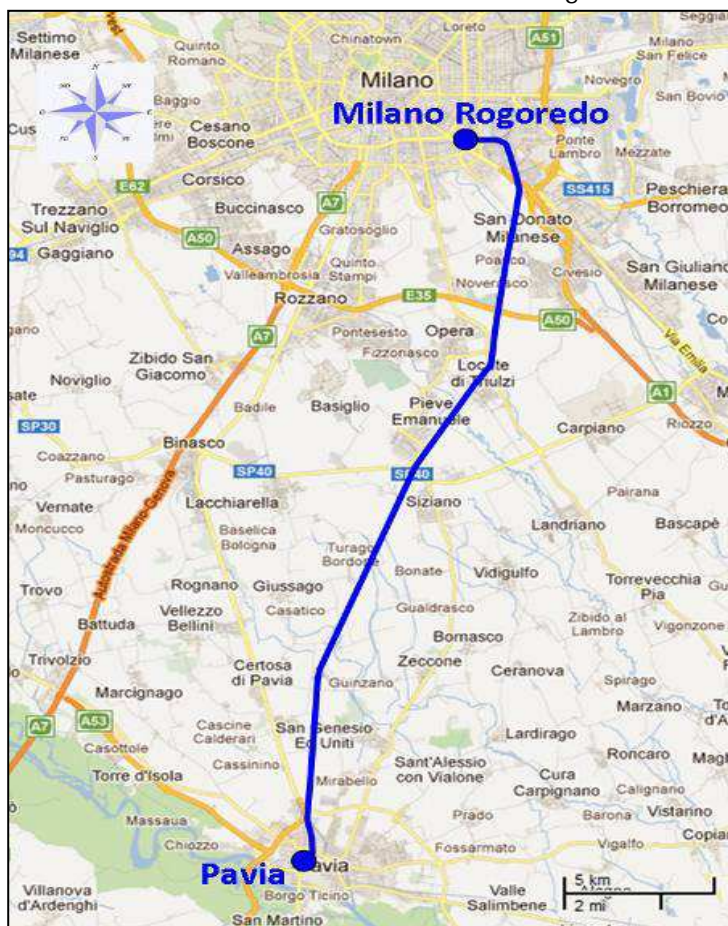


Figura 1 :

Planimetria di progetto

La presente relazione definisce le modalità del calcolo statico della *struttura scatolare* in oggetto.

2 DESCRIZIONE GENERALE

Lo scatolare ha una lunghezza in mezzeria di 50.00 costituito da piedritti di 0.9 m, soletta superiore di 1.0m e soletta di fondazione di 1.10 m.

Ad entrambi gli sbocchi della galleria si trovano quattro muri di sostegno aventi sezione tipologica ad L, con pareti di altezza variabile e spessore costante pari a 0.70m e con una fondazione di larghezza 6.20m e spessore 0.70m. L'altezza massima raggiunta dal terreno spingente è pari a 5.50m.

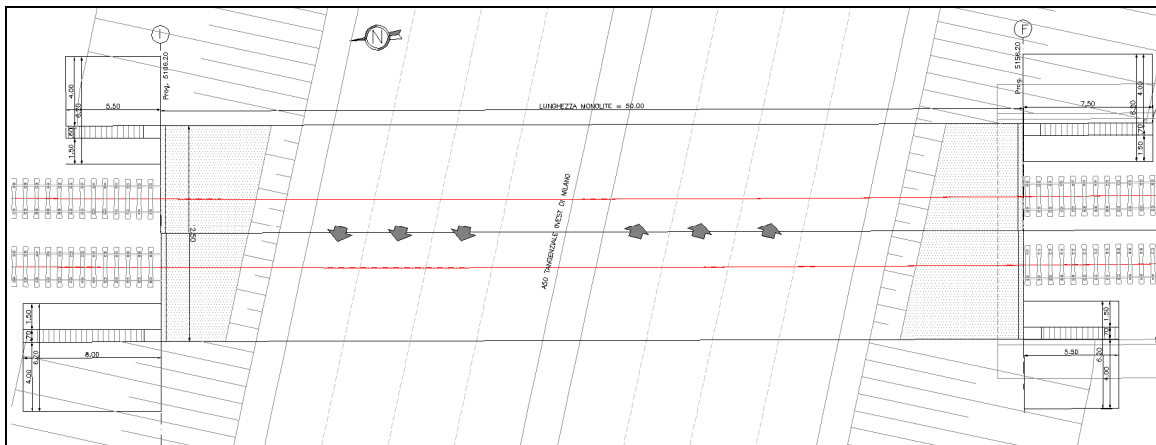


Figura 2 : Planimetria di progetto (posizione definitiva)

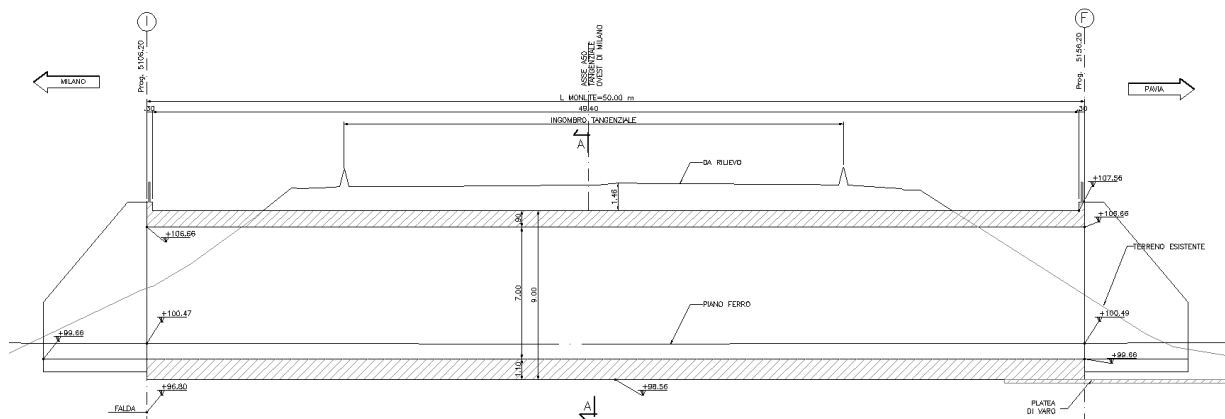


Figura 3: Sezione Longitudinale

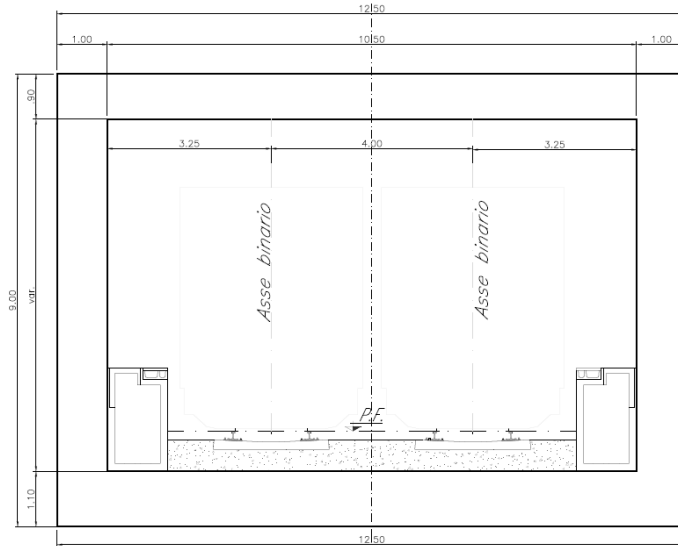



Figura 4 : Sezione Trasversale tipologica

Per maggiori dettagli, circa la geometria e le fasi realizzative dell'opera, si rimanda alla descrizione descrittiva.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE					
GA01 – Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest <i>Relazione di calcolo monolite</i>	COMMESSA NM0z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLGA0100001	REV. A	FOGLIO 7 di 139

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle seguenti normative:

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 2 febbraio 2009, n.617: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: "Manuale di progettazione delle opere civili" del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture

Riferimenti STI:

– 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;

– Regolamento (UE) N. 1300/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta;

– Regolamento (UE) N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "energia" del sistema ferroviario dell'Unione europea;

– Regolamento (UE) N. 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità concernente la "sicurezza nelle gallerie ferroviarie" del sistema ferroviario dell'Unione europea;

– Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi "controllo-comando e segnalamento" del sistema ferroviario nell'Unione europea.

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

CALCESTRUZZO SOLETTONE SUPERIORE

Classe di resistenza calcestruzzo

C32/40

Caratteristiche del calcestruzzo

resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	40 [MPa]
resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	33.2 [MPa]
resistenza cilindrica media	f_{cm}	41.2 [MPa]

resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	3.1 [MPa]
--------------------------------------	-----------	-----------

resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	f_{ctk}	2.2 [MPa]
modulo elastico istantaneo	E_{cm}	33,643 [MPa]

Resistenze di calcolo

resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	18.8 [MPa]
--------------------------------------	----------	------------

resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1.4 [MPa]
----------------------------------	-----------	-----------

coefficiente di espansione termica lineare	α	1.00E-05 [°C ⁻¹]
--	----------	------------------------------

COEFFICIENTI

$$\gamma_c = 1.5$$

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

CALCESTRUZZO PIEDRITTI

Classe di resistenza calcestruzzo

C32/40

Caratteristiche del calcestruzzo

resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	40 [MPa]
resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	33.2 [MPa]
resistenza cilindrica media	f_{cm}	41.2 [MPa]

resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	3.1 [MPa]
--------------------------------------	-----------	-----------

resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	f_{ctk}	2.2 [MPa]
modulo elastico istantaneo	E_{cm}	33,643 [MPa]

Resistenze di calcolo

resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	18.8 [MPa]
--------------------------------------	----------	------------

resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1.4 [MPa]
----------------------------------	-----------	-----------

coefficiente di espansione termica lineare	α	1.00E-05 [°C ⁻¹]
--	----------	------------------------------

COEFFICIENTI

$$\gamma_c = 1.5$$

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

CALCESTRUZZO SOLETTONE INFERIORE

Classe di resistenza calcestruzzo

C25/30

Caratteristiche del calcestruzzo

resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	30 [MPa]
resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	24.9 [MPa]
resistenza cilindrica media	f_{cm}	32.9 [MPa]
resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	2.6 [MPa]
resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	f_{ctk}	1.8 [MPa]
modulo elastico istantaneo	E_{cm}	31,447 [MPa]
Resistenze di calcolo		
resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	14.1 [MPa]
resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1.2 [MPa]
coefficiente di espansione termica lineare	α	1.00E-05 [°C ⁻¹]

COEFFICIENTI

$\gamma_c = 1.5$

$\alpha_{cc} = 0.85$

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Tipo di acciaio

B450C

Caratteristiche del calcestruzzo

tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450 [MPa]
tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	540 [MPa]
Resistenze di calcolo		
resistenza di progetto	f_{yd}	391.3 [MPa]
modulo elastico	E_s	200000 [MPa]

