

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

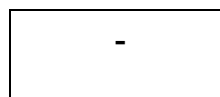
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO

COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE – PRG E ACC DEL P.M.
CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

Relazione di calcolo tombino ferroviario

SCALA:



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

I Z 0 9 0 0 D 2 6 C L I N 0 1 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	F. Serrau	Sett. 2019	C. Laporta	Sett. 2019	S. Lo Presti	Sett. 2019	F. Sacchi Sett. 2019

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD
Dott. Ing. Francesco Sacchi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
n. 2312/S-19-A

File: IZ0900D26CLIN0100002A

n. Elab.:

INDICE

1	INTRODUZIONE	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
3	PARAMETRI GEOTECNICI	7
	3.1 Stratigrafia di progetto.....	7
4	MATERIALI	8
	4.1 Calcestruzzo.....	8
	4.2 Acciaio da armatura ordinaria.....	9
5	CODICE DI CALCOLO	10
6	MODELLO DI CALCOLO – tombino ferroviario.....	11
	6.1 Geometria	11
	6.2 Modellazione dell’interazione suolo-struttura	14
7	ANALISI DEI CARICHI	15
	7.1 Peso proprio della struttura (PP).....	15
	7.2 Carichi permanenti portati (PERM).....	15
	7.3 Ballast e Spinte Ballast sui piedritti (BALLAST & SPBSX & SPBDX)	15
	7.4 Spinta sulle pareti dovuta al terreno (SPTSX e SPTDX).....	17
	7.5 Carichi ferroviari soprastanti (ACC1/ACC2)	18
	7.6 Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico <i>LM71</i> (SASX e SADX / SASXLM71)	21
	7.7 Azione di frenatura e avviamento (AVV).....	22
	7.8 Azioni indotte dalle variazioni termiche (TERM)	23
	7.9 Ritiro (RITIRO)	23
	7.10 Azioni sismiche.....	23

7.10.1	Sovraspinta sismica del terreno (SISX).....	25
7.10.2	Forze inerziali (INERZIEH e SISVER)	26
8	COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni	29
9	Verifiche 36	
9.1	Verifiche a flessione	36
9.1.1	Sezione 1	36
9.1.2	Sezione 2	42
9.1.3	Sezione 3	47
9.1.4	Sezione 4	53
9.1.5	Sezione 5	59
9.1.6	Sezione 6	65
9.1.7	Sezione 7	71
9.2	Verifica a deformazione soletta superiore	76
10	Riepilogo armature – scatolare	78
11	MODELLO DI CALCOLO – muro di imbocco.....	79
12	ANALISI DEI CARICHI	81
12.1	Peso proprio (PP)	81
12.2	Spinta sulle pareti dovuta al terreno (SPTSX e SPTDX).....	81
12.3	Spinta del sovraccarico accidentale traffico (SASX).....	82
12.4	Sovraspinta sismica del terreno (SISX e SIDX)	83
12.5	Forze sismiche orizzontali e verticali (INERZIEH & SISVER).....	84
13	COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni	85
14	Verifiche 90	

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	4 di 132

14.1	Verifiche a flessione.....	90
14.1.1	Sezione 1	90
14.1.2	Sezione 2	96
15	Riepilogo armature – muro ad u	102
16	PLATEA DI VARO E MURO REGGISPINTA	103
16.1	Azioni e sollecitazioni.....	103
16.2	Riepilogo armature.....	116
16.3	Calcolo dell’armatura orizzontale del muro reggispinta.....	117
16.4	Riepilogo armature muro reggispinta.....	125
17	VERIFICA CORDOLO BARRIERA FONOASSORBENTE.....	126

1 INTRODUZIONE

Le opere di sottoattraversamento esistenti della sede ferroviaria da parte del canale irriguo Roggia Palma (ponte ad arco in muratura su binario in esercizio e ponte in c.a. su binario tronco dismesso) risultano inadeguate rispetto all'assetto dei binari di progetto, dovendosi la sede allargare in questo punto. Si prevede pertanto la realizzazione di un nuova opera di sottoattraversamento.

Nel presente elaborato sono riportati i criteri progettuali e le verifiche strutturali seguiti per il dimensionamento e le verifiche di resistenza del primo scatolare IN01 – tombino ferroviario e la propria opera di varo.

Lo scatolare ha uno sviluppo longitudinale complessivo pari a circa 38 m ed è suddiviso in tre conci:

il primo concio di lunghezza 9.00 m verrà realizzato fuori sede e successivamente sarà spinto sotto binari e altri due conci rispettivamente 7.52 m e 22.03 m gettati in opera.

Il monolite ha una sezione scatolare a due canne con dimensioni interne nette della singola canna $B \times H = 2.50 \times 2.25$ m. Soletta superiore ha uno spessore di 30 cm, piedritti e soletta inferiore, hanno uno spessore di 40 cm.

Il ricoprimento dello scatolare rispetto al binari di progetto è pari a 0.75 m.

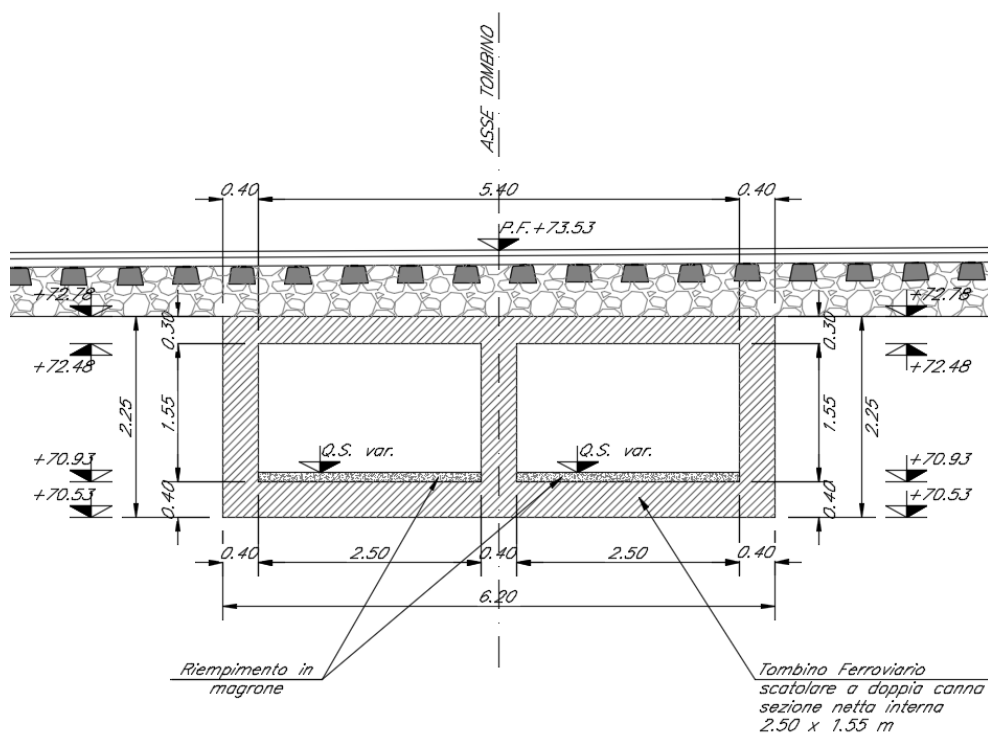


Figura 1: Sezione trasversale- tombino ferroviario

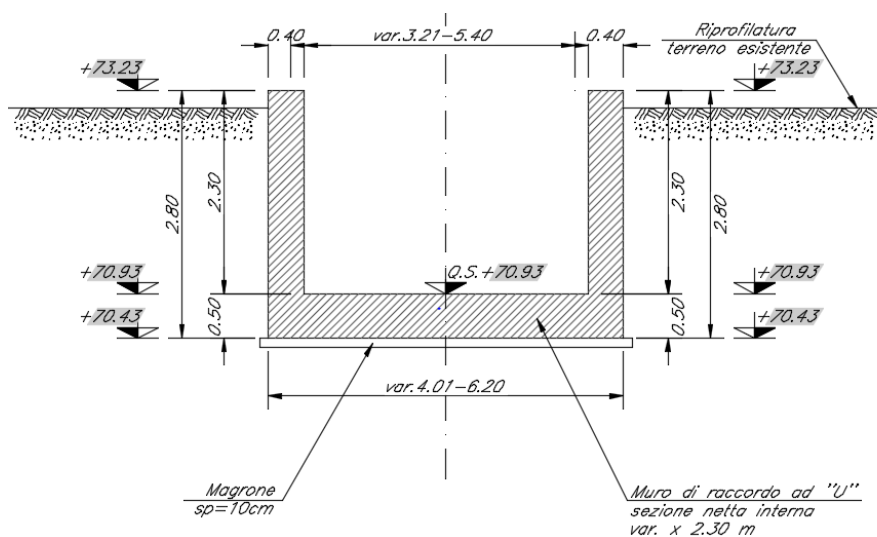


Figura 2: Sezione trasversale- muro di imbocco

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086: *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- D.M. del 17.01.2018 “*Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*” (NTC 2018)
- Circolare del 21.01.2019 contenente le istruzioni per le l’applicazione delle “*Nuove norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. del 17.01.2018
- *Manuale di progettazione RFI DTC SI PS MA IFS 001 C PARTE II – SEZIONE 2;*
- *Manuale di progettazione RFI DTC SI CS MA IFS 001 C PARTE II – SEZIONE 3;*
- EN 1991-2 “*Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: carichi da traffico sui ponti*”.
- EN 1992-1 “*Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici*”.
- EN 1992-1 “*Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 2: ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi*”.
- EN 1997-1 “*Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica- Parte 1: Regole generali*”.
- Regolamento (UE) n.1299/2014 del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “*infrastruttura*” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	7 di 132

3 PARAMETRI GEOTECNICI

3.1 Stratigrafia di progetto

Terreno di fondazione

Descrizione: Sabbia limosa /limo sabbioso 0.00 ÷ -1.5m

- Peso per unità di volume $\gamma_{\text{nat}} = 18 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito efficace $\Phi' = 32^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0 \text{ kPa}$
- Modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni $E_0 = 25 \text{ Mpa}$

Descrizione: Ghiaia sabbiosa con ciottoli -1.5m ÷ 30.00 m

- Peso per unità di volume $\gamma_{\text{nat}} = 20 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito efficace $\Phi' = 38^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0 \text{ kPa}$
- Modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni $E_0 = 65 \text{ Mpa}$

Terreno di fondazione

ID	Descrizione	z iniz (m da p.c.)	z fin (m da p.c.)	Spessore (m)	z media (m da p.c.)	Densità relativa Dr (%)	Peso dell'unità di volume γ (kN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio ϕ'	Coeseione efficace c' (MPa)	Modulo elastico di Young Eop (MPa)
1	Sabbia limosa /limo sabbioso	0	1,5	1,5	0,75	40	18	32	0	25 (*)
2	Ghiaia sabbiosa con ciottoli	1,5	30	28,5	14,25	75	20	38(**)	0	65
NOTE	(*) Da prove geofisiche									
	(**)Valore cautelativo definito sulla base delle prove in sito									

La presenza della falda non viene considerata poiché, trovandosi a quota +39.20 m s.l.m. non interferisce col regime di sforzi indotto dall'opera in progetto.

Per la spinta sui piedritti si è fatto riferimento al materiale proveniente dagli scavi associandogli le seguenti caratteristiche:

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	8 di 132

Angolo di attrito $\varphi' = 35^\circ$

Coesione $c' = 0$

peso unità di volume $\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$

4 MATERIALI

4.1 Calcestruzzo

- SOLETTA SUPERIORE -TOMBINO

Classe C32/40

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 18.13 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_{cm} = 33 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = : XC4-XF3-XA1

Calcestruzzo tipo E

Copriferro minimo = 50mm

- PIEDRITTI -TOMBINO

Classe C32/40

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 18.13 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_{cm} = 33 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = : XC4-XF2-XD1-XA1

Calcestruzzo tipo E

Copriferro minimo = 50mm

- FONDAZIONE - TOMBINO

Classe C30/37

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 17 \text{ MPa}$

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	9 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Modulo elastico $E_{cm} = 33 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = XC2-XA1

Calcestruzzo tipo E

Copriferro minimo = 50 mm

- **MURO DI IMBOCCO**

Classe C25/30

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.17 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = XC2

Calcestruzzo tipo G2

Copriferro minimo = 40 mm

- **MAGRONE:**

Classe C12/15

Classe di esposizione = X0

- **OPERA DI VARO**

Classe C25/30

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.17 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = XC2

Calcestruzzo tipo G2

Copriferro minimo = 40 mm

4.2 Acciaio da armatura ordinaria

Acciaio tipo B450 C

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	10 di 132

Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk}/1.15 = 391 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_s = 200 \text{ GPa}$

5 CODICE DI CALCOLO

Per le analisi delle strutture è stato utilizzato il software Sap 2000 prodotto, distribuito ed assistito da Computers and Structures, Inc. 1995 University Ave. Berkeley.