COEFFICIENTI

$\gamma_s = 1.15$

Per il calcestruzzo armato si assume

$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$



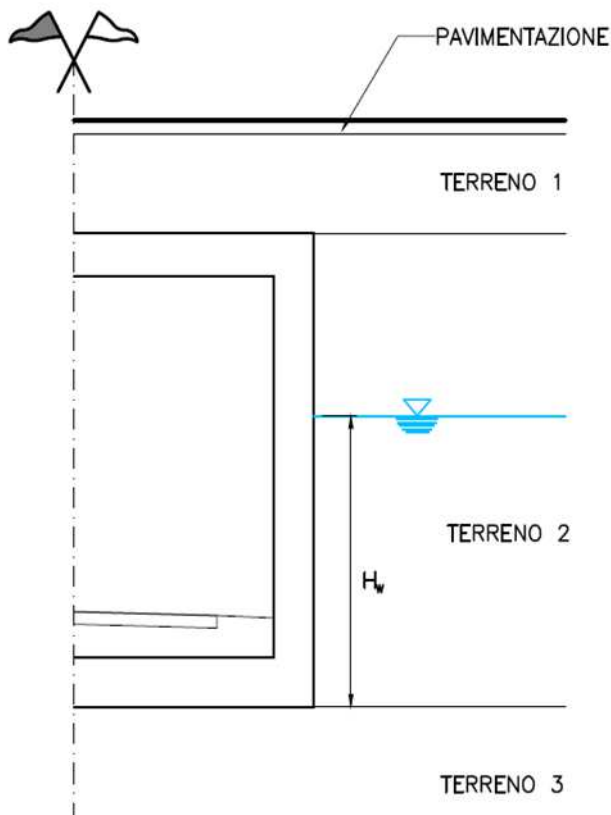
PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO –
PAVIA
FASE 1 – QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE
EMANUELE

GA01 – Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest
Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0z	10	D 26	CLGA0100001	A	10 di 139

5 CONDIZIONI GEOTECNICHE

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO



Pavimentazione

Peso specifico	γ_p	20	kN/m^3
----------------	------------	----	-----------------

Falda Assente

Peso specifico	γ_w	10	kN/m^3
Quota falda	H_w	0	m

Terreno 1


		M1	M2	
Peso specifico	γ_{t1}	19	19	kN/m^3
Angolo di attrito	ϕ'_k	30	24.8	$^\circ$
Coesione	c'	0	0	Mpa

Terreno 2

		M1	M2	
Peso specifico	γ_{t2}	19	19	kN/m^3
Angolo di attrito	ϕ'_k	30	24.8	$^\circ$
Coesione	c'	0	0	Mpa

Terreno 3

		M1	M2	
Peso specifico	γ_{t3}	19	19	kN/m^3
Angolo di attrito	ϕ'_k	30	24.8	$^\circ$
Coesione	c'	0	0	Mpa
Cost.				kN/m/
Sottofondo	k_v	7864		m
Cost.				kN/m/
Sottofondo	k_h	3932		m

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE					
	GA01 – Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest <i>Relazione di calcolo monolite</i>	COMMESSA NM0z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLGA0100001	REV. A

6 CRITERI DI VERIFICA

6.1 VERIFICHE DI RESISTENZA AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Si è verificato che il valore di progetto degli effetti delle azioni, ovvero delle sollecitazioni flettenti M_d sia minore dei corrispondenti momenti resistenti M_r delle sezioni di progetto.

La verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico.

Le combinazioni e i coefficienti moltiplicativi delle singole azioni vengono definiti in base a quanto indicato nel D.M. 14 gennaio 2008.

Per quanto riguarda le verifiche a taglio ultimo, si è fatto riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3 "Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti" del D.M. 14 gennaio 2008.

6.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Definizione degli stati limite di fessurazione

In ordine di severità crescente si distinguono i seguenti stati limite:

- stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;
- stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2}$$


- stato limite di apertura delle fessure nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE					
	GA01 – Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest <i>Relazione di calcolo monolite</i>	COMMESSA NM0z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLGA0100001	REV. A

Condizioni ambientali

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella seguente:

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


Nel caso in esame si considera l'opera sottoposta a condizioni aggressive.

Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella tabella sottostante sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	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	$\leq w_1$

Come da manuale RFI DTC SI PS MA IFS 001 B (2.5.1.8.3.2.4) si assume in questo caso per la verifica a fessurazione la combinazione Rara e come limite massimo di apertura delle fessure $w_1=0.2$ mm, (per strutture a permanente contatto con il terreno).

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE					
GA01 – Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest <i>Relazione di calcolo monolite</i>	COMMESSA NM0z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLGA0100001	REV. A	FOGLIO 14 di 139

Stato limite di apertura delle fessure

Il valore caratteristico di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non deve superare i valori nominali w_1, w_2, w_3 secondo quanto riportato nella Tabella sopra riportata.

Il valore caratteristico di calcolo è data da:

$$w_d = 1,70 \cdot w_m$$

dove w_m rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure w_m è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

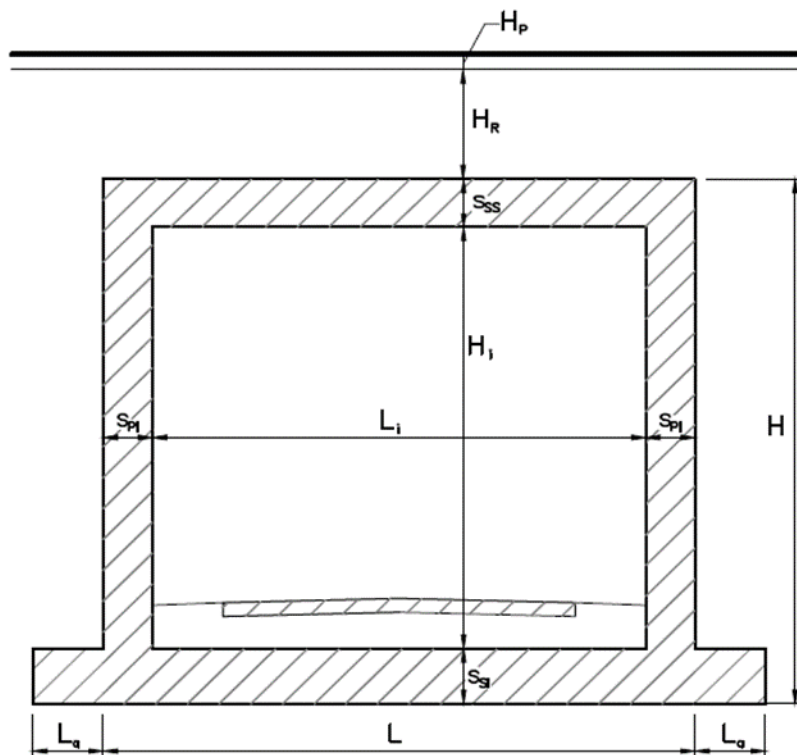
$$w_m = \epsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di ϵ_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica. ϵ_{sm} può essere calcolato tenendo conto dell'effetto del "tension stiffening" nel rispetto della limitazione:


$$\epsilon_{sm} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

con σ_s tensione nell'acciaio dell'armatura tesa (per sezione fessurata) nelle condizioni di carico considerate ed E_s è il modulo elastico dell'acciaio.

7 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA



Spessore Soletta Superiore	S_{SS}	0.9 m
Spessore Soletta Inferiore	S_{SI}	1.1 m
Spessore Piedritti	S_{PI}	1 m
Larghezza totale	L	12.5 m
Altezza totale	H	9 m
Larghezza interna	L_i	10.5 m
Altezza Interna	H_i	7 m
Larghezza ali	L_e	0 m
Altezza Ricoprimento	H_R	1.34 m
Altezza Pavimentazione	H_P	0.12 m

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE					
GA01 – Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest <i>Relazione di calcolo monolite</i>	COMMESSA NM0z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLGA0100001	REV. A	FOGLIO 16 di 139

8 MODELLO DI CALCOLO

8.1 PROGRAMMA DI CALCOLO

L'analisi è stata effettuata per elementi finiti attraverso l'ausilio del programma di calcolo "SAP2000".

8.2 MODELLAZIONE STRUTTURALE

Il modello di calcolo attraverso il quale è stata analizzata la struttura è schematizzato da un rettangolo costituito da elementi monodimensionali vincolati su un letto di molle alla winkler.

Per i coefficienti del sottosuolo sono stati adottati i seguenti valori

- Coefficiente verticale $k_v = 7864 \text{ kN/m}^3$
- Coefficiente orizzontale $k_h = 3932 \text{ kN/m}^3$

Sono stati utilizzati molle per unità di lunghezza attribuita agli elementi della soletta inferiore.

8.3 SCHEMA

Il modello è formato da 20 elementi monodimensionale a cui è assegnata la sezione specifica dell'elemento corrispondente

- Gli elementi 1,2,3,4, sono discretizzati in 12 sotto elementi durante il calcolo;
- Gli elementi 5,6,11,12 sono vincolati con delle molle con rigidezza k_v e k_h ;

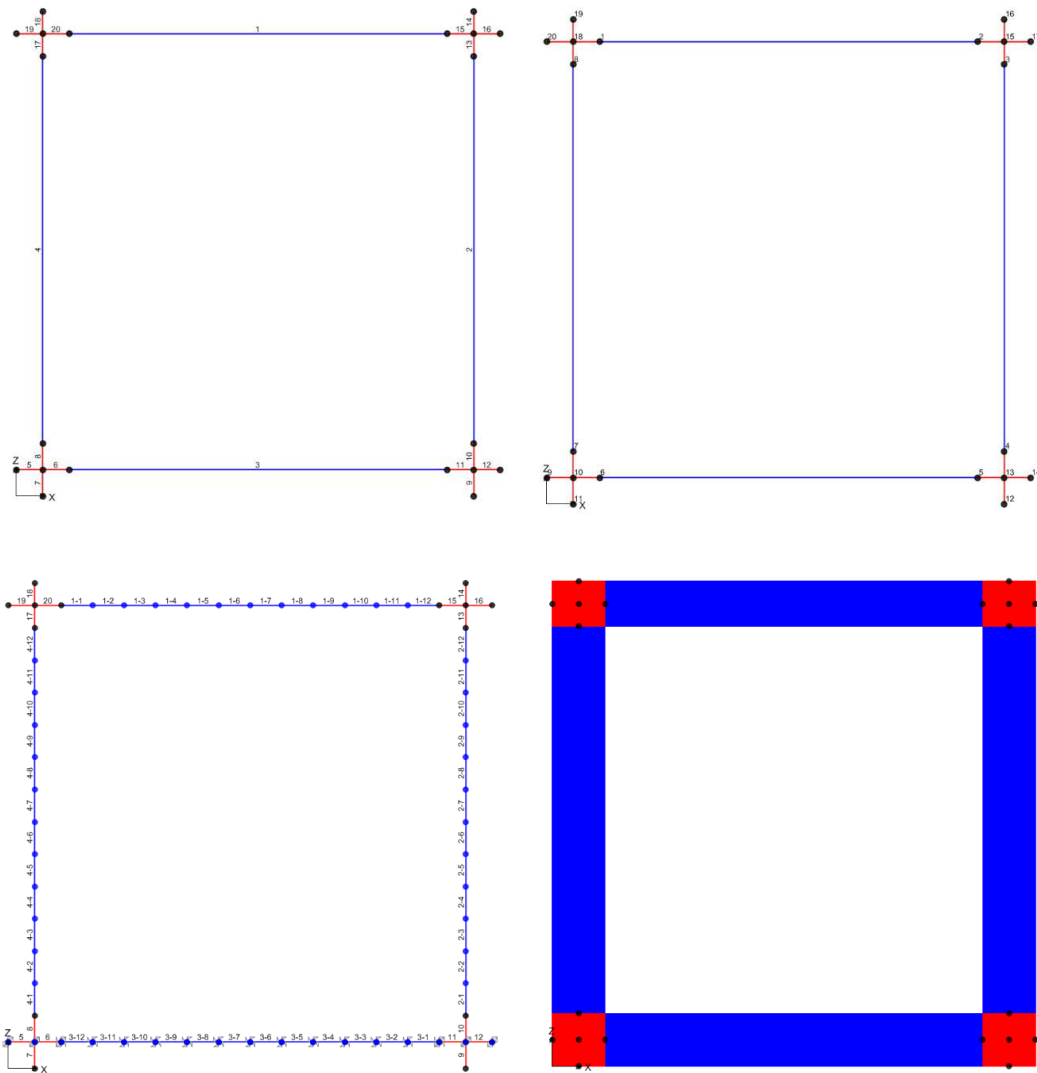


Figure 1 : Schema modello di calcolo

9 ANALISI DEI CARICHI

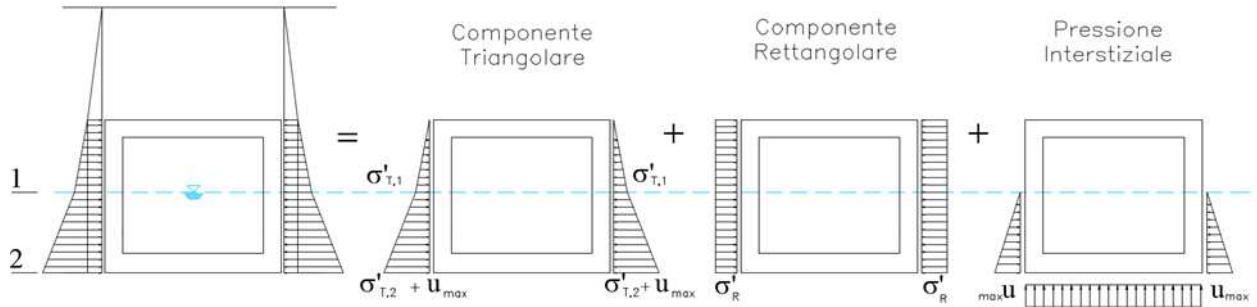
9.1 PESI PROPRI STRUTTURALI

		H [m]		γ [kN/m ³]		[m]		[kN/m]
Soletta Superiore	PP _{SS}	0.9	X	25	X	1	=	22.5
Soletta Inferiore	PP _{SI}	1.1	X	25	X	1	=	27.5
Piedritto	PP _{PI}	1	X	25	X	1	=	25.0

9.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI PORTATI

		H [m]		γ [kN/m ³]		[m]		[kN/m]
Terreno di ricoprimento	Q _{TER}	1.34	X	19	X	1	=	25.5
Pavimentazione	Q _{PAV}	0.12	X	20	X	1	=	2.4
Totale	Q _{G2}						=	27.9

9.3 AZIONI PROVENIENTI DAL TERRENO



Presine interstiziale

$$u_{max} = 0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Tensioni litostatiche verticali : componente Triangolare

Tensione litostatica verticale efficace in "1" $\sigma'_{T,1} = \gamma_{t2} \times (H_t - H_w) = 171.0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Tensione litostatica verticale efficace in "2" $\sigma'_{T,2} = \sigma'_{T,1} + \gamma'_{t2} \times H_w = 171.0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Nel caso in cui la falda non interagisce con lo scatolare il punto 1 coincide con il punto 2

Tensioni litostatiche verticali : componente Rettangolare

	$\gamma \text{ [kN/m}^3\text{]}$	x	$H_i \text{ [m]}$	=	$\gamma' \times H \text{ [kN/m}^2\text{]}$
Falda	10		0.0		0.0
Pavimentazione	19		0.1		2.3
Ricoprimento	20		1.3		26.8

Tensione litostatica verticale efficace estradosso Soletta $\sigma'_R = 29.1 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Coefficienti di spinta Terreno 1

		M1	M2	SLE
Deformazione orizzontale nulla	$k_{0,t1} = 1 - \text{sen}\phi'$	0.50	0.58	0.50
Equilibrio limite attivo	$k_{a,t1} = (1 - \text{sen}\phi') / (1 + \text{sen}\phi')$		0.41	0.33

Coefficienti di spinta Terreno 2

		M1	M2	SLE
Deformazione orizzontale nulla	$k_{0,t2} = 1 - \text{sen}\phi'$	0.50	0.58	0.50
Equilibrio limite attivo	$k_{a,t2} = (1 - \text{sen}\phi') / (1 + \text{sen}\phi')$		0.41	0.33



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO –
PAVIA
FASE 1 – QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE
EMANUELE

GA01 – Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest
Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0z	10	D 26	CLGA0100001	A	20 di 139

Tensioni totali orizzontali

$$\sigma_{sx}(k_0) = \sigma_{sx}(k_0) = k_{0,t1} \cdot \sigma'_R + k_{0,t2} \cdot \sigma'_T + u$$

$$\sigma_{sx}(k_a) = \sigma_{sx}(k_a) = k_{a,t1} \cdot \sigma'_R + k_{a,t2} \cdot \sigma'_T + u$$

$$\sigma_1 = \sigma_{sx}(k_0) + \sigma_{dx}(k_0) \quad \text{Condizioni di deformazione orizzontale nulla}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{sx}(k_a) + \sigma_{dx}(k_a) \quad \text{Condizione di equilibrio limite attivo}$$

$$\sigma_3 = \sigma_{sx}(k_0) + \sigma_{dx}(k_a) \quad \text{Condizione asimmetrica sx}$$

$$\sigma_4 = \sigma_{sx}(k_a) + \sigma_{dx}(k_0) \quad \text{Condizione asimmetrica dx}$$

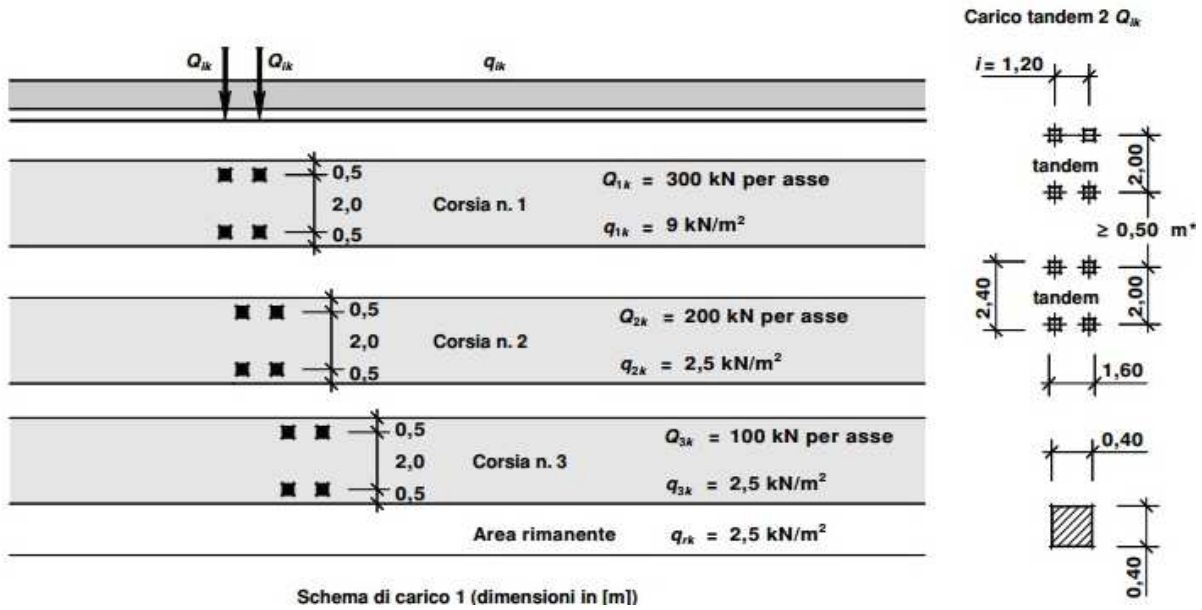
$$\sigma_t = \text{involuppo} \{ \sigma_1 ; \sigma_2 ; \sigma_3 ; \sigma_4 \} \quad \text{Involuppo tensioni litostatiche orizzontali}$$

9.4 EFFETTI AERODINAMICI DOVUTI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI

L'azione aerodinamica non è dimensionante per la struttura in esame, pertanto non è portata in conto nei calcoli.

9.5 AZIONI PROVENIENTI DAI CARICHI MOBILI

Per il calcolo dei carichi mobili sarà utilizzato lo **schema di carico 1**



Si considera una diffusione dei carichi su una striscia di larghezza unitaria fino all'asse medio della soletta superiore dello scatolare, considerando la condizione più sfavorevole in detta striscia.

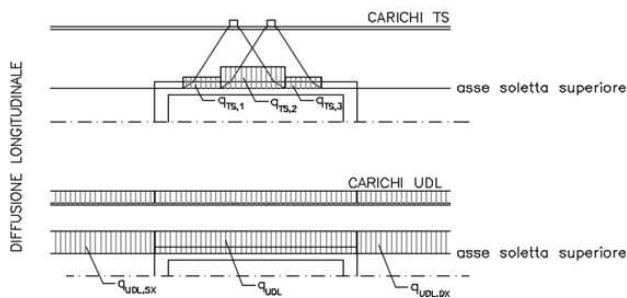
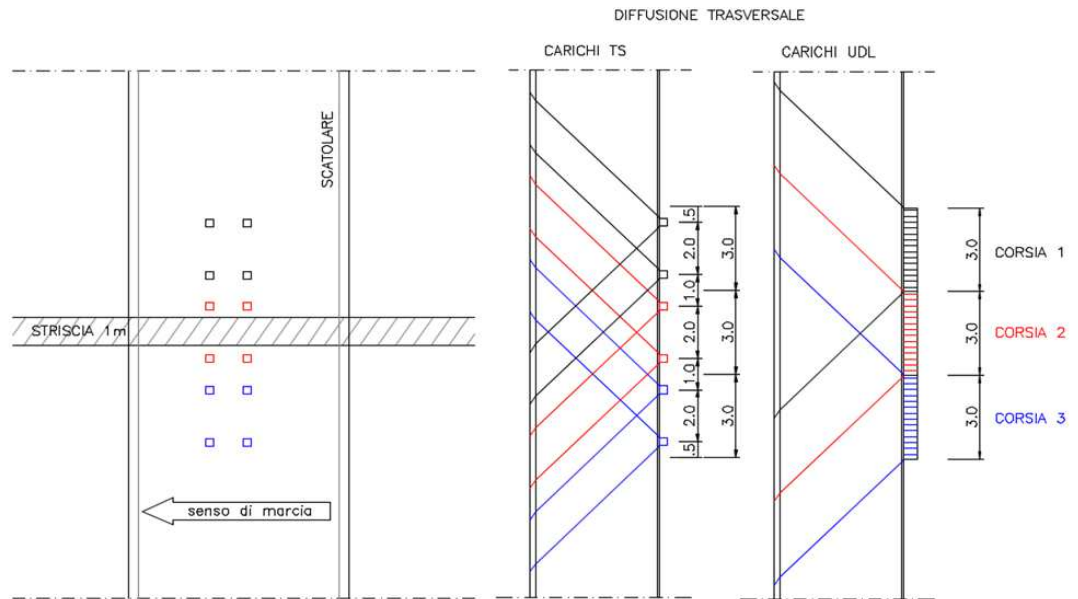
Diffusione