SAP2000 è un programma di calcolo agli elementi finiti pensato fondamentalmente per l'ingegneria civile. Ha caratteristiche molto versatili, tanto da rientrare nella categoria dei programmi cosiddetti "generalisti", capaci cioè di analizzare strutture con caratteristiche molto diverse tra loro.

Le unità di misura adottate sono le seguenti:

- lunghezze: m
- forze: kN
- masse: kN massa
- temperature: gradi centigradi °
- angoli: gradi sessadecimali.

6 MODELLO DI CALCOLO – TOMBINO FERROVIARIO

6.1 Geometria

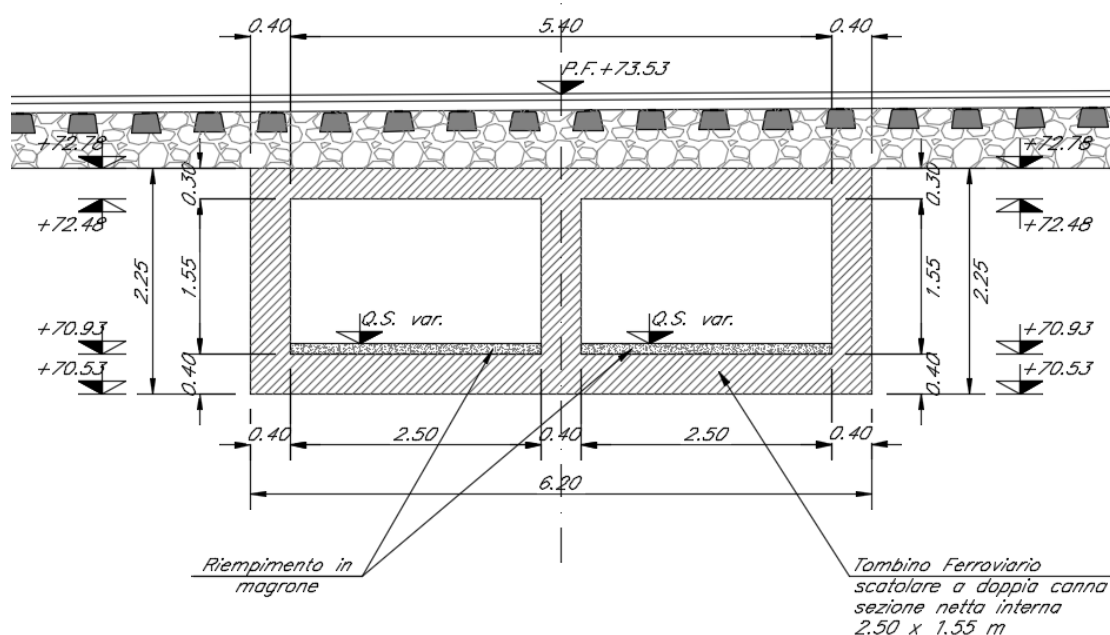


Figura 3: Geometria dell'opera

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Larghezza totale	L _{tot}	6.20	m
Larghezza utile	L _{int}	5.00	m
Larghezza interasse	L _a	5.80	m
Spessore soletta superiore	S _s	0.30	m
Spessore piedritti	S _p	0.40	m
Spessore fondazione	S _f	0.40	m
Altezza totale	H _{tot}	2.25	m
Altezza libera	H _{int}	1.55	m
Spessore pavimentazione stradale superiore	H _p	0.00	m
Spessore medio del ballast (armamento ferroviario)	H _b	0.75	m
Spessore rinterro superiore	H _r	0.00	m
Spessore pavimentazione stradale interna		0.00	m
Spessore rinterro inferiore (medio)	H _{Rinf}	0.05	m

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	12 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Le analisi per il calcolo delle sollecitazioni agenti sono state condotte su una “fetta” di struttura di 1.00 m.

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello di telaio piano chiuso che poggia su un letto di molle alla Winkler.

Nella modellazione vengono impiegati elementi finiti di tipo trave a 6 GL, che ovviamente nell’analisi 2D condotta (telaio piano) si riducono a 3. Ai suddetti elementi sono assegnate le caratteristiche inerziali della struttura reale derivanti dalle proprietà dei materiali e dalla geometria della sezione.

La geometria del modello ricalca la linea baricentrica degli elementi costituenti l’opera (modello in asse), pertanto alle intersezioni delle aste viene applicato un offset rigido che tiene conto delle dimensioni effettive delle sezioni degli elementi, in modo da tener conto delle effettive luci della struttura.

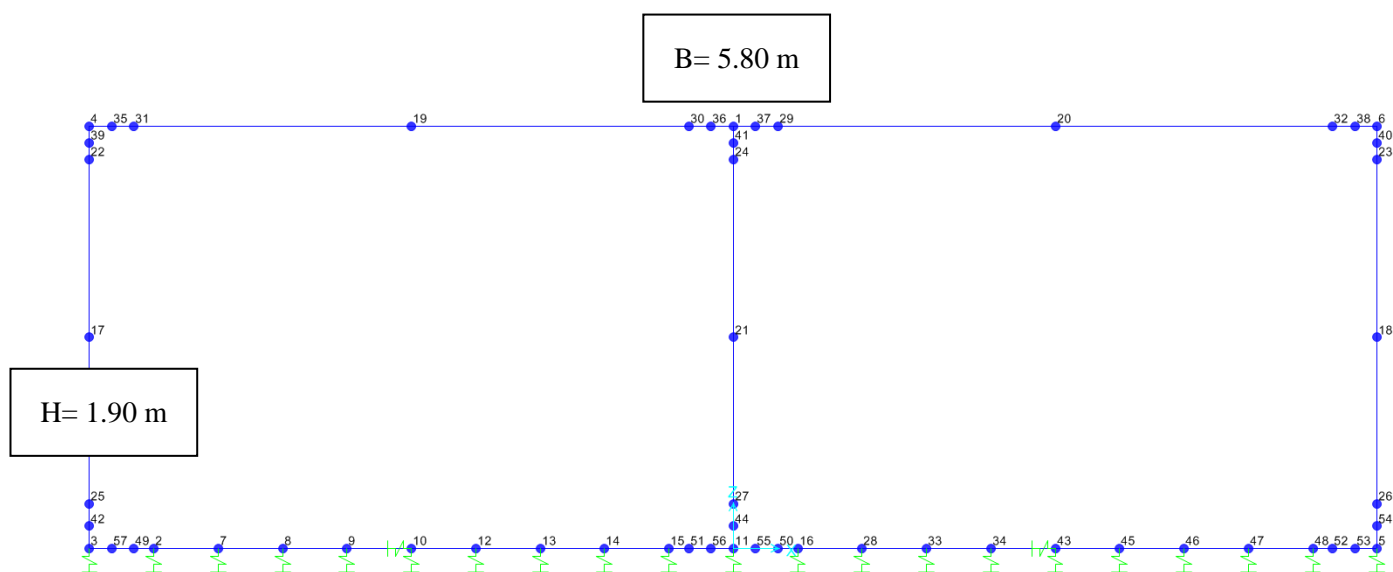


Figura 4: Numerazione dei nodi nel modello strutturale

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	13 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

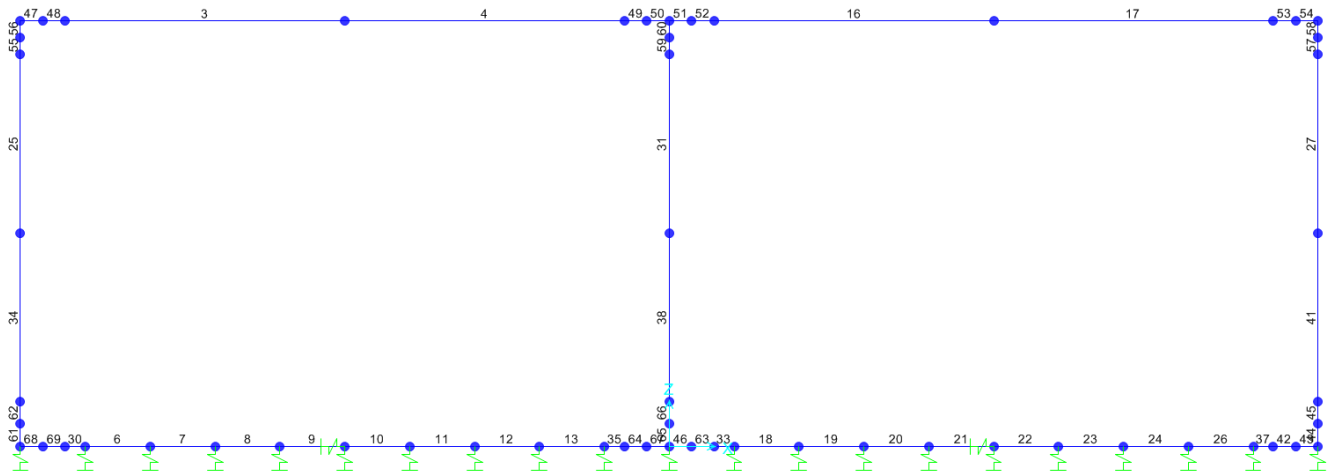


Figura 5: Numerazione dei frame nel modello strutturale

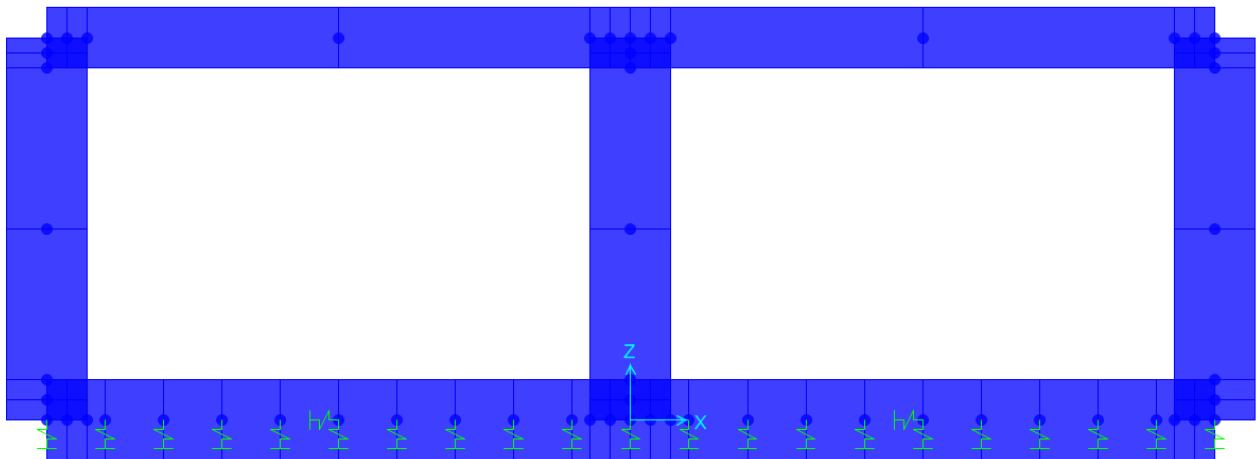


Figura 6: Vista estrusa del modello strutturale

6.2 Modellazione dell'interazione suolo-struttura

Si assume un valore del modulo di reazione verticale del terreno $K_s = 25616 \text{ kN/m}^3$, in base al quale ricavano i valori delle singole molle.

Terreno di fondazione

Modulo di Young	E	65000,00	kN/m^2
numero di molle	n	11,00	per unità di lunghezza
costante molla	kv	25616	kN/m^3 (Vogt)
distanza intradosso fondazione da p.c.		3,00	m

Secondo le indicazioni contenute nel manuale di progettazione RFI, la soletta inferiore viene suddivisa in 10 elementi di pari lunghezza per ogni cana, ossia 11 nodi per ogni cana e 21 nodi in totale per il scatolare, ai quali sono assegnate le seguenti molle verticali. Considerata la profondità unitaria del modello $B=1,0\text{m}$, si ha:

I valori delle 5 molle centrali per ogni cana :

$$\begin{aligned}
 K_{\text{centrale}} &= K_s * (L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10 \\
 &= 25616 * (0.40/2 + 2.50 + 0.40/2) \\
 &= 7428 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K_5 = K_3 = K_{11} = 2 * K_s * [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10/2 + (L_p/2)] = 17674.74 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi rimanenti come da letteratura si assumono:

$$K_2 = K_7 = K_{14} = K_{15} = K_{16} = K_{28} = K_{47} = K_{48} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 11142 \text{ kN/m}$$

7 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

7.1 Peso proprio della struttura (PP)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il c.a. $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$. Il peso proprio viene automaticamente calcolato dal programma in base alle dimensioni delle sezioni degli elementi.

7.2 Carichi permanenti portati (PERM)

Assente il ricoprimento escluso ballast. Tutto il ricoprimento sopra la soletta superiore è dovuta alla presenza dell'armamento ferroviario.

7.3 Ballast e Spinte Ballast sui piedritti (BALLAST & SPBSX & SPBDX)

Sul solettone superiore si considera uno spessore di ballast compresa la traversina pari a $s_{ball} = 0.75$ con peso di unità di volume $\gamma_{bal} = 18.00 \text{ kN/m}^3$. Il carico del ballast sulla soletta superiore è pari a :

$$P_b = 0.75 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3 = 13.50 \text{ kN/m}^2$$

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 4 e 6 la parte del peso del ballast esercitata su 1/2 spessore dello piedritto sinistro e destro.