	$H_{dif,i}$ [m]	α [°C]	B_i [m]
Pavimentazione	0.12	45	0.12
Ricoprimento	1.34	30	0.77
spessore soletta superiore	0.45	45	0.45

Schema di carico 1

Larghezza carreggiata	10.5	[m]
Larghezza corsia	w	3
Numero corsie	n	3

Corsia 1	9	150
Corsia 2	2.5	100
Corsia 3	2.5	50





PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA
FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE

GA01 - Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest
 Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0z	10	D 26	CLGA0100001	A	23 di 139

Diffusione carico "Uniform Distributed Loads"

Diffusione totale carico trasversale $B_{diff,udl} = 5.69$ [m]

UDL _{diff} [kN/m ²]					
Corsia 1	4.75				
Corsia 2	1.32				
Corsia 3	1.32				
UDL	UDL(1)	UDL(2)	UDL(3)		
Sovrapposizione	4.75	1.32	0.00	1.0	0 m
1 [m] - Sovrapposizione	4.75	1.32	0.00	0.0	0 m
				6.0	
Carico diffuso in senso longitudinale				$q_{UDL} = 7$	[kN/m ²]

Diffusione carico "TANDEM SYSTEM"

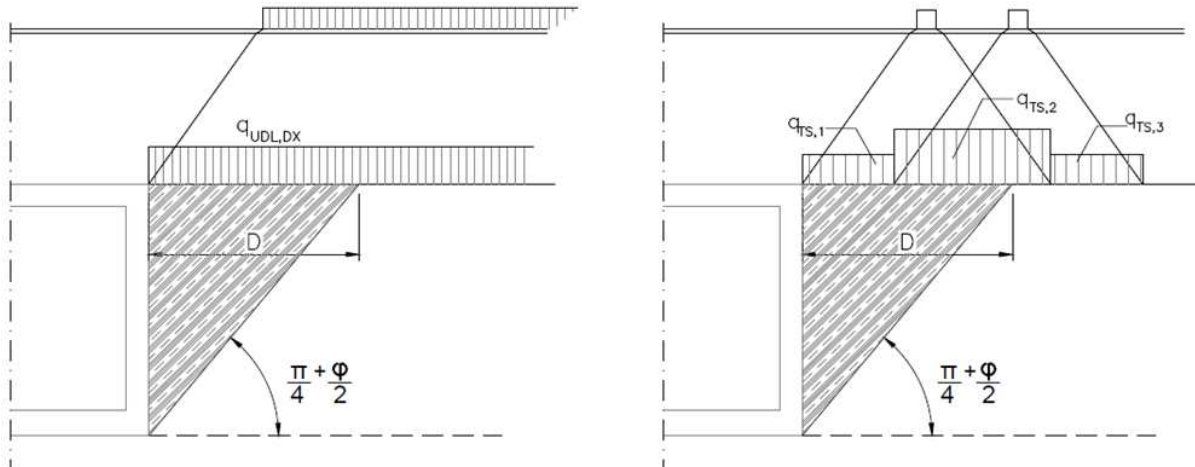
Diffusione totale carico trasversale $B_{diff,TS} = 3.09$ [m]

Impronta		TS _{diff} [kN/m ²]						
Corsia 1	0.4	x	0.4	48.59				
Corsia 2	0.4	x	0.4	32.39				
Corsia 3	0.4	x	0.4	16.20				
		TS(1)	TS(1)	TS(2)	TS(2)	TS(3)	TS(3)	
Sovrapposizione		48.59	9	32.39	0.00	0.00	0.00	0.09 [m]
1 [m] - Sovrapposizione		48.59	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91 [m]
Carico Diffuso in senso trasversale				$q_{TS} = 100.00$	[kN/m ²]			

Carico Diffuso in senso Longitudinale

	q_{TS} [kN/m]	B_L [m]
q_{TS1}	32.39	1.20
q_{TS2}	64.78	1.89
q_{TS3}	32.39	1.20

Diffusione carico su piedritti



Angolo diffusione

60 °

Altezza piedritto

H 9.00 [m]

Larghezza di carico incidente su piedritto

D 5.20 [m]

Carico distribuito su piedritto da UDL

q_{UDL} 6.07 [kN/m]

Carico distribuito su piedritto da TS

q_{TS} 46.65 [kN/m]

Carico distribuito su piedritto da variabile

q_{var} [kN/m]

Carico distribuito su piedritto totale

q_{tot} 52.72 [kN/m]

M1 M2 SLE

Tensioni
su
piedritto
da carico
UDL

$$\sigma_{UDL} = q_{UDL} \times k_0 = \begin{matrix} 3.03 & 3.52 & 3.03 \\ & & 23.3 \end{matrix} \text{ [kN/m]}$$

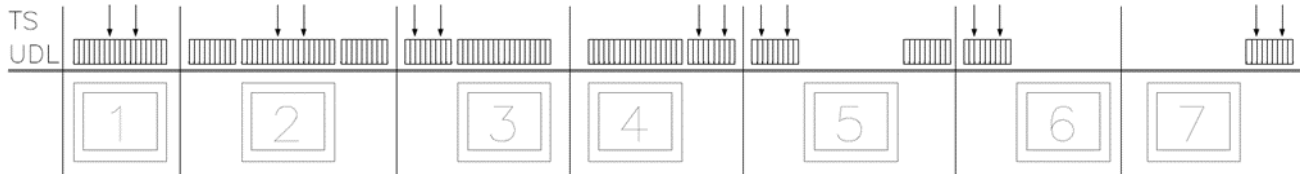
Tensioni su piedritto da carico TS

$$\sigma_{TS} = q_{TS} \times k_0 = \begin{matrix} 23.32 & 27.10 & 2 \end{matrix} \text{ [kN/m]}$$

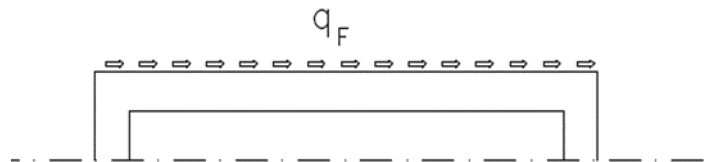
Tensioni su piedritto da carico variabile

$$\sigma_{var} = q_{var} \times k_0 = \begin{matrix} 0.00 & 0.00 & 0.00 \end{matrix} \text{ [kN/m]}$$

Gli effetti dei carichi mobili sono valutati adottando i seguenti schemi

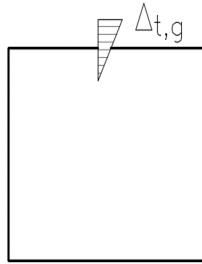
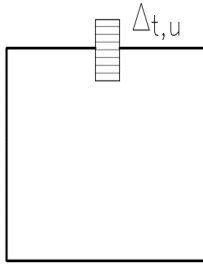


Frenatura NTC2008



Carico concentrato	Q_{1K}	300.0	[kN]
Carico distribuito	Q_{1K}	9.0	[kN/m ²]
Larghezza soletta superiore	L	12.5	[m]
Azione di frenatura	Q_3	393.8	[kN]
Larghezza diffusione	L_{dif}	3	[m]
Azione frenatura distribuita su soletta	$q_{fren} =$	$Q_3 / (L \times L_{dif})$	10.5 [kN/m]

9.6 AZIONI DA VARIAZIONI TERMICHE E RITIRO




Variazione termica uniforme

Variazione termica differenziale

Gradiente ritiro (UNI EN 1992-1-1)

Δt_u	15 [°C]
Δt_g	5 [°C/m]

Δt_r	8 [°C]
--------------	--------

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE					
	GA01 – Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest <i>Relazione di calcolo monolite</i>	COMMESSA NM0z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLGA0100001	REV. A

9.7 AZIONI SISMICHE

CARATTERISTICHE SISMICHE

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

vita nominale	V_N	75	anni
Classe d'uso		IV	
coefficiente d'uso	C_U	2	
periodo di riferimento per l'azione sismica	V_R	150	anni
Stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV			
probabilità di superamento nel periodo di riferimento	P_{VR}	10%	
Periodo di ritorno dell'azione sismica	T_R	1423.	
		7	anni

PARAMETRI CHE DEFINISCONO L'AZIONE SISMICA

accelerazione orizzontale massima al sito	a_g	0.726	$[m/s^2]$
accelerazione orizzontale massima al sito	a_g	0.074	[g]
coefficiente di amplificazione spettrale massima	F_0	2.648	
periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	T_C^*	0.305	[s]

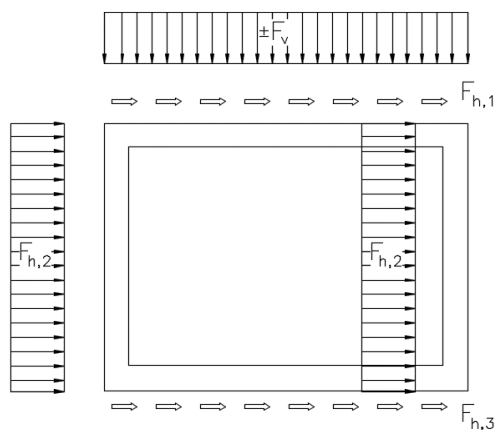
CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI STRATIGRAFICHE

Categoria di sottosuolo		C
coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_S	1.50
coefficiente di sottosuolo	C_C	1.55
Categoria topografica		T1
coefficiente di amplificazione topografica	S_T	1
$S_S \times S_T$	S	1.50
coefficiente di smorzamento viscoso	x	5%
$\sqrt{(10/(5+x))}$	h	1

PARAMETRI DI ANALISI

accelerazione orizzontale massima al sito	a_{max}	1.089	$[m/s^2]$
fattore di struttura	q	1	
coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_m	1	
coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.111	
coefficiente sismico verticale	k_v	0.056	