Peso semi spessore pied. sin. & dest.

$$F_{b_{4,6}} = 2.7 \text{ kN}$$

Ai lati dello scatolare si ha un carico orizzontale uniformemente distribuito sui piedritti dovuto alla spinta del ballast di intensità $p_b = k_0 q_{ballast} = 5.75 \text{ kN/m}$.

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 3,4 e 5, 6 la parte di spinta del ballast esercitata su 1/2 spessore della soletta sup. e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

Spinta semi spessore sol. sup.

$$F_{b_{4,6}} = 0.8625 \text{ kN}$$

Spinta semi spessore sol. inf.

$$F_{b_{3,5}} = 1.15 \text{ kN}$$

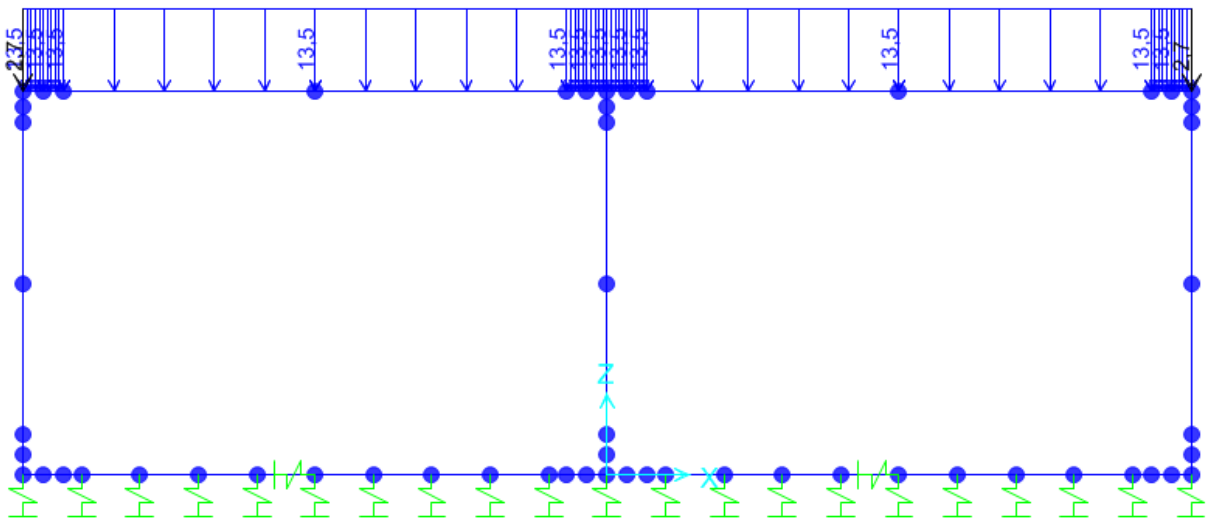


Figura 7: Carico verticale ballast

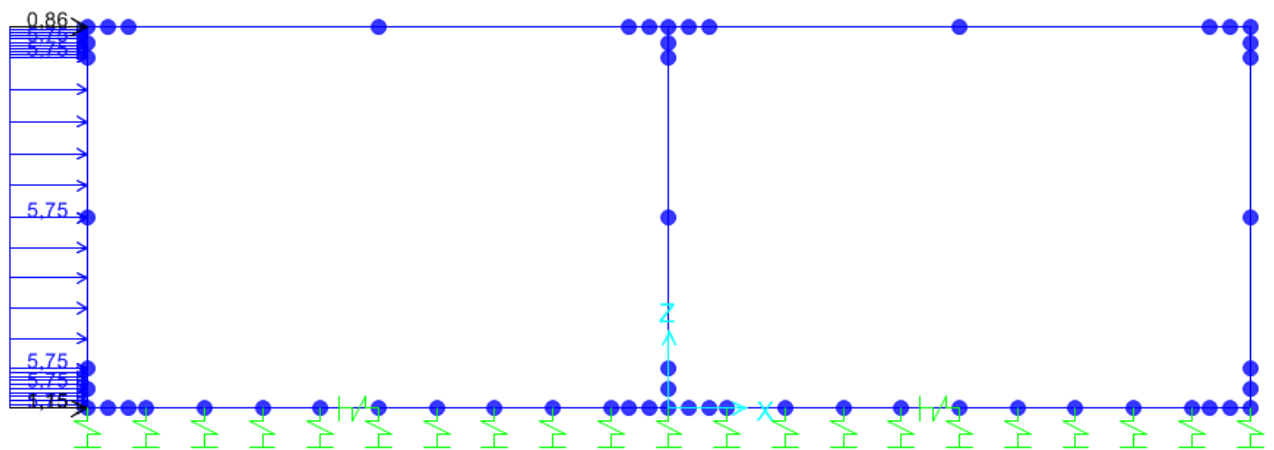


Figura 8: Spinte ballast sul piedritto sinistro(stesso per piedritto destro)

7.4 Spinta sulle pareti dovuta al terreno (SPTSX e SPTDX)

Per il rinterro si prevede un terreno avente angolo di attrito $\varphi = 35^\circ$ ed un peso di volume $\gamma_r = 19.5 \text{ kN/m}^3$, il coefficiente di spinta viene calcolato, considerando l'elevata rigidezza dello scatolare, utilizzando la formula:

$$K_0 = 1 - \sin\varphi' = 0.426$$

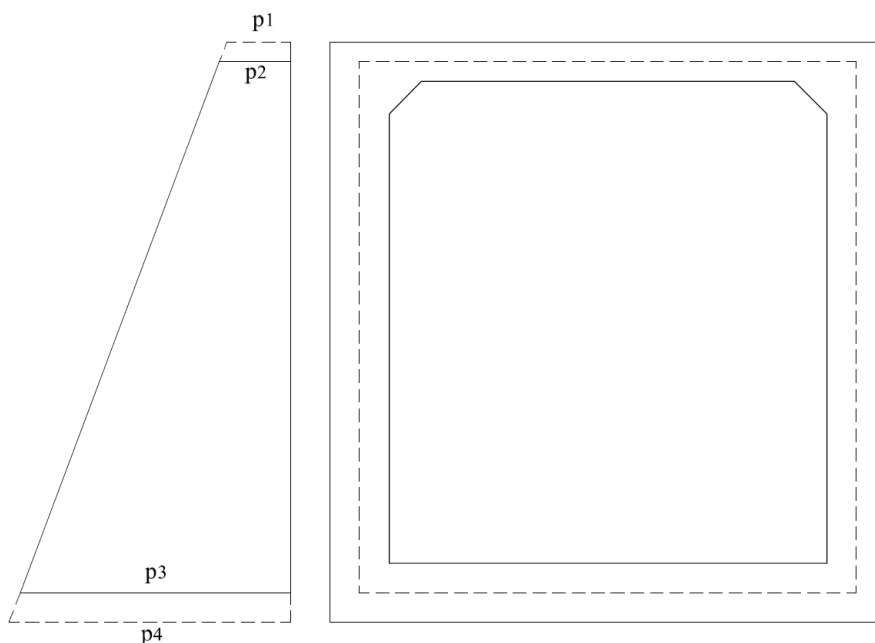


Figura 9: Spinte del terreno

Cond. STR			
$p_1 =$	0	kN/m	Pressione estradosso soletta superiore
$p_2 =$	1.25	kN/m	Pressione in asse soletta superiore
$p_3 =$	17.03	kN/m	Pressione in asse soletta inferiore
$p_4 =$	18.69	kN/m	Pressione intradosso soletta inferiore

In più, viene aggiunto, come carico concentrato nei di estremità del piedritto la parte di spinta del terreno esercitata su metà spessore della soletta superiore e quello agente su metà spessore della soletta inferiore.

Carico concentrato sui nodi 3,4,5 e 6				
Nodi sup.	$1/2 * (p_1 + p_2) * S_s/2$	0.10	kN	Spinta semispessore soletta superiore
Nodi inf.	$1/2 * (p_3 + p_4) * S_f/2$	3.57	kN	Spinta semispessore soletta inferiore

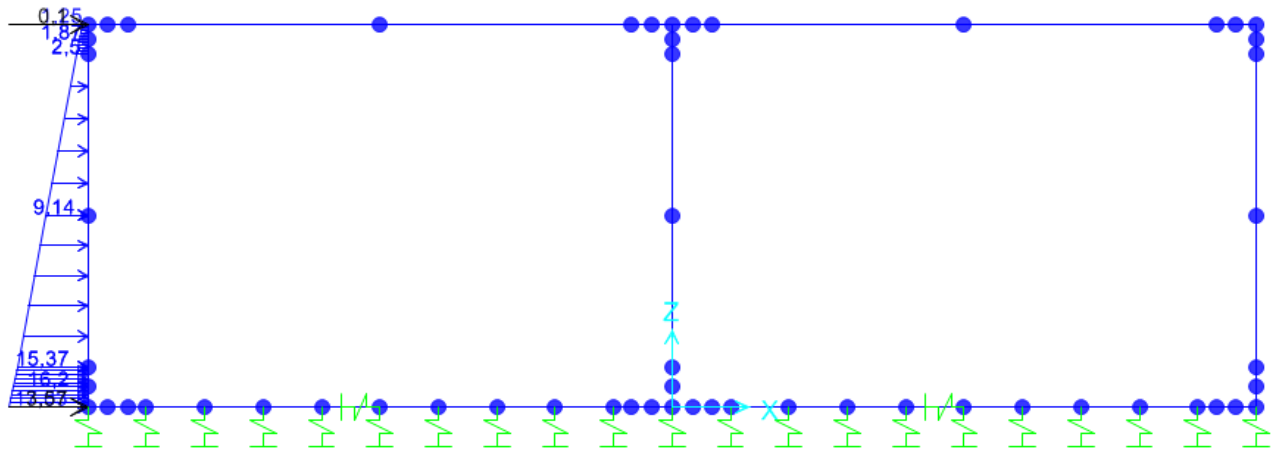


Figura 10: Spinte terre sul piedritto sinistro (stesso per piedritto destro)

7.5 Carichi ferroviari soprastanti (ACC1/ACC2)

I carichi da treno presi in considerazione nei calcoli sono il modello LM71 e SW/2.

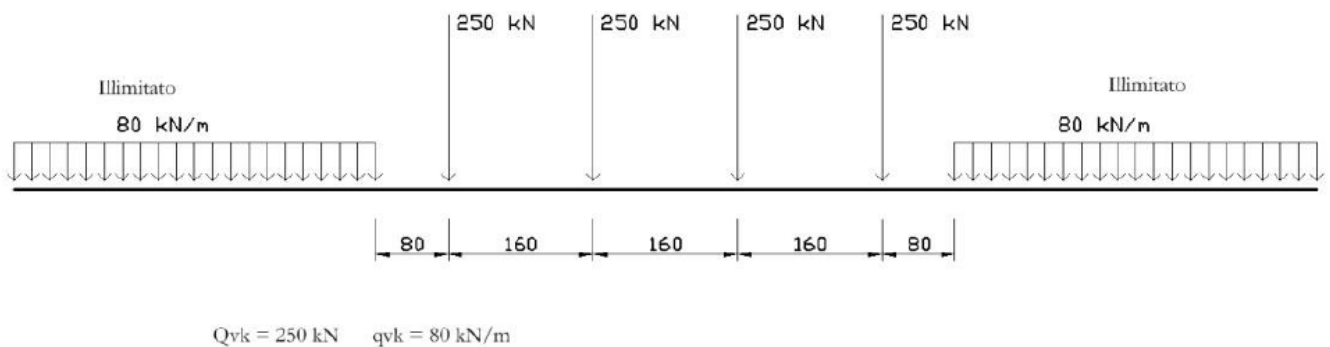


Figura 11: Treno di carico LM71

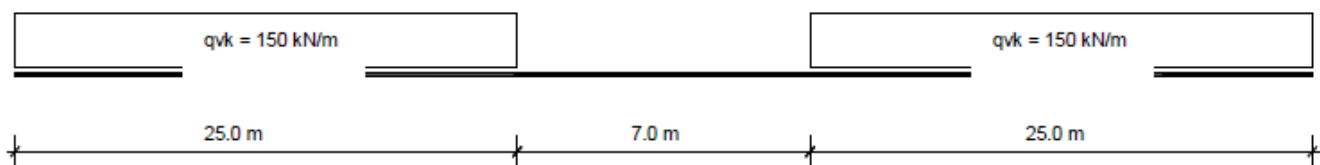


Figura 12: Treno di carico SW/2

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	19 di 132

In funzione delle caratteristiche geometriche dell'opera risulta più sfavorevole il carico dovuto al treno LM71 rispetto al carico dovuto al treno SW/2.

I valori dei suddetti carichi devono essere amplificati mediante un coefficiente di adattamento “ α ”, variabile in funzione della tipologia di infrastruttura, e un coefficiente dinamico “ Φ ”, che tiene conto della natura dinamica del transito dei convogli.

Per il calcolo del coefficiente dinamico Φ si fa riferimento al paragrafo 5.2.2.3.3 “Effetti dinamici”.