FORZE SISMICHE



Forze di inerzia orizzontali

$$F_h = k_h \times W$$

Forze di inerzia verticali

$$F_v = k_v \times W$$

Sisma H

Coefficiente influenza G2

$$\alpha_{G2} = 1 \quad []$$

Forza orizzontale superiore

$$F_{h1} = (PP_{SS} + \alpha_{G2}) \cdot k_h = 5.59 \quad [\text{kN/m}]$$

Forza orizzontale piedritti

$$F_{h2} = (PP_{Pl}) \cdot k_h = 2.78 \quad [\text{kN/m}]$$

Forza orizzontale inferiore

$$F_{h3} = (PP_{Sl}) \cdot k_h = 3.05 \quad [\text{kN/m}]$$

Sisma V

Forza verticale superiore

$$F_v = \pm (PP_{SS} \times \alpha_{G2}) \cdot k_v = 2.79 \quad [\text{kN/m}]$$

Incremento sismico secondo il metodo di wood

Spinta del terreno
rettangolare

$$\Delta S_E = \frac{\alpha_{max}/g \times \gamma_{f2} \times H_{tot}}{8} = \frac{18.9}{8} = 2.36 \quad [\text{kN/m/m}]$$

10 COMBINAZIONI DI CARICO

Combinazione massima spinta terreno

Spinta terreno M1 = Spinta terreno SLE

Spinta Terreno	$\sigma_{R,sx}$	$\sigma_{R,dx}$	$\sigma_{T,sx}$	$\sigma_{T,dx}$	$\sigma_{w,sx}$	$\sigma_{w,dx}$
Spinta Terreno C1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1
Spinta Terreno C2	0.333	0.33 3	0.333	0.333	1	1
Spinta Terreno C3	0.5	0.33 3	0.5	0.333	1	1
Spinta Terreno C4	0.333	0.5	0.333	0.5	1	1

Spinta terreno M2

Spinta Terreno	$\sigma_{R,sx}$	$\sigma_{R,dx}$	$\sigma_{T,sx}$	$\sigma_{T,dx}$	$\sigma_{w,sx}$	$\sigma_{w,dx}$
Spinta Terreno C1	0.581	0.58 1	0.581	0.581	1	1
Spinta Terreno C2	0.409	0.40 9	0.409	0.409	1	1
Spinta Terreno C3	0.581	0.58 1	0.581	0.581	1	1
Spinta Terreno C4	0.409	0.40 9	0.409	0.409	1	1

Combinazione massima Temperatura

Temperatura

Termica	T_u	T_d
Temp C1	1	0
Temp C2	-1	0
Temp C3	0	1
Temp C4	0	-1

Combinazione di verifica

SLU A1-M1	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	Temp.
-----------	-------------	--------------------	--------	----------------	-----------------	---------------	---------------	-----------	-------



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO –
PAVIA
FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE
EMANUELE

GA01 – Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest
Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0z	10	D 26	CLGA0100001	A	30 di 139

				"M1"	"M1"		"M1"		
SLU 1	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU 2	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	1.35	0.00	0.00	0.72
SLU 3	1.35	1.35	1.20	1.35	1.35	1.35	1.35	0.00	0.72
SLU 4	1.35	1.35	1.20	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00	0.72
SLU 5	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	1.35	1.35	0.00	0.72
SLU 6	1.35	1.35	1.20	1.35	1.35	0.00	1.35	0.00	0.72
SLU 7	1.35	1.35	1.20	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.72
SLU 8	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	0.00	1.35	0.00	0.72
SLU 9	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	1.01	0.00	1.35	0.72
SLU 10	1.35	1.35	1.20	1.35	1.01	1.01	1.01	1.35	0.72
SLU 11	1.35	1.35	1.20	1.35	1.01	1.01	0.00	1.35	0.72
SLU 12	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	1.01	1.01	1.35	0.72
SLU 13	1.35	1.35	1.20	1.35	1.01	0.00	1.01	1.35	0.72
SLU 14	1.35	1.35	1.20	1.35	1.01	0.00	0.00	1.35	0.72
SLU 15	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	0.00	1.01	1.35	0.72
SLU 16	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.35	0.00	0.00	0.72
SLU 17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	1.35	0.00	0.72
SLU 18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.72
SLU 19	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.35	1.35	0.00	0.72
SLU 20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	0.00	1.35	0.00	0.72
SLU 21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.72
SLU 22	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.35	0.00	0.72
SLU 23	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.01	0.00	1.35	0.72
SLU 24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.35	0.72
SLU 25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	0.00	1.35	0.72
SLU 26	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.01	1.01	1.35	0.72
SLU 27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	0.00	1.01	1.35	0.72
SLU 28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	0.00	0.00	1.35	0.72
SLU 29	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.01	1.35	0.72

SLU A2-M2	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno "M2"	Mobili sinistra "M2"	Mobili centro	Mobili destra "M2"	Frenatura	Temp.
SLU 30	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU 31	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	1.15	0.00	0.00	0.60
SLU 32	1.00	1.30	1.00	1.00	1.15	1.15	1.15	0.00	0.60
SLU 33	1.00	1.30	1.00	1.00	1.15	1.15	0.00	0.00	0.60
SLU 34	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	1.15	1.15	0.00	0.60
SLU 35	1.00	1.30	1.00	1.00	1.15	0.00	1.15	0.00	0.60
SLU 36	1.00	1.30	1.00	1.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.60
SLU 37	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.60
SLU 38	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.86	0.00	1.35	0.60
SLU 39	1.00	1.30	1.00	1.00	0.86	0.86	0.86	1.35	0.60
SLU 40	1.00	1.30	1.00	1.00	0.86	0.86	0.00	1.35	0.60
SLU 41	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.86	0.86	1.35	0.60
SLU 42	1.00	1.30	1.00	1.00	0.86	0.00	0.86	1.35	0.60
SLU 43	1.00	1.30	1.00	1.00	0.86	0.00	0.00	1.35	0.60
SLU 44	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.00	0.86	1.35	0.60
SLU 45	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.15	0.00	0.00	0.60
SLU 46	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	1.15	1.15	0.00	0.60
SLU 47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	1.15	0.00	0.00	0.60
SLU 48	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.15	1.15	0.00	0.60
SLU 49	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	0.00	1.15	0.00	0.60
SLU 50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.60
SLU 51	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.60
SLU 52	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.86	0.00	1.35	0.60
SLU 53	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.86	0.86	1.35	0.60
SLU 54	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.86	0.00	1.35	0.60
SLU 55	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.86	0.86	1.35	0.60
SLU 56	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.00	0.86	1.35	0.60
SLU 57	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.00	0.00	1.35	0.60
SLU 58	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.86	1.35	0.60

SISMICA/M2	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	Temp.	Sisma orizz.	Sisma vert.
SLU 59	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.30
SLU 60	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	-0.30

FREQ	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	Temp.
SLE 1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.50
SLE 2	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.75	0.00	0.50
SLE 3	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.50
SLE 4	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.50
SLE 5	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.00	0.75	0.00	0.50
SLE 6	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.50
SLE 7	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.50
SLE 8	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60

QUASI PERMANENTE	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	distorsioni
SLE 9	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50

RARA	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	Temp.
SLE 10	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50
SLE 11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.50
SLE 12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.50
SLE 13	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.50
SLE 14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.50
SLE 15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50
SLE 16	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.50
SLE 17	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60

11 SOLLECITAZIONI

Di seguito si riportano l'involuppo delle caratteristiche di sollecitazione ottenute sulla struttura. In appendice sono riportate le sollecitazioni per i vari casi di carico

11.1 STATO LIMITE ULTIMO

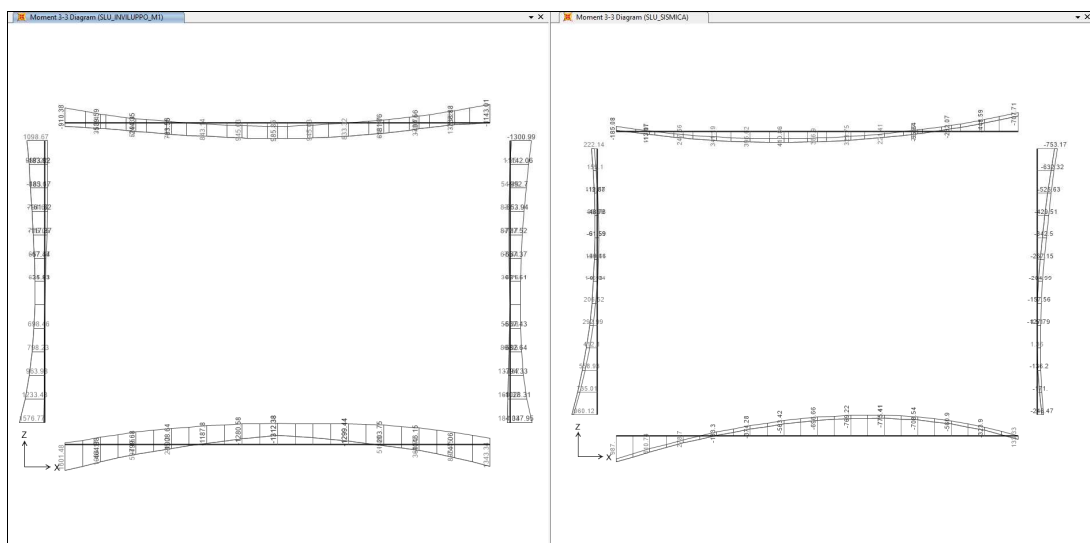


Figura 5: Involuppi Diagrammi Momenti

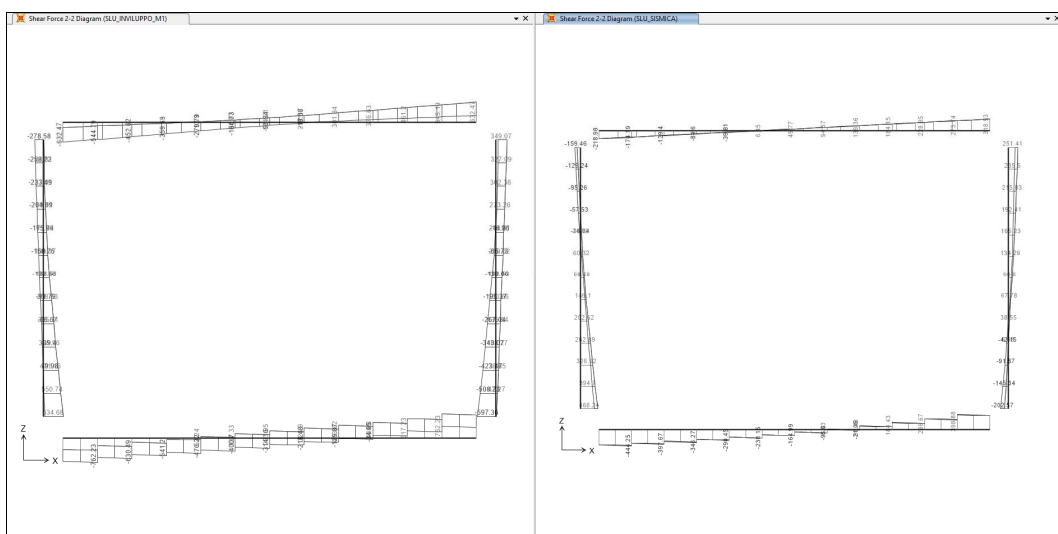


Figura 6: Involuppi Diagrammi Taglio

11.2 STATO LIMITE ESERCIZIO

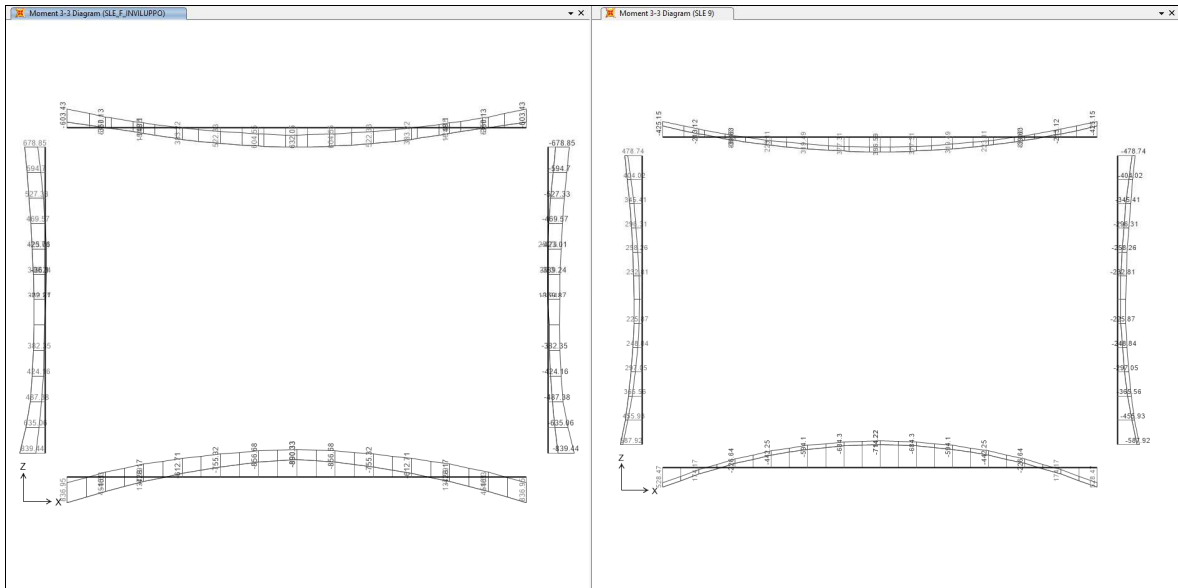


Figura 7: Involupi Diagramma Momenti

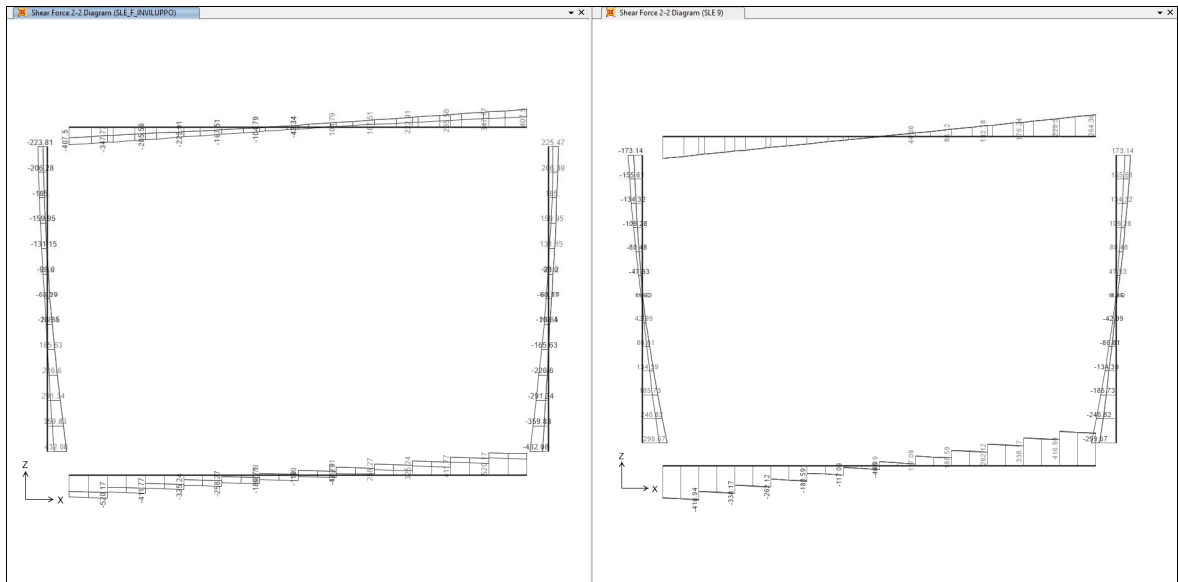
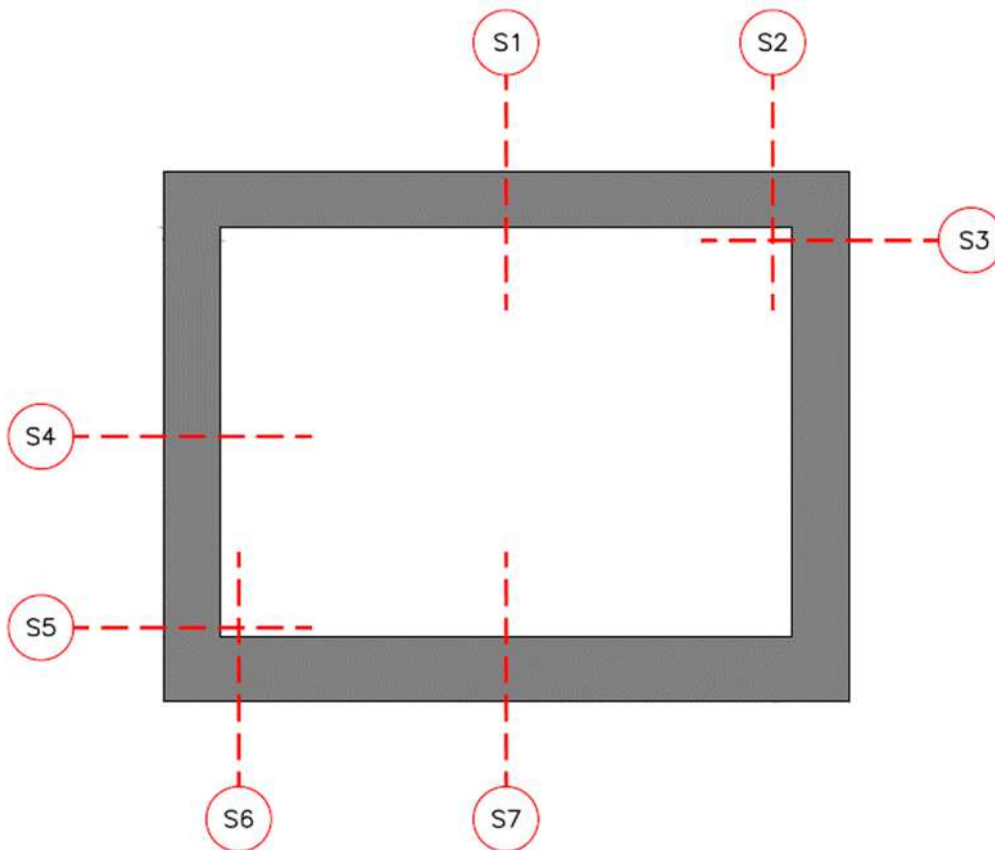


Figura 8: Involupi Diagrammi Taglio

Le sollecitazioni sono riportate per i casi di carico e per le combinazioni in forma tabellare in Appendice.

11.3 SEZIONI DI PROGETTO

Sezioni di verifica



Sollecitazioni

	Sollecitazioni SLE-FREQ				Sollecitazioni SLU-QP			
	Com b	M _{ed}	N _{ed}	V _{ed}	Com b	M _{ed}	N _{ed}	V _{ed}
S1 (M _{max})	SLE 1	632.0	- 115.6	43.3	SLE 9	396.6	- 119.4	0.0
S2 (M _{min})	SLE 3	- 338.0	- 243.5	- 263.0	SLE 9	- 425.1	- 192.8	- 264.4
S2 (M _{max})	SLE 6	- 184.7	- 168.5	- 239.1	SLE 9	- 297.3	- 119.4	- 264.4
S3 (M _{max})	SLE 2	- 678.9	- 497.7	110.7	SLE 9	- 478.7	- 337.2	105.6

S3 (N _{min})	SLE 7	-	-	201.5
		243.4	311.9	
S4 (M _{max})	SLE 1	369.9	452.5	11.9
S4 (M _{min})	SLE 5	-22.2	-402.3	34.7
S4 (N _{min})	SLE 7	18.9	399.4	-40.4
S5 (M _{max})	SLE 3	839.4	515.3	430.5
S5 (N _{min})	SLE 7	-	-	-
		742.9	486.9	334.9
S6 (M _{max})	SLE 3	317.1	260.7	398.6
S7 (M _{max})	SLE 1	-	-	35.2
		890.3	423.7	

SLE 9	221.5	424.7	8.2
SLE 9	77.8	424.7	-11.6
SLE 9	587.9	512.2	299.7
SLE 9	528.5	287.6	392.9
SLE 9	714.2	420.0	46.2

Sollecitazioni SLU-A1M1

	Comb	M _{ed}	N _{ed}	V _{ed}
S1 (M _{max})	SLU 2	985.9	-117.7	95.9
S1 (T _{max})	SLU 9	879.9	-119.4	134.2
S2 (M _{min})	SLU 10	-	-331.5	428.1
		1143.0		
S2 (M _{max})	SLU 28	226.2	-72.8	-163.9
S2 (T _{max})	SLU 2	-334.2	-117.7	632.5
S3 (M _{max})	SLU 10	-	-747.6	203.1
		1301.0		
S3 (N _{min})	SLU 28	113.0	-236.8	-23.3
S3 (T _{max})	SLU 13	-847.7	-521.1	349.1
S4 (M _{max})	SLU 2	631.5	-605.4	54.3
S4 (M _{min})	SLU 20	-35.8	-403.3	36.0
S4 (N _{min})	SLU 28	181.9	-324.3	186.2
S4 (T _{max})	SLU 14	269.8	-468.3	196.5
S5 (M _{max})	SLU 11	1576.8	-624.7	632.5
S5 (N _{min})	SLU 28	1302.3	-411.7	535.0
S5 (T _{max})	SLU 14	1542.3	-586.4	634.7
S6 (M _{max})	SLU 11	1601.5	-527.6	-572.7
S6 (T _{max})	SLU 3	369.0	-	-
		5	532.0	729.7

Sollecitazioni SLU-A2M2

	Comb	M _{ed}	N _{ed}	V _{ed}
SLU 31		835.4	-115.1	66.5
SLU 38		745.1	-116.6	107.6
SLU 40		-990.1	-329.9	422.5
SLU 57		145.1	-99.9	-177.5
SLU 38		-658.8	-191.0	530.6
SLU 39		-	-631.8	201.6
		1077.7		
SLU 57		36.5	-250.4	-48.1
SLU 42		-879.1	-472.9	326.3
SLU 31		510.1	-519.5	12.4
SLU 49		-79.4	-390.4	58.0
SLU 57		131.8	-337.9	158.0
SLU 40		-116.6	-596.5	162.9
SLU 40		1257.2	-510.3	537.2
SLU 57		1180.9	-425.3	542.0
SLU 57		1180.9	-425.3	542.0
SLU 40		1291.6	-503.4	-485.6
SLU 32		457.7	-443.9	-589.8