Per linea con ridotto standard manutentivo, si assume il coefficiente Φ_3 , ridotto del 10%:

$$1.00 \leq \Phi_3 = 0.9 * \left[\frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi} - 0.20} + 0.73 \right] \leq 2.00$$

$\Phi_3 =$	1.85	
L_Φ	3.36	m

Il coefficiente di adattamento α , invece, viene assunto pari a 1.10, in accordo alla tabella 2.5.1.4.1-1 del succitato Manuale di progettazione delle opere civili.

Si considera che i sovraccarichi ferroviari si distribuiscano attraverso il ricoprimento con una pendenza 1 su 4 all'interno del ballast, con un angolo di diffusione pari all'angolo di attrito interno del terreno nel sub-ballast, super compattato, rinterro e con la pendenza a 45° all'interno del CLS.

Nel caso in esame la diffusione trasversale del carico ferroviario interessa una larghezza pari a

Diffusione del carico in senso trasversale		
$L_d = L_t + ((H_b - H_{tb})/4 + H_r * 2/3 + S_s/2) * 2$	2.88	m

dove L_t indica la lunghezza della traversa pari a 2,40 m.

Pertanto il carico ripartito, dovuto al treno LM71 (considerando il coefficiente di adattamento $\alpha=1.10$, il coefficiente dinamico $\Phi_3=1.85$ risulta:

Carico ripartito prodotto dalle forze concentrate		
$Q_{vk} = (4 * 250 / 6.40) * \alpha * \Phi_3 / L_d$	110.40	kN/m ²
Carico ripartito prodotto dal carico distribuito		
$q_{vk} = (80 * \alpha * \Phi_3) / L_d$	56.53	kN/m ²

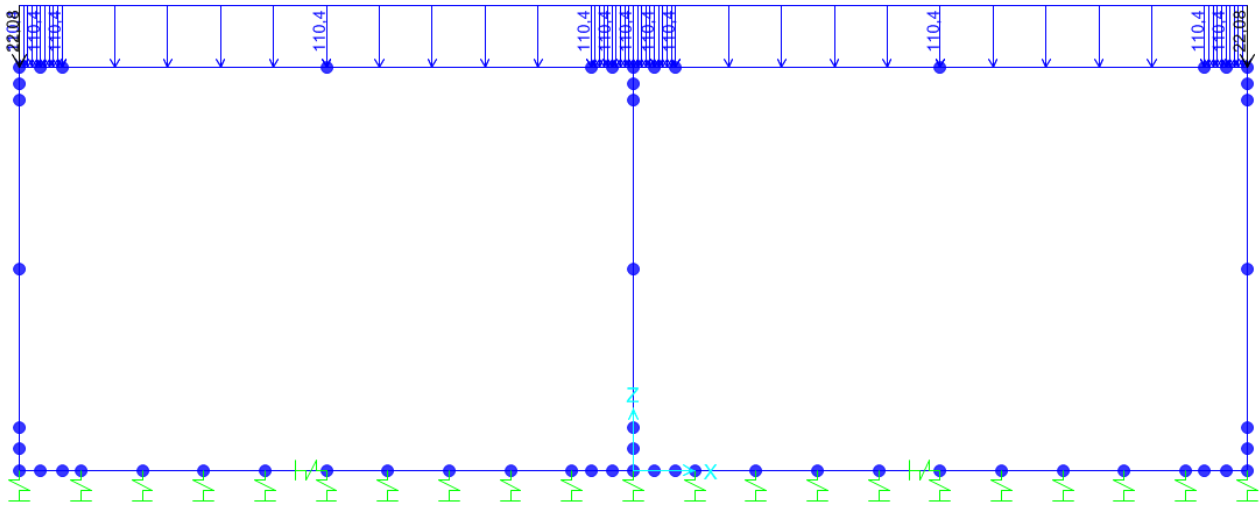


Figura 13: Carichi Treno LM71 condizione Momento massimo ACC1

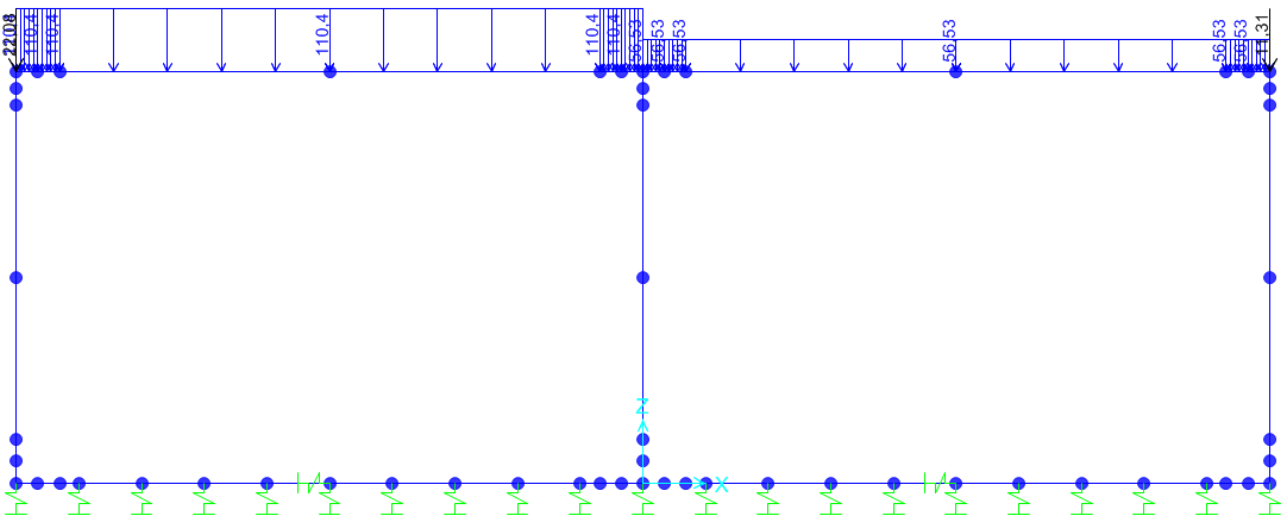


Figura 14: Carichi Treno LM71 condizione Taglio massimo ACC2

Il carico del treno è stato considerato longitudinale rispetto alla geometria dello scatolare, questa configurazione è ragionevolmente cautelativa rispetto alla effettiva disposizione dei carichi.

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	21 di 132

7.6 Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico LM71 (SASX e SADX / SASXLM71)

Carico distribuito (80 kN/m)-SASX , SADX		
$q_h = (80 * \alpha / L_d) * K_0$	14.53	kN/m
Carico puntuale ripartito (4*250/6.40 kN/m)-SASXLM71		
$Q_h = [4 * 250 * \alpha / (L_d * 6.40)] * K_0$	28.40	kN/m

Inoltre, vengono aggiunte, come carichi concentrati nei nodi 25,27,28 e 29 le seguenti forze, derivante dalla parte di spinta agente su metà spessore della soletta:

Nodi sup.&inf (SASX , SADX) sui nodi 3,4,5 e 6		
$Q_h * S_s / 2$	2.18 (nodi 4-6) / 2.91 (nodi 3-5)	kN
Nodi sup.&inf (SASXLM71) sui nodi 3,4,5 e 6		
$Q_h * S_f / 2$	4.26 (nodi 4-6) / 5.68 (nodi 3-5)	kN

La diffusione in questo caso è come in seguito:

Diffusione del carico in senso trasversale		
$L_{tr} + 2x(s_r x b_r / a_r + s_b x b_b / a_b)$	2.58	m

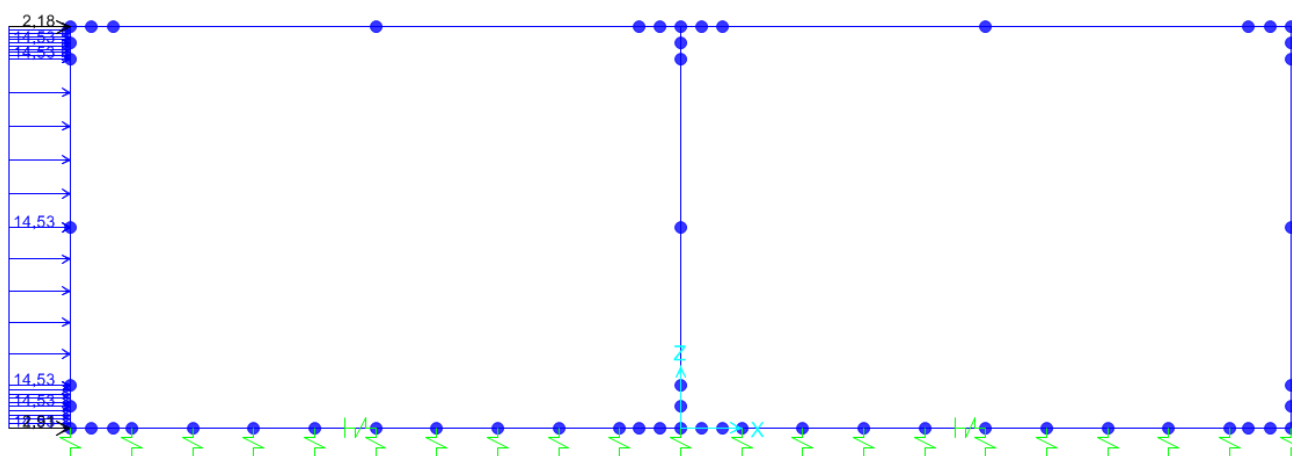


Figura 15: Spinta dal carico accidentale distribuito nel piedritto sinistra(stesso per piedritto destra)

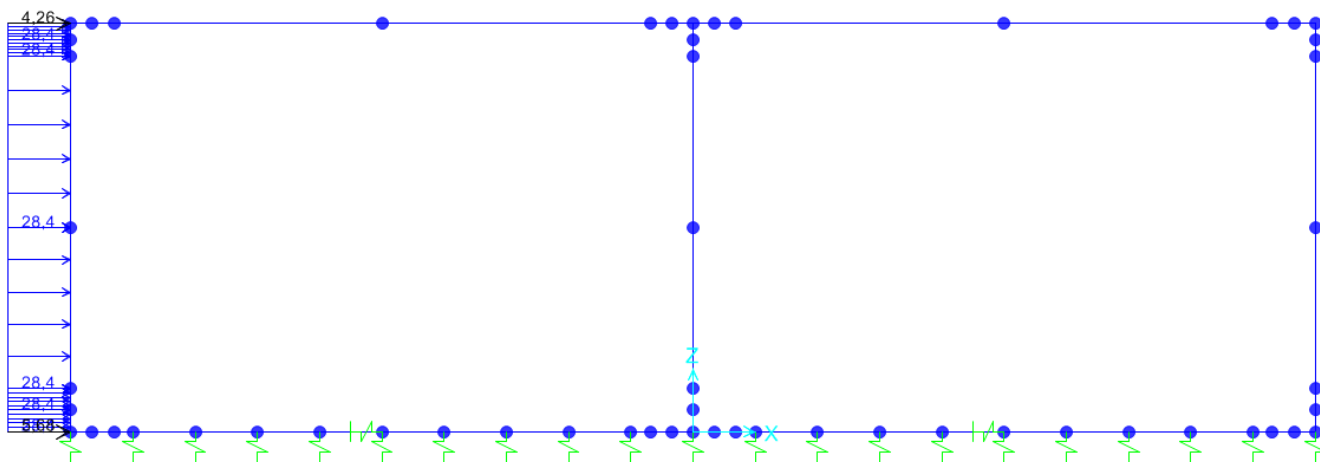


Figura 16: Spinta dal carico accidentale puntuale nel piedritto sinistra

7.7 Azione di frenatura e avviamento (AVV)

La forza di frenatura del modello SW/2 agente su tutta la larghezza dello scatolare è pari a 35 kN/m, mentre quella di avviamento del modello LM71 è di 33 kN/m. Visto che il treno sfavorevole è quello LM71, anche per il calcolo della frenatura si considera il carico LM71 in avviamento. Distribuendo tale forza sulla larghezza di diffusione del carico per uno binario si avrà:

A_{vv}	33	kN/m
$Q_{Av}=A_v/L_d$	12,63	kN/m

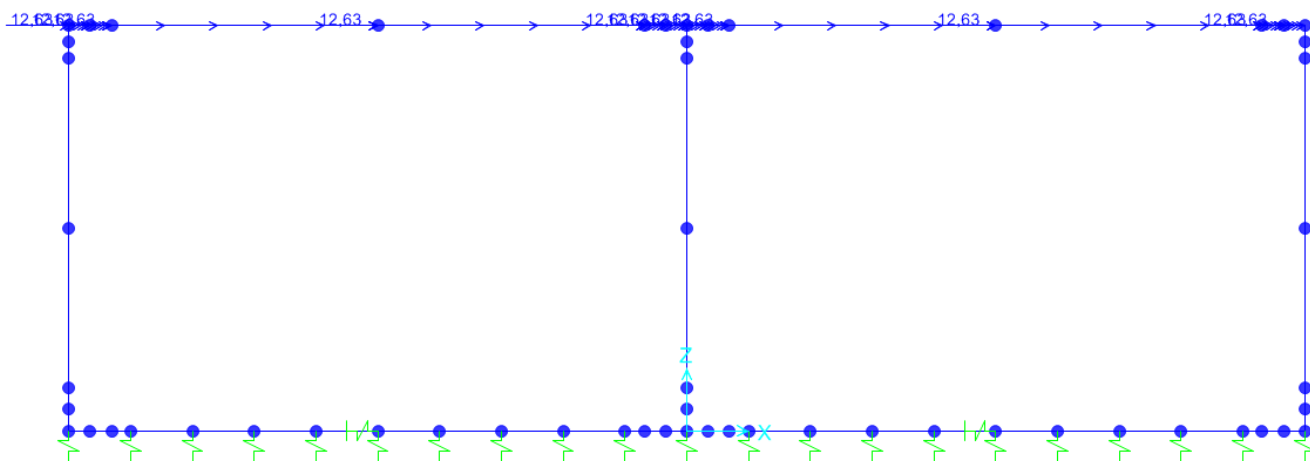


Figura 17: AVV

7.8 Azioni indotte dalle variazioni termiche (TERM)

La variazione termica uniforme applicata alla soletta di copertura è pari a $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$.