		6	5
S7 (M _{max})	SLU 2	-	-
		1312.4	-500.2 -16.3
S7 (T _{max})	SLU 5	-880.6	-409.8 233.9

SLU 31		-	-
		1072.1	-424.2 32.5
SLU 34		-705.4	-374.5 160.7

Sollecitazioni SLU-SISMICA

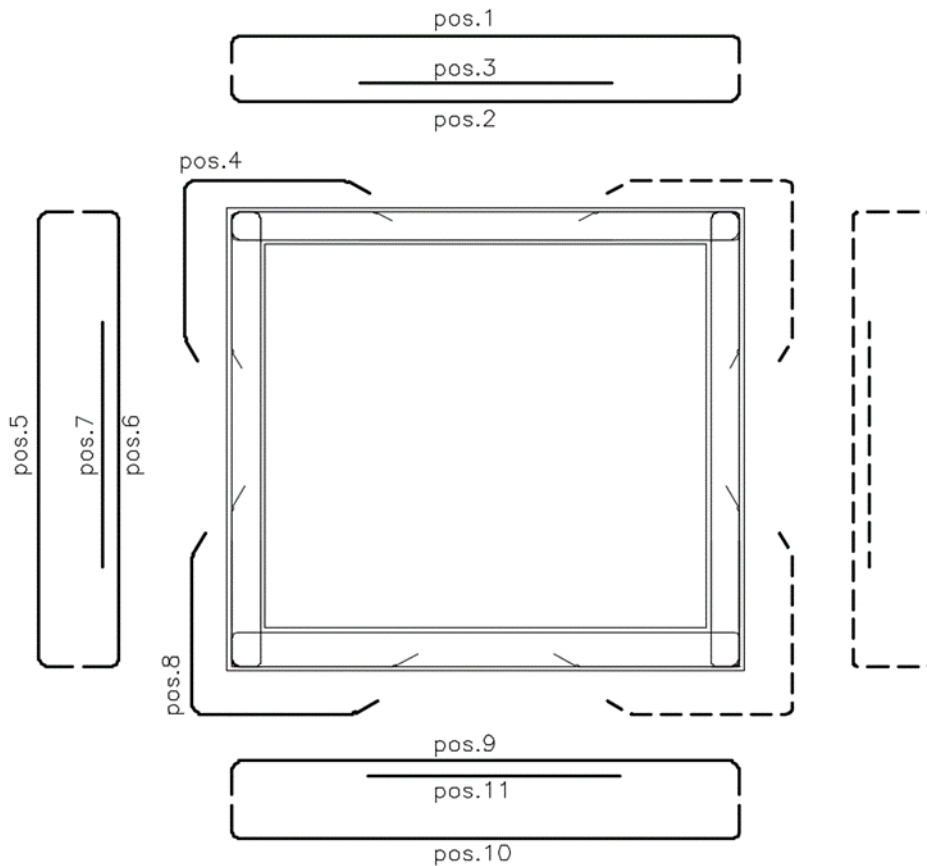
	Comb	M _{ed}	N _{ed}	V _{ed}
S1 (M _{max})	SLU 59	386.9	-160.2	49.8
S1 (T _{max})	SLU 59	386.9	-160.2	49.8
S2 (M _{min})	SLU 59	-707.7	-263.0	318.5
S2 (M _{max})	SLU 60	-47.8	-130.3	-210.2
S2 (T _{max})	SLU 59	-579.9	-189.6	318.5
S3 (M _{max})	SLU 59	-753.2	-392.2	183.8
S3 (N _{min})	SLU 60	208.6	-282.2	-91.3
S3 (T _{max})	SLU 59	-656.0	-392.2	251.4
S4 (M _{max})	SLU 59	-61.3	-479.7	99.6
S4 (M _{min})	SLU 60	-193.5	-469.2	79.2
S4 (N _{min})	SLU 60	134.6	-369.7	98.6
S4 (T _{max})	SLU 59	-61.3	-479.7	99.6
S5 (M _{max})	SLU 59	960.1	-467.6	465.6
S5 (N _{min})	SLU 60	950.7	-457.1	466.2
S5 (T _{max})	SLU 60	950.7	-457.1	466.2
S6 (M _{max})	SLU 59	987.0	-442.7	-417.0
S6 (T _{max})	SLU 59	865.5	-575.6	-420.2
S7 (M _{max})	SLU 59	-775.4	-412.4	88.5
S7 (T _{max})	SLU 60	-680.1	-453.6	-71.5

Sollecitazioni SLU

	Comb	M _{ed}	N _{ed}	V _{ed}
SLU 2		985.9	-117.7	95.9
SLU 9		879.9	-119.4	134.2
SLU 10		-	-	-
		1143.0	-331.5	428.1
SLU 28		226.2	-72.8	-163.9
SLU 2		-334.2	-117.7	632.5
SLU 10		-	-	-
		1301.0	-747.6	203.1
SLU 28		113.0	-236.8	-23.3
SLU 13		-847.7	-521.1	349.1
SLU 2		631.5	-605.4	54.3
SLU 60		-193.5	-469.2	79.2
SLU 60		134.6	-369.7	98.6
SLU 14		269.8	-468.3	196.5
SLU 11		1576.8	-624.7	632.5
SLU 60		950.7	-457.1	466.2
SLU 14		1542.3	-586.4	634.7
SLU 11		1601.5	-527.6	-572.7
SLU 3		369.0	-532.1	-729.8
SLU 2		-	-	-
		1312.4	-500.2	-16.3
SLU 5		-880.6	-409.8	233.9

12 VERIFICHE

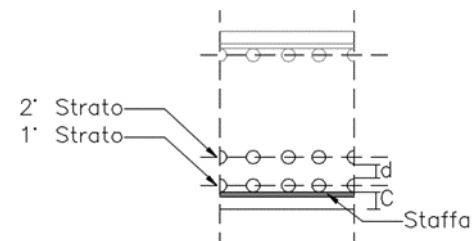
Schema armature



	Copriferro C[mm]	Staffa ϕ [mm]	Distanziatori d[mm]
Soletta superiore	50	14	20
Soletta inferiore	50	14	20
Piedritti	50	14	20

Armatura

pos	Strato 1		+	Strato 2		in 2°strato
	n°/ml	ϕ [mm]		n°/ml	ϕ [mm]	
1	5	20	+	0	0	NO
2	7.5	26	+	0	0	NO
3	5	26	+	0	0	NO
4	5	26	+	0	0	NO





PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA
FASE 1 – QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE

GA01 – Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest
Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0z	10	D 26	CLGA0100001	A	39 di 139

	5	5	26	+	0	0	NO
Piedritti	6	5	20	+	0	0	NO
	7	0	0	+	0	0	NO
	8	5	26	+	0	0	NO
	9	5	26	+	0	0	NO
Solette Inferiore	10	5	26	+	0	0	NO
	11	5	26	+	0	0	NO

12.1 SLU – FLESSIONE E PRESSOFLESSIONE

b_w	Larghezza sezione
h_{sez}	Altezza sezione
$A'_{s,tesa}$	Area armatura tesa
d	Altezza utile sezione
$A'_{s,comp}$	Area armatura compressa
N_{ed}	Sforzo normale
M_{ed}	Momento flettente
M_{rd}	Momento Resistente

	b_w	h_{sez}	$A'_{s,tesa}$	d	$A'_{s,comp}$	N_{ed}	M_{ed}	M_{rd}	M_{ed}/M_{rd}	
	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[-]	
S1 (Mmax)	1000	900	6636.6	823.0	1570.8	0.0	985.9	1978.9	0.50	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	1000	900	4225.4	824.1	3982.0	0.0	1143.0	1289.7	0.89	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	1000	900	3982.0	823.0	1570.8	0.0	226.2	1216.5	0.19	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	1000	1000	5309.3	923.0	1570.8	747.6	1301.0	2107.9	0.62	Verifica Soddisfatta
S3 (Nmin)	1000	1000	5309.3	923.0	1570.8	236.8	113.0	1906.0	0.06	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	1000	1000	2654.6	923.0	1570.8	605.4	631.5	1189.1	0.53	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	1000	1000	1570.8	926.0	2654.6	469.2	193.5	772.0	0.25	Verifica Soddisfatta
S4 (Nmin)	1000	1000	1570.8	926.0	2654.6	369.7	134.6	729.1	0.18	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	1000	1000	5309.3	923.0	1570.8	624.7	1576.8	2060.2	0.77	Verifica Soddisfatta
S5 (Nmin)	1000	1000	5309.3	923.0	1570.8	457.1	950.7	1994.3	0.48	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	1000	1100	5309.3	1023.0	2654.6	0.0	1601.5	2002.3	0.80	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	1000	1100	5309.3	1023.0	2654.6	0.0	1312.4	2002.3	0.66	Verifica Soddisfatta

Il massimo tasso di sfruttamento a flessione è 0.89.



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO –
PAVIA
FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE
EMANUELE

GA01 – Galleria artificiale di sottoattraversamento Tangenziale Ovest
Relazione di calcolo monolite

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0z	10	D 26	CLGA0100001	A	41 di 139

12.2 SLU - TAGLIO

ρ_l	Rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	$1+(200/d)^{1/2} \leq 2$
v_{min}	$0.035k^{3/2} f_{ck}$
σ_{cp}	Tensione media di compressione nella sezione
f_{ck}	Resistenza caratteristica cilindrica
f_{cd}	Resistenza di calcolo a compressione
f'_{cd}	Resistenza a compressione del cls ridotta
f_{yd}	Resistenza di progetto acciaio
$n^\circ\phi$	Numero armature trasversali
ϕ_d	Diametro armature trasversali
s	Interasse armature trasversali
A_{sw}	Area dell'armatura trasversale
α	Angolo di inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave
α_c	Coefficiente maggiorativo in elementi compressi
θ	Angolo di inclinazione puntone compresso rispetto asse trave
v_1	Coefficiente di riduzione resistenza a compressione cls
V_{Rsd}	Resistenza a taglio trazione
V_{Rcd}	Resistenza a taglio compressione
V_{ed}	Sforzo di taglio
V_{rd}	Resistenza a taglio

Senza elementi trasversali resistenti a taglio

	ρ_l	k	v_{min} [MPa]	σ_{cp} [MPa]	f_{ck} [MPa]	f_{cd} [MPa]	V_{ed} [kN]	V_{rd} [kN]	V_{ed}/V_{rd} [-]	
S1 (Tmax)	0.0	1.5	0.4	0.0	33.2	18.8	134.2	441.1	0.30	Verifica Soddisfatta
S2 (Tmax)	0.0	1.5	0.4	0.0	33.2	18.8	632.5	379.7	1.67	Inserire Armatura a Taglio
S3 (Tmax)	0.0	1.5	0.4	0.7	33.2	18.8	349.1	537.4	0.65	Verifica Soddisfatta
S4 (Tmax)	0.0	1.5	0.4	0.6	33.2	18.8	196.5	428.2	0.46	Verifica Soddisfatta
S5 (Tmax)	0.0	1.5	0.4	0.6	33.2	18.8	634.7	520.4	1.22	Inserire Armatura a Taglio
S6 (Tmax)	0.0	1.4	0.3	0.0	24.9	14.1	729.8	415.5	1.76	Inserire Armatura a Taglio
S7 (Tmax)	0.0	1.4	0.3	0.0	24.9	14.1	233.9	415.5	0.56	Verifica Soddisfatta