La variazione termica a farfalla applicata alla soletta di copertura è pari a $\Delta T = \pm 5^\circ\text{C}$.

L'azione è applicata alla soletta superiore dello scatolare.

7.9 Ritiro (RITIRO)

Gli effetti del ritiro vanno valutati a “lungo termine” attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale $\epsilon_{cs}(t, t_0)$ e di viscosità $\phi(t, t_0)$, come definiti nell'EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005 e D. M. 14-01-2008.

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

$$\Delta T_{\text{rit}} = -11.21^\circ\text{C}.$$

7.10 Azioni sismiche

L'azione sismica è stata individuata in accordo con le normative vigenti sulla base dei seguenti parametri:

- Vita nominale dell'opera $V_N = 75$ anni
- Classe d'uso dell'opera III $C_u = 1$

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	24 di 132

- Categoria di sottosuolo B
- Categoria topografica T1

Coordinate del sito di progetto (Lat. = 45,00056° e Long. = 13.25056°).

		a_g	F₀	T*_c	S_s	S_{scorretto}	S_T	a_{max}
T_R	45	0,063	2,468	0,259	1,34	1,20	1,00	0,075
T_R	75	0,080	2,454	0,278	1,32	1,20	1,00	0,096
T_R	712	0,211	2,495	0,342	1,19	1,19	1,00	0,251
T_R	1462	0,277	2,514	0,357	1,12	1,12	1,00	0,311

dove:

- T_R** → tempo di ritorno;
- a_g** → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- F₀** → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T*_c** → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

		a_{max}
T_R	45	0,075
T_R	75	0,096
T_R	712	0,251
T_R	1462	0,311

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;
- g = accelerazione di gravità;

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	25 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

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:

		K_h	k_v
T_R	45	0,075	0,038
T_R	75	0,096	0,048
T_R	712	0,251	0,126
T_R	1462	0,311	0,156

7.10.1 Sovrappinta sismica del terreno (SISX)

In base alla teoria di Wood la risultante dell'incremento di spinta sismico su una parete di altezza H viene determinato con la seguente espressione:

$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

La risultante viene applicata ad un'altezza pari ad H/2 e considerata agente su uno solo dei piedritti dell'opera.

Pertanto allo SLV la sovrappinta sismica delle terre vale:

$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

con

$$a_{\max} = 0.251g ; H = 2.25 \text{ m}; \gamma = 19.5 \text{ KN/m}^3 \Rightarrow \text{Applicato al modello di calcolo : } \Delta S_E = 11.01 \text{ KN/m}$$

Inoltre, vengono aggiunte, come carichi concentrati nei nodi 3,4,5 e 6 le seguenti forze, derivante dalla parte di spinta agente su metà spessore della soletta:

Nodi sup.&inf (SISX) sui nodi 25 e 27		
$Q_h \cdot S_s / 2$	1.65 / 2.20	kN

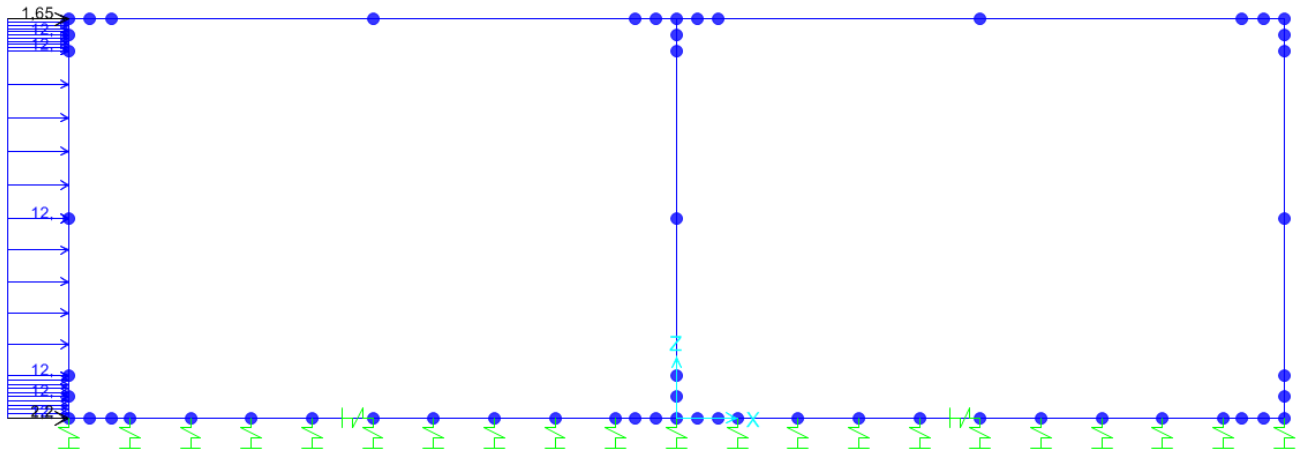


Figura 18: Sovraspinta sismica del terreno

7.10.2 Forze inerziali (INERZIEH e SISVER)

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).

Forze d'inerzia orizzontali sullo scatolare e sul terreno di ricoprimento della soletta SLV

$F_{o,ballast+ricop+mass}$	=	±	3,39 kN/m ²
$F_{o,soletta}$	=	±	1,88 kN/m ²
$F_{o,montante}$	=	±	2,51 kN/m ²
$F_{o,treno}$	=	±	27,71 kN/m ²
$F_{o,solettasup,tot}$	=	±	10,84 kN/m ²

$$\text{Dove : } F_{o,solettasup,tot} = F_{o,ballast+ricop+mass} + F_{o,soletta} + 0.2 * F_{o,treno}$$

Forze d'inerzia verticali sullo scatolare e sul terreno di ricoprimento della soletta SLV

$F_{v,treno} =$	\pm	13,91 kN/m ²
$F_{v,ballast+ricop+mass} =$	\pm	1,69 kN/m ²
$F_{v,solettasup} =$	\pm	0,94 kN/m ²
$F_{v,solettasup,tot} =$	\pm	5,40 kN/m ²
$F_{v,montante} =$	\pm	1,26 kN/m ²
$F_{v,solettainf} =$	\pm	1,26 kN/m ²

Dove : $F_{v,solettasup,tot} = F_{v,ballast+ricop+mass} + F_{v,soletta} + 0.2 * F_{v,treno}$;

- Il peso di treno è calcolato come in seguito: Per 6.4m è applicato il carico 110.40 kN/ml ; le inezie orizzontali e verticale per il treno ($F_{v, treno}$; $F_{o, treno}$) vengono come prodotto dei coefficienti sismici (verticali ed orizzontali) nel paragrafo 7.11 e il peso del treno di 110.40 kN/m.

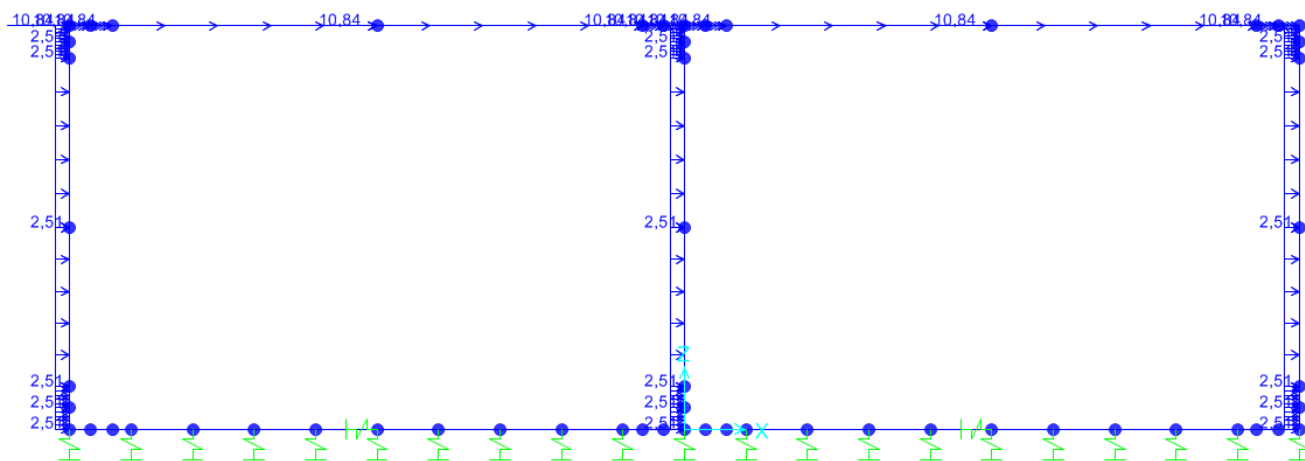


Figura 19: Forza inerziale orizzontale

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	28 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

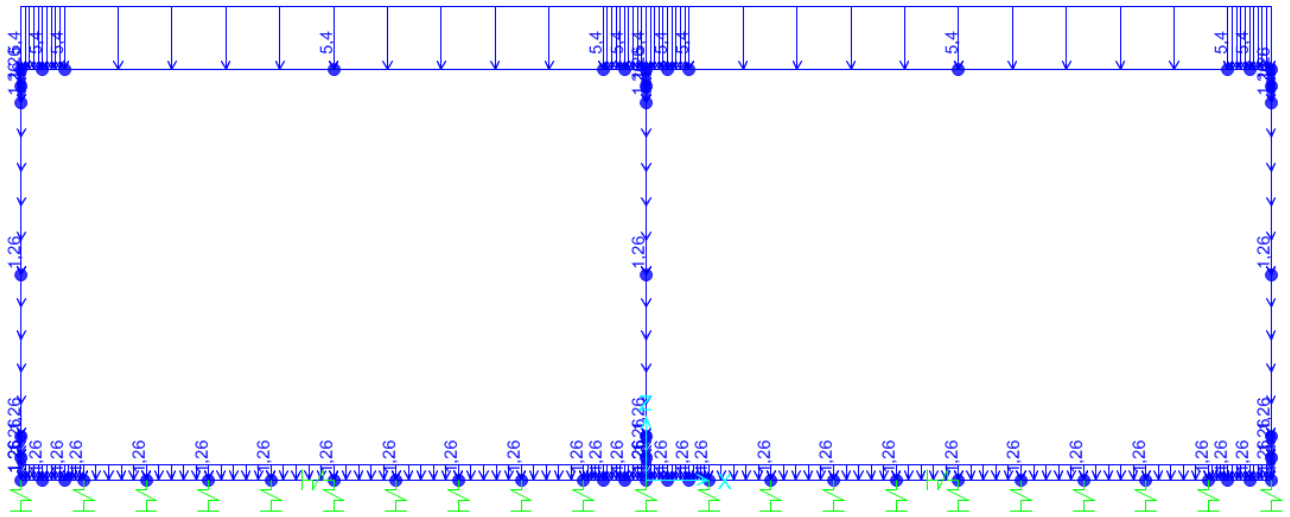


Figura 20: Forza inerziale verticale

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
 Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	29 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

8 COMBINAZIONE DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI

Per i calcoli strutturali dell'opera sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7
PP	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
PERM	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
BALLAST	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SPBSX	1	1	1	1,5	1	1,5	1,5
SPBDX	1	1	1	1	1	1	1
STX	1	1	1,35	1,35	1,35	1,35	1,5
STD	1	1	1	1	1	1	1
SASX	1	1	1,45	1,45	0	0	0
SAD	1	1	1	1	0	0	0
SASLM71	0	0	0	0	1,45	1,45	1,16
AVV	0	0	1,45	1,45	1,45	1,45	1,16
ACC1	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0
ACC2	0	0	0	0	1,45	1,45	1,16
TF	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	1,2
TU	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-1,2
RITIRO	1,2	0	1,2	0	1,2	0	1,5

	RARA-1	RARA-2	RARA-3	RARA-4	RARA-5	RARA-6	RARA-7
PP	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1	1
BALLAST	1	1	1	1	1	1	1
SPBSX	1	1	1	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1	1	1	1
STX	1	1	1	1	1	1	1
STD	1	1	1	1	1	1	1
SASX	0,8	0,8	0,8	0,8	0	0	0
SAD	0,8	0,8	0,8	0,8	0	0	0
SASLM71	0	0	0	0	0,8	0,8	0,8
AVV	0	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ACC1	0,8	0,8	0,8	0,8	0	0	0
ACC2	0	0	0	0	0,8	0,8	0,8
TF	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0,6	-0,6	1
TU	-0,6	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0,6	-1
RITIRO	1	0	1	0	1	0	1

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	30 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

	SLV-1	SLV-2	SLV-3	SLV-4
PP	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1
BALLAST	1	1	1	1
SPBSX	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1
STSX	1	1	1	1
STDX	1	1	1	1
SASX	0	0	0	0
SADX	0	0	0	0
SASXLM71	0,2	0	0,2	0
AVV	0,2	0,2	0,2	0
ACC1	0	0,2	0	0
ACC2	0,2	0	0,2	0
TF	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
TU	0,5	0,5	0,5	0,5
RITIRO	0	0	0	0
SISSX	1	0,3	1	0,3
INERZIEH	1	0,3	1	0,3
SISVER	0,3	1	-0,3	-1

	QP1	QP2
PP	1	1
PERM	1	1
BALLAST	1	1
ACC1	0	0
ACC2	0	0
SPBDX	1	1
SPBSX	1	1
STDX	1	1
STSX	1	1
TF	0,5	-0,5
TU	-0,5	0,5
RITIRO	1	0
AVV	0	0
SASX	0	0
SADX	0	0
SASXLM1	0	0
SISX	0	0
INERZIEH	0	0
SISVER	0	0

Di seguito si riportano gli involuppi dei diagrammi delle sollecitazioni derivanti dalle combinazioni relative ai tre stati limite considerati.