Con elementi trasversali resistenti a taglio

	$n^\circ\phi$ [-]	ϕ_d [mm]	s [mm]	A_{sw} [mm ²]	α [°]	α_c [-]	v_1 [mm]	f'_{cd} [mm]	f_{yd} [mm]	θ [mm]	cot θ [mm]
S2 (Tmax)	2.5	12	200	282.74	90.00	1.00	0.50	9.41	391.30	11.66	2.50
S5 (Tmax)	2.5	12	200	282.74	90.00	1.03	0.50	9.41	391.30	11.66	2.50
S6 (Tmax)	2.5	12	200	282.74	90.00	1.00	0.50	7.06	391.30	11.66	2.50

	V_{Rsd}	V_{Rcd}	V_{ed} [kN]	V_{rd} [kN]	V_{ed}/V_{rd} [kN]	
S2 (Tmax)	1025.8	2405.8	632.5	1025.8	0.62	Verifica Soddisfatta
S4 (Tmax)	797.8	2781.2	196.5	797.8	0.25	Verifica Soddisfatta
S6 (Tmax)	1273.3	2239.8	729.8	1273.3	0.57	Verifica Soddisfatta

Il massimo tasso di sfruttamento a taglio è 0.62

12.3 SLE - FESSURAZIONE

c	Ricoprimento armatura
s	Interasse barre tese
ϕ_{eq}	Diametro equivalente barre tese
k_1	Coefficiente di aderenza del cls alla barra
k_2	Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni
k_3	3.4
k_4	0.425
A_s	Area della sezione di acciaio nell'area $A_{c,eff}$
$h_{c,eff}$	Altezza efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura
$A_{c,eff}$	Area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	$A_s/A_{c,eff}$
$\Delta_{s,max}$	distanza media tra le fessure
σ_s	Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata
α_e	rapporto E_s/E_{cm}
k_t	Fattore dipendente dalla durata del carico
ϵ_{eq}	Deformazione unitaria media delle barre d'armatura
N	Sforzo normale
M	Momento flettente
w_d	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
w_{max}	Valore limite di apertura delle fessure

Criteria

Condizioni Ambientali	Aggressive
Armatura	Poco Sensibile

Stato limite di verifica

Combinazione frequente :	<i>Stato limite di apertura delle fessure</i>	w2	0.3	[mm]
Combinazione quasi permanente :	<i>Stato limite di apertura delle fessure</i>	w1	0.2	[mm]
Combinazione rara :	<i>Stato limite di apertura delle fessure</i>	w1	0.2	[mm]

12.3.1 (Stato limite di apertura delle fessure) - Combinazione Frequente

	c	s	ϕ_{eq}	k_1	k_2	k_3	k_4	A_s	$h_{c,eff}$	$A_{c,eff}$	ρ_{eff}	$\Delta_{s,max}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[]	[]	[]	[]	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	[]	[mm]
S1 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	6636.6	192.5	192500	0.03	298
S2 (Mmin)	50	100	23.391	0.8	0.5	3.4	0.425	4225.4	189.7	189712	0.02	349
S2 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	3982	192.5	192500	0.02	384
S3 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330
S3 (Nmin)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330
S4 (Mmax)	50	200	26	0.8	0.5	3.4	0.425	2654.6	192.5	192500	0.01	491
S4 (Mmin)	50	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	107.9	107884	0.01	404
S4 (Nmin)	50	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	104.0	104039	0.02	395
S5 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330
S5 (Nmin)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330
S6 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330
S7 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330

	$0.6 s_s / E_s$	σ_s	α_e	k_t	ϵ_{eq}
	[]	[MPa]	[]	[]	[]
S1 (Mmax)	0.0004	131.5	5.94	0.4	0.0004
S2 (Mmin)	0.0003	107.2	5.94	0.4	0.0003
S2 (Mmax)	0.0002	62.5	5.94	0.4	0.0002
S3 (Mmax)	0.0003	115.3	5.94	0.4	0.0003
S3 (Nmin)	1E-04	31.9	5.94	0.4	1E-04
S4 (Mmax)	0.0003	90.2	5.94	0.4	0.0003
S4 (Mmin)	-8E-06	2.7	5.94	0.4	-8E-06
S4 (Nmin)	-8E-06	2.7	5.94	0.4	-8E-06
S5 (Mmax)	0.0005	150.2	5.94	0.4	0.0005
S5 (Nmin)	0.0004	130.5	5.94	0.4	0.0004
S6 (Mmax)	0.0002	64.6	5.94	0.4	0.0002
S7 (Mmax)	0.0005	181.4	5.94	0.4	0.0006

Combinazione: Frequente

	N_{ed}	M_{ed}	w_d	w_{max}	w_d/w_{max}	
	[kN]	[MPa]	[mm]	[mm]	[-]	
S1 (Mmax)	0.0	632.0	0.13	0.3	0.44	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	0.0	338.0	0.11	0.3	0.37	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	0.0	184.7	0.07	0.3	0.24	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	497.7	678.9	0.11	0.3	0.38	Verifica Soddisfatta
S3 (Nmin)	311.9	243.4	0.03	0.3	0.11	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	452.5	369.9	0.13	0.3	0.44	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	402.3	22.2	0.00	0.3	-0.01	Verifica Soddisfatta
S4 (Nmin)	399.4	18.9	0.00	0.3	-0.01	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	515.3	839.4	0.16	0.3	0.54	Verifica Soddisfatta
S5 (Nmin)	486.9	742.9	0.13	0.3	0.43	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	0.0	317.1	0.06	0.3	0.21	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	0.0	890.3	0.21	0.3	0.71	Verifica Soddisfatta

12.3.2 (Stato limite di apertura delle fessure) - Combinazione Quasi Permanente

	c	s	ϕ_{eq}	k_1	k_2	k_3	k_4	A_s	$h_{c,eff}$	$A_{c,eff}$	ρ_{eff}	$\Delta_{s,max}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[]	[]	[]	[]	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	[]	[mm]
S1 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	6636.6	192.5	192500	0.03	298.2
S2 (Mmin)	50	100	23.391	0.8	0.5	3.4	0.425	4225.4	189.71	189712	0.02	348.5
S2 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	3982	192.5	192500	0.02	383.7
S3 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330.3
S4 (Mmax)	50	200	26	0.8	0.5	3.4	0.425	2654.6	192.5	192500	0.01	490.5
S4 (Mmin)	50	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	107.88	107884	0.01	403.5
S5 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330.3
S6 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330.3
S7 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330.3

	$0.6 s_s / E_s$	σ_s	α_e	k_t	ϵ_{eq}
	[]	[MPa]	[]	[]	[]
S1 (Mmax)	0.0002	82.5	5.94	0.4	0.0002
S2 (Mmin)	0.0004	134.8	5.94	0.4	0.0004
S2 (Mmax)	0.0003	100.7	5.94	0.4	0.0003
S3 (Mmax)	0.0002	82.3	5.94	0.4	0.0002
S4 (Mmax)	0.0001	33.8	5.94	0.4	0.0001
S4 (Mmin)	-3E-06	0.9	5.94	0.4	-3E-06
S5 (Mmax)	0.0003	93.9	5.94	0.4	0.0003
S6 (Mmax)	0.0003	107.7	5.94	0.4	0.0003
S7 (Mmax)	0.0004	145.5	5.94	0.4	0.0005

Combinazione: Quasi permanente

	N_{ed}	M_{ed}	w_d	w_{max}	w_d/w_{max}	
	[kN]	[MPa]	[mm]	[mm]	[kN]	
S1 (Mmax)	0.0	396.6	0.07	0.2	0.37	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	0.0	425.1	0.14	0.2	0.70	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	0.0	297.3	0.12	0.2	0.58	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	337.2	478.7	0.08	0.2	0.41	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	424.7	221.5	0.05	0.2	0.25	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	424.7	77.8	0.00	0.2	-0.01	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	512.2	587.9	0.09	0.2	0.46	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	0.0	528.5	0.11	0.2	0.53	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	0.0	714.2	0.15	0.2	0.77	Verifica Soddisfatta

12.3.3 (Stato limite di apertura delle fessure) - Combinazione Rara

	c	s	ϕ_{eq}	k_1	k_2	k_3	k_4	A_s	$h_{c,eff}$	$A_{c,eff}$	ρ_{eff}	$\Delta_{s,max}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[]	[]	[]	[]	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	[]	[mm]
S1 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	6636.6	192.5	192500	0.03	298.2
S2 (Mmin)	50	100	23.391	0.8	0.5	3.4	0.425	4225.4	189.71	189711.8959	0.02	348.5
S2 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	3982	192.5	192500	0.02	383.7
S3 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330.3
S4 (Mmax)	50	200	26	0.8	0.5	3.4	0.425	2654.6	192.5	192500	0.01	490.5
S4 (Mmin)	50	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	149.99	149993.2769	0.01	494.7
S5 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330.3
S6 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330.3
S7 (Mmax)	50	100	26	0.8	0.5	3.4	0.425	5309.3	192.5	192500	0.03	330.3

	$0.6 s_s / E$	σ_s	α_e	k_t	ϵ_{eq}
	[]	[MPa]	[]	[]	[]
S1 (Mmax)	0.0002	82.7	5.94	0.4	0.0002
S2 (Mmin)	0.0004	135.5	5.94	0.4	0.0004
S2 (Mmax)	0.0003	100.4	5.94	0.4	0.0003
S3 (Mmax)	0.0002	82.8	5.94	0.4	0.0002
S4 (Mmax)	0.0001	34.1	5.94	0.4	0.0001
S4 (Mmin)	-3E-06	0.9	5.94	0.4	-3E-06
S5 (Mmax)	0.0003	94.0	5.94	0.4	0.0003
S6 (Mmax)	0.0003	107.8	5.94	0.4	0.0003
S7 (Mmax)	0.0004	146.2	5.94	0.4	0.0005

Combinazione: Quasi permanente

	N_{ed}	M_{ed}	w_d	w_{max}	w_d/w_{max}	
	[kN]	[MPa]	[mm]	[mm]	[kN]	
S1 (Mmax)	0.0	397.5	0.07	0.2	0.37	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	0.0	427.4	0.14	0.2	0.71	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	0.0	296.5	0.12	0.2	0.58	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	337.2	480.8	0.08	0.2	0.41	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	424.7	222.3	0.05	0.2	0.25	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	424.7	77.3	0.00	0.2	-0.01	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	512.2	588.4	0.09	0.2	0.47	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	0.0	528.8	0.11	0.2	0.53	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	0.0	717.4	0.16	0.2	0.78	Verifica Soddisfatta

Il massimo tasso di sfruttamento a fessurazione è 0.78

13 APPENDICE: SOLLECITAZIONI