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	31 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

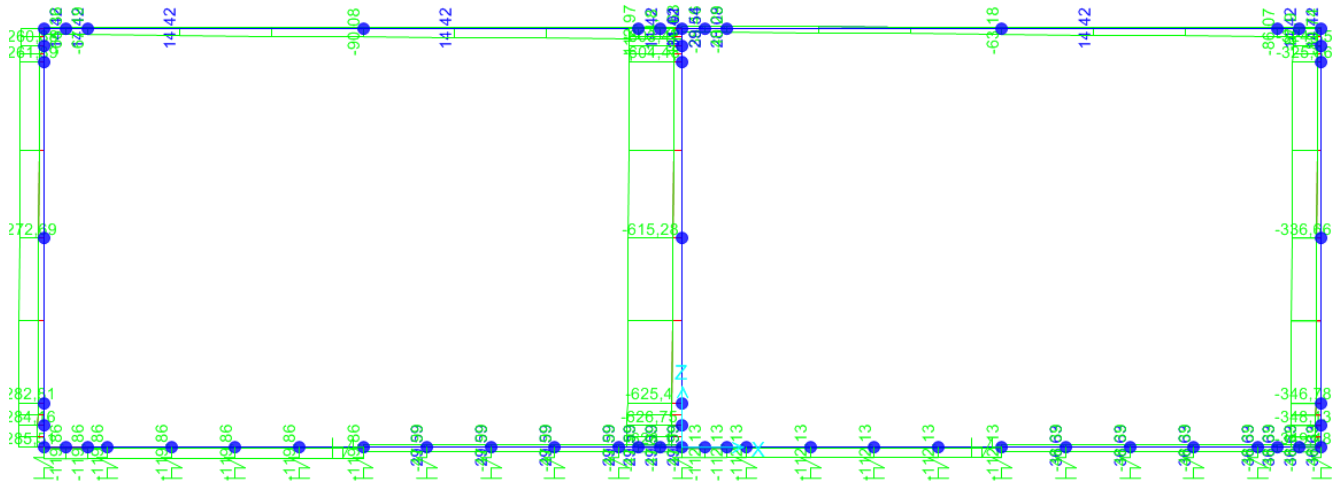


Figura 21: Involuppo N - SLU

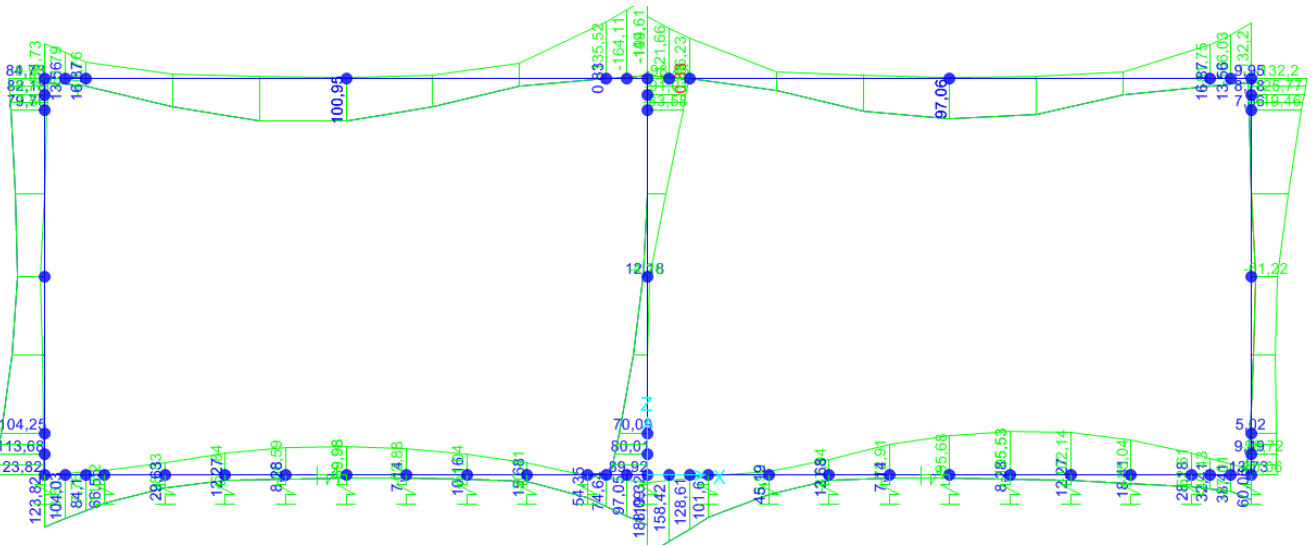


Figura 22: Involuppo M - SLU

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	33 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

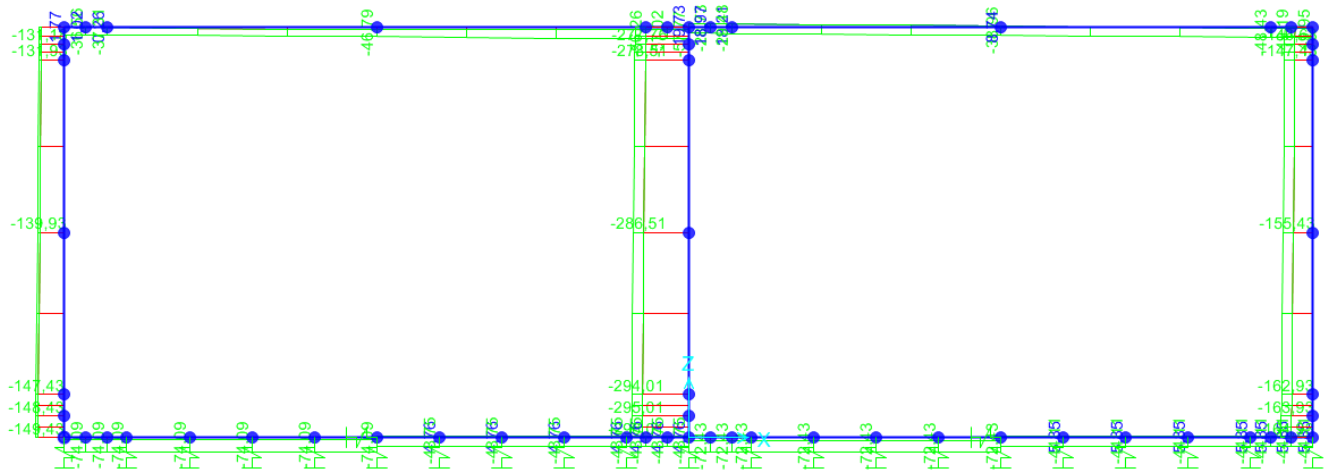


Figura 25: Involuppo N – SLE RARA

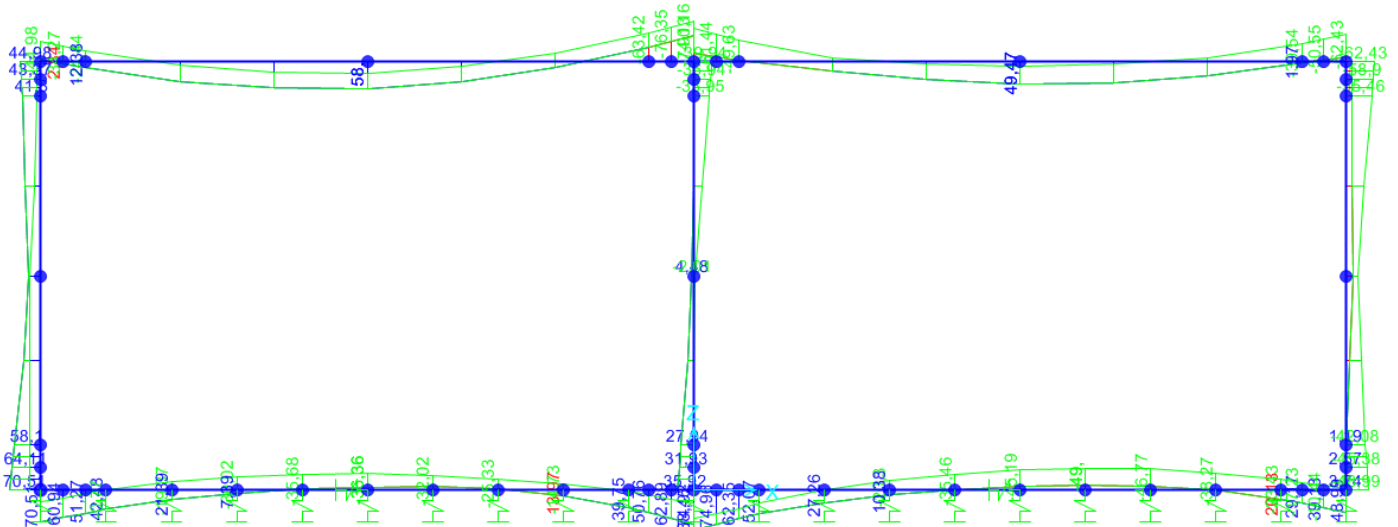


Figura 26: Involuppo M – SLE RARA

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	34 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

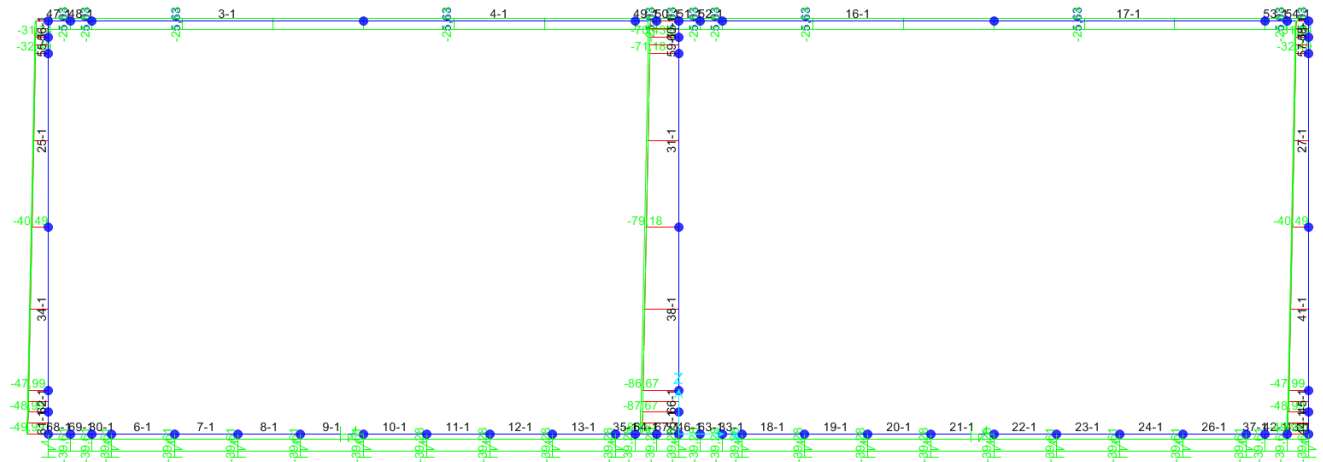


Figura 27: Involuppo N – SLE QP

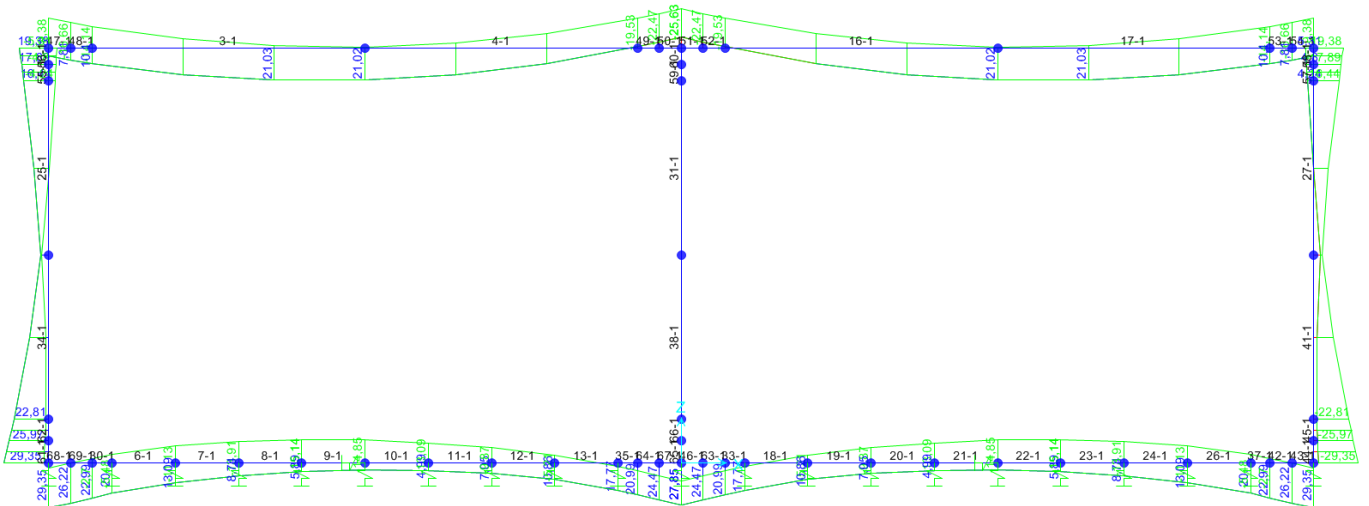


Figura 28: Involuppo M – SLE QP

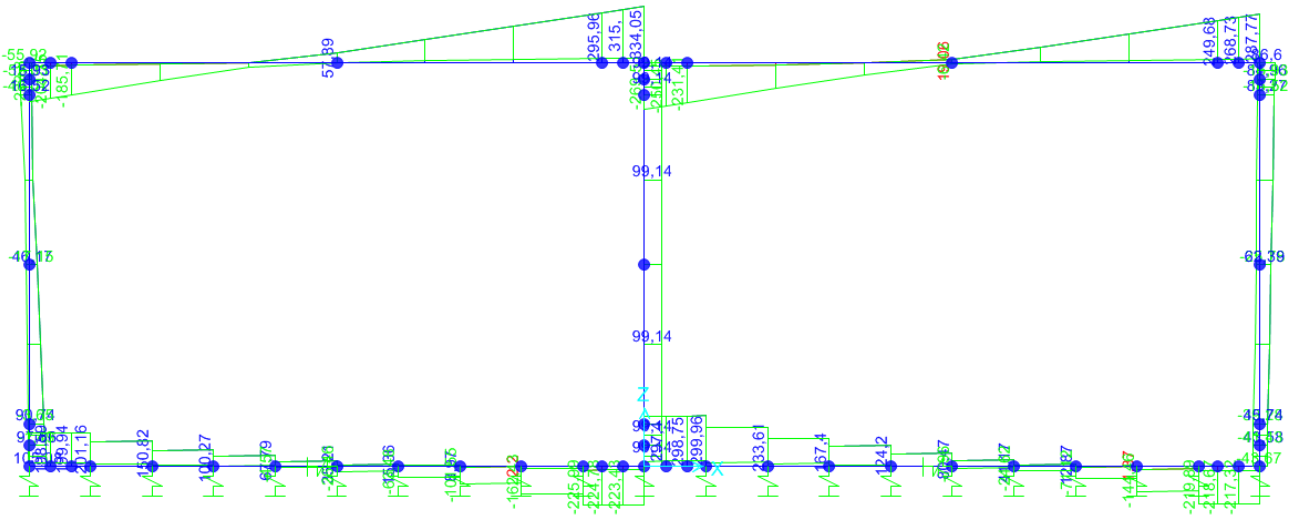


Figura 29: Involuppo taglio – SLU/SLV

Le sezioni verificate sono le seguenti:

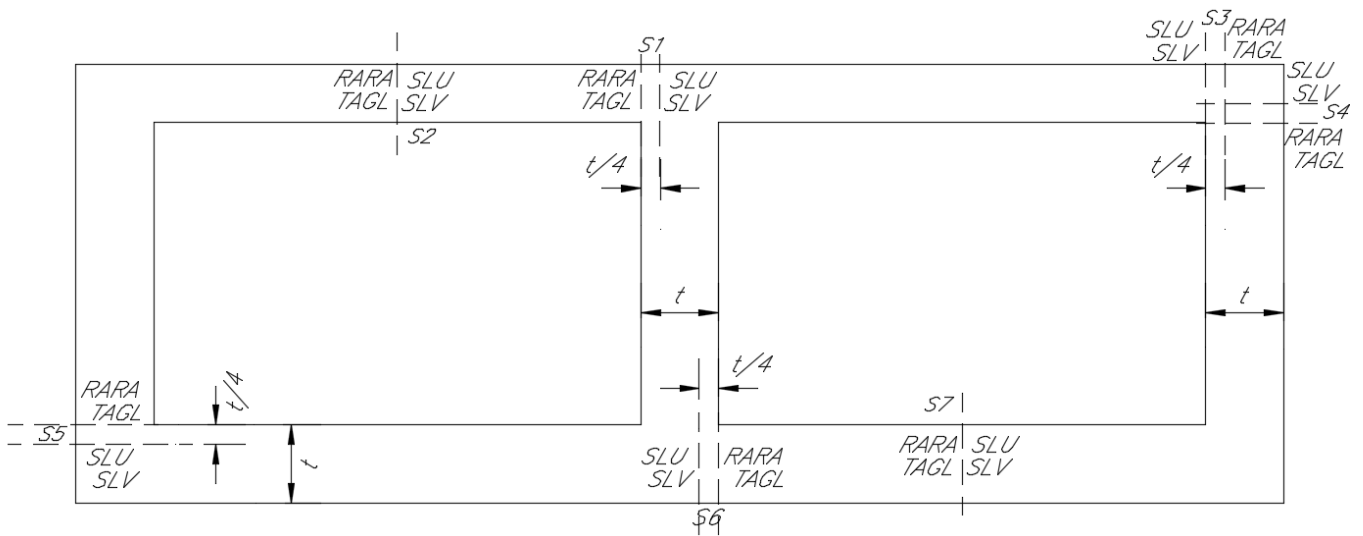


Figura 30: Sezioni di verifica

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	36 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

9 VERIFICHE

9.1 Verifiche a flessione

9.1.1 Sezione 1

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	Text	KN	KN	KN-m
SLU4	Combination	-98,482	311,912	-164,115
SLV 1	Combination	-58,131	80,372	-55,0246
RARA4	Combination	-50.22	131.81	-63.42
QP 2	Combination	-21,143	28.4	-19.52

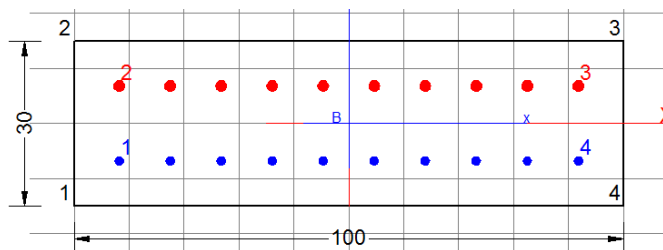
Armatura tesa Φ 20/10

Armatura compressa Φ 16/10

Armatura a taglio Φ 10/20x20

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	37 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-15.0
2	-50.0	15.0
3	50.0	15.0
4	50.0	-15.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.8	-6.8	16
2	-41.8	6.8	20
3	41.8	6.8	20
4	41.8	-6.8	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	16
2	2	3	8	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
---------	---	----	----	----	----

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	38 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

1	0.00	-164.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-55.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-63.0	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-19.52 (-37.57)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-164.00	0.00	0.00	-226.84	0.00	1.383	31.4(2.8)
2	S	0.00	-55.00	0.00	0.00	-226.84	0.00	4.124	31.4(2.8)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
 Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	39 di 132

ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00203	-50.0	-15.0	-0.00003	-41.8	-6.8	-0.00587	41.8	6.8
2	0.00350	-0.00203	-50.0	-15.0	-0.00003	-41.8	-6.8	-0.00587	41.8	6.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000429941	-0.002949109	0.373	0.907
2	0.000000000	-0.000429941	-0.002949109	0.373	0.907

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.41	50.0	-15.0	-131.0	32.5	6.8	1000	31.4	9.3	1.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.96	50.0	-15.0	-34.5	32.5	6.8	1000	31.4	9.3	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
k2	Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= $(S1 + S2)/(2 \cdot S1)$ con riferimento all'area tesa Ac eff
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	40 di 132

Cf Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 Psi $= 1 - \text{Beta}12^*(\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12^*(\text{fctm}/\text{S}2)^2 = 1 - \text{Beta}12^*(\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4^* \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi
 sm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * \text{sm} * \text{srm}$. Valore limite tra parentesi
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.1	-0.4	0.167	20	72.0	-0.852	0.00007 (0.00007)	205	0.024 (0.20)	-37.57	0.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA ($W1 < 0.2$) :

Apertura fessure
Apert. fessure = 0.169 mm
Apert. limite = 99999.000 mm
Dist. fessure = 205 mm
Area efficace = 1000 cm ²
Coeff. K3 = 0.167

Condizione soddisfatta

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	41 di 132

La verifica a taglio è stata effettuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 295 Kn(SLU3).

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}

Cl_s condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

Ø_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

N_{Rd} 5533,3 KN sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

ctgθ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Sì

No

τ N/mm² tensione tangenziale corda baricentrica

σ N/mm² tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

ctgθ_l valore limite dell'inclinazione delle bielle

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	42 di 132

9.1.2 Sezione 2

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

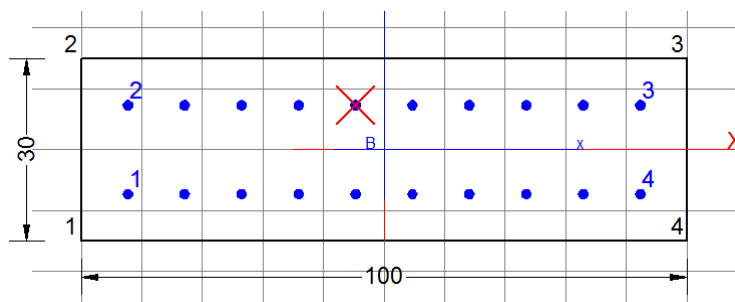
OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	Text	KN	KN	KN-m
SLU5	Combination	-47,151	55,447	100,9501
SLV 2	Combination	-27,789	13,147	10,7839
RARA7	Combination	-9,214	24,84	58,001
QP 1	Combination	5,635	-4,392	21,0191

Armatura tesa Φ 16/10

Armatura compressa Φ 16/10

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	43 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-15.0
2	-50.0	15.0
3	50.0	15.0
4	50.0	-15.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-42.0	-7.0	16
2	-42.0	7.0	16
3	42.0	7.0	16
4	42.0	-7.0	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N° Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N° Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N° Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	1	4	8	16
2	2	3	8	16

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia x

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	101.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	10.70	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	44 di 132

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	58.40	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	21.09 (35.98)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	101.00	0.00	0.00	163.66	0.00	1.620	20.1(2.9)
2	S	0.00	10.70	0.00	0.00	163.66	0.00	15.295	20.1(2.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	45 di 132

es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00312	-50.0	15.0	-0.00062	42.0	7.0	-0.00782	-42.0	-7.0
2	0.00350	-0.00312	-50.0	15.0	-0.00062	42.0	7.0	-0.00782	-42.0	-7.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000514606	-0.004219083	0.309	0.826
2	0.000000000	0.000514606	-0.004219083	0.309	0.826

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	6.74	-50.0	15.0	-154.3	-42.0	-7.0	1050	20.1	9.3	1.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.43	-50.0	15.0	-55.7	-42.0	-7.0	1050	20.1	9.3	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica
S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = $(S1 + S2)/(2 \cdot S1)$ con riferimento all'area tesa Ac eff
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]
wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	46 di 132

MY fess.		Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]										
Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.2	-0.4	0.165	16	72.0	-0.455	0.00011 (0.00011)	218	0.041 (0.20)	35.98	0.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA ($W1 < 0.2$):

Apertura fessure
Apert. fessure = 0.177 mm
Apert. limite = 99999.000 mm
Dist. fessure = 218 mm
Area efficace = 1050 cm ²
Coeff. K3 = 0.165

Condizione soddisfatta

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	47 di 132

9.1.3 Sezione 3

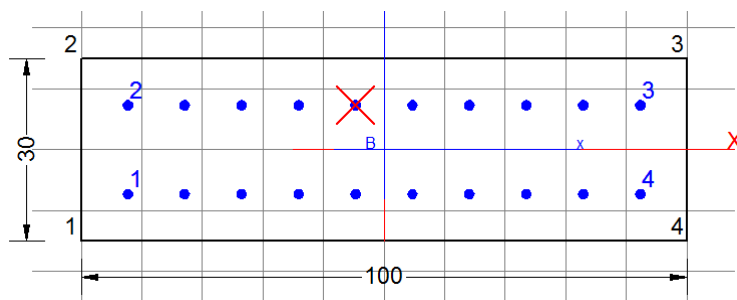
Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	Text	KN	KN	KN-m
SLU4	Combination	-87,904	268,726	-106,025
SLV 1	Combination	-43,325	58,166	-40,6047
RARA2	Combination	-48,43	112,539	-39,537
QP 2	Combination	-21.143	29,04	-14.145

Armatura tesa Φ 16/10
 Armatura compressa Φ 16/10
 Armatura a taglio Φ 10/20x20

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²	

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	48 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-15.0
2	-50.0	15.0
3	50.0	15.0
4	50.0	-15.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.0	-7.0	16
2	-42.0	7.0	16
3	42.0	7.0	16
4	42.0	-7.0	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	16
2	2	3	8	16

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-106.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-40.00	0.00	0.00	0.00

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	49 di 132

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-39.50	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-14.45 (-36.34)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-106.00	0.00	0.00	-164.78	0.00	1.555	20.1(2.9)
2	S	0.00	-40.00	0.00	0.00	-164.78	0.00	4.120	20.1(2.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	50 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00328	-50.0	-15.0	-0.00056	-42.3	-7.3	-0.00825	42.3	7.3
2	0.00350	-0.00328	-50.0	-15.0	-0.00056	-42.3	-7.3	-0.00825	42.3	7.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000527023	-0.004405347	0.298	0.812
2	0.000000000	-0.000527023	-0.004405347	0.298	0.812

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.41	50.0	-15.0	-103.2	32.9	7.3	1050	20.1	9.4	1.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.61	50.0	-15.0	-37.7	32.9	7.3	1050	20.1	9.4	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver. Esito della verifica
 S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
 S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
 k3 = $(S1 + S2)/(2 \cdot S1)$ con riferimento all'area tesa Ac eff
 Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 Psi = $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
 srm Distanza media tra le fessure [mm]

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	51 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot s_m \cdot s_{rm}$. Valore limite tra parentesi
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e	s _m	s _{rm}	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.8	-0.3	0.165	16	69.0	-2.163	0.00008	(0.00008)	212	0.027 (0.20)	-36.34	0.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA ($W1 < 0.2$):

Apertura fessure
Apert. fessure = 0.074 mm
Apert. limite = 99999.000 mm
Dist. fessure = 212 mm
Area efficace = 1050 cm ²
Coeff. K3 = 0.165

Condizione soddisfatta

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	52 di 132

La verifica a taglio è stata effettuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 250 Kn(SLU4).

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}

Cl_s condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

Ø_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

N_{Rd} 5533,3 KN sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

ctgθ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Sì

No

τ N/mm² tensione tangenziale corda baricentrica

σ N/mm² tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

ctgθ_{lim} valore limite dell'inclinazione delle bielle

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	53 di 132

9.1.4 Sezione 4

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	Text	KN	KN	KN-m
SLU4	Combination	-324,849	84,958	-125,769
SLV 1	Combination	-67,298	43,342	-43,0993
RARA2	Combination	-147,434	45,226	-55,4562
QP 2	Combination	-32,493	19,04	-16,437

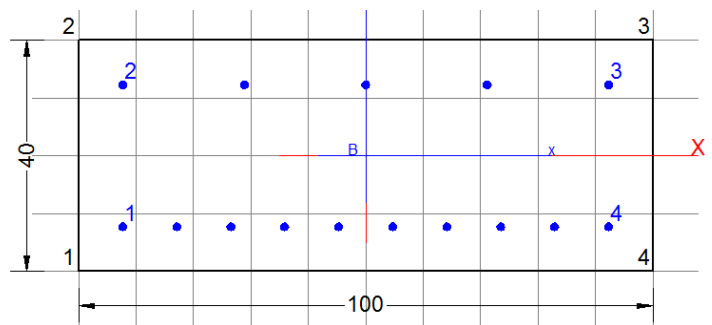
Armatura tesa Φ 14/10

Armatura compressa Φ 14/20

Armatura a taglio Φ 10/40x40

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm	

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	54 di 132

Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-20.0
2	-50.0	20.0
3	50.0	20.0
4	50.0	-20.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.1	-12.1	14
2	-42.1	12.1	14
3	42.1	12.1	14
4	42.1	-12.1	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	14
2	2	3	8	14

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-125.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-43.00	0.00	0.00	0.00

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	55 di 132

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-55.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-16.43 (-62.87)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-125.00	0.00	0.00	-192.80	0.00	1.542	23.1(4.2)
2	S	0.00	-43.00	0.00	0.00	-192.80	0.00	4.484	23.1(4.2)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	56 di 132

Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00742	-50.0	-20.0	-0.00153	-42.1	-12.1	-0.01694	42.1	12.1
2	0.00350	-0.00742	-50.0	-20.0	-0.00153	-42.1	-12.1	-0.01694	42.1	12.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000636737	-0.009234736	0.171	0.700
2	0.000000000	-0.000636737	-0.009234736	0.171	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.71	-50.0	-20.0	-124.9	32.7	12.1	1495	15.4	9.4	1.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.11	-50.0	-20.0	-37.3	32.7	12.1	1495	15.4	9.4	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver. Esito della verifica
S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = $(S1 + S2)/(2 \cdot S1)$ con riferimento all'area tesa Ac eff
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	57 di 132

wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * sm * srm$. Valore limite tra parentesi
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.6	-0.1	0.156	14	72.0	-6.322	0.00007 (0.00007)	248	0.031 (0.20)	-62.87	0.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA ($W1 < 0.2$) :

Apertura fessure
Apert. fessure = 0.105 mm
Apert. limite = 99999.000 mm
Dist. fessure = 248 mm
Area efficace = 1495 cm ²
Coeff. K3 = 0.156

Condizione soddisfatta

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	58 di 132

La verifica a taglio è stata effettuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 81.27 Kn(SLU4).

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}
 Cl_s condizioni calcestruzzo
 Acciaio 1 acciaio barre longitudinali
 Acciaio 2 acciaio armature trasversali
 γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
 γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)
 d mm altezza utile della sezione
 A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali
 Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali
 n_{bw} numero di bracci delle staffe
 Ø_{st} mm diametro delle staffe
 s_{st} mm passo delle staffe
 α ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
 V_{Ed} KN taglio di calcolo
 N_{Rd} 7746,7 KN sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
 ctgθ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Elemento non armato a taglio

k 1,76
 k_{eff} 1,76 coefficiente considerato nei calcoli
 v_{min} 0,469
 V_{Rd,1} 180,3 KN taglio resistente - valore 1
 V_{Rd,2} 164,2 KN taglio resistente - valore 2
 V_{Rd} 180,3 KN taglio resistente di calcolo

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	59 di 132

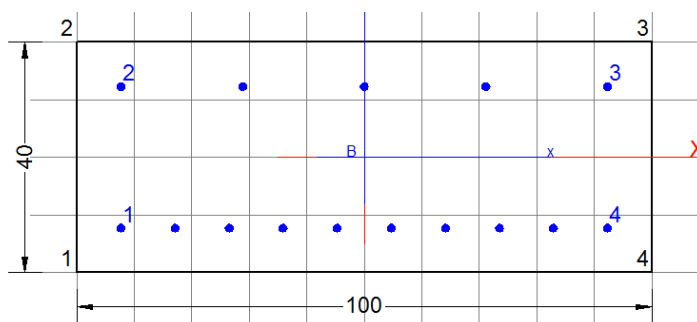
Relazione di calcolo tombino ferroviario

9.1.5 Sezione 5

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	Text	KN	KN	KN-m
SLU5	Combination	-281,068	97,856	113,6752
SLV 1	Combination	-70,573	45,154	32,6429
RARA7	Combination	-134,598	58,159	58,1047
QP 1	Combination	-45.74	30.49	22.8124

Armatura tesa Φ 14/10
 Armatura compressa Φ 14/20
 Armatura a taglio Φ 10/40x40



DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	60 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-20.0
2	-50.0	20.0
3	50.0	20.0
4	50.0	-20.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.1	-12.1	14
2	-42.1	12.1	14
3	42.1	12.1	14
4	42.1	-12.1	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	14
2	2	3	3	14

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	61 di 132

2	0.00	32.00	0.00	0.00	0.00
---	------	-------	------	------	------

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	58.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	22.81 (62.87)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	113.00	0.00	0.00	192.80	0.00	1.706	23.1(4.2)
2	S	0.00	32.00	0.00	0.00	192.80	0.00	6.025	23.1(4.2)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	62 di 132

Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00742	-50.0	20.0	-0.00153	-42.1	12.1	-0.01694	-42.1	-12.1
2	0.00350	-0.00742	-50.0	20.0	-0.00153	-42.1	12.1	-0.01694	-42.1	-12.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000636737	-0.009234736	0.171	0.700
2	0.000000000	0.000636737	-0.009234736	0.171	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $\beta_1 \cdot \beta_2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.92	50.0	20.0	-131.8	32.7	-12.1	1495	15.4	9.4	1.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.54	-50.0	20.0	-51.8	32.7	-12.1	1495	15.4	9.4	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1 Esito della verifica
S2 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = $(S1 + S2)/(2 \cdot S1)$ con riferimento all'area tesa Ac eff
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = $1 - \beta_{12} \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	63 di 132

e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot S_s / E_s$ è tra parentesi
 srm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot s_m \cdot s_{rm}$. Valore limite tra parentesi
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.8	-0.2	0.156	14	72.0	-2.799	0.00010 (0.00010)	248	0.044 (0.20)	62.87	0.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA ($W1 < 0.2$):

Apertura fessure
Apert. fessure = 0.111 mm
Apert. limite = 99999.000 mm
Dist. fessure = 248 mm
Area efficace = 1495 cm ²
Coeff. K3 = 0.156

Condizione soddisfatta

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	64 di 132

La verifica a taglio è stata effettuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 90.74 Kn(SLU5).

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}
 Cl_s condizioni calcestruzzo
 Acciaio 1 acciaio barre longitudinali
 Acciaio 2 acciaio armature trasversali
 γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
 γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)
 d mm altezza utile della sezione
 A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali
 Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali
 n_{bw} numero di bracci delle staffe
 Ø_{st} mm diametro delle staffe
 s_{st} mm passo delle staffe
 α ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
 V_{Ed} KN taglio di calcolo
 N_{Rd} 7746,7 KN sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
 ctgθ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Elemento non armato a taglio

k 1,76
 k_{eff} 1,76 coefficiente considerato nei calcoli
 v_{min} 0,469
 V_{Rd,1} 180,3 KN taglio resistente - valore 1
 V_{Rd,2} 164,2 KN taglio resistente - valore 2
 V_{Rd} **180,3** KN taglio resistente di calcolo

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

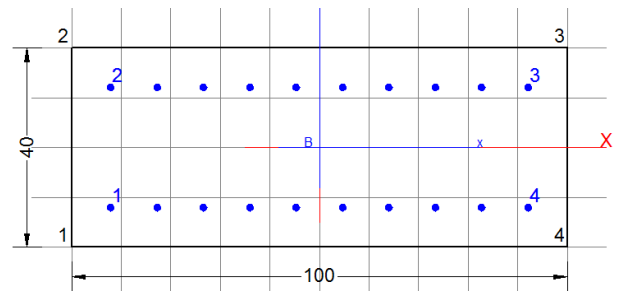
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	65 di 132

9.1.6 Sezione 6

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	Text	KN	KN	KN-m
SLU3	Combination	-86,783	297,396	158,4186
SLV 1	Combination	-49,998	85,991	46,1905
RARA7	Combination	-72,429	113,79	62,3473
QP 1	Combination	-39.278	35.312	20.9919

Armatura tesa Φ 14/10
 Armatura compressa Φ 14/10
 Armatura a taglio Φ 10/20x20



DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di calcolo fcd:	17.000 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	66 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-20.0
2	-50.0	20.0
3	50.0	20.0
4	50.0	-20.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.1	-12.1	14
2	-42.1	12.1	14
3	42.1	12.1	14
4	42.1	-12.1	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	14
2	2	3	8	14

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	158.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	46.00	0.00	0.00	0.00

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	67 di 132

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	62.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	20.99 (87.14)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	158.00	0.00	0.00	191.60	0.00	1.213	15.4(5.4)
2	S	0.00	46.00	0.00	0.00	191.60	0.00	4.165	15.4(5.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	68 di 132

es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00598	-50.0	20.0	-0.00087	-42.1	12.1	-0.01426	-42.1	-12.1
2	0.00350	-0.00598	-50.0	20.0	-0.00087	-42.1	12.1	-0.01426	-42.1	-12.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000553236	-0.007564724	0.197	0.700
2	0.000000000	0.000553236	-0.007564724	0.197	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.11	50.0	20.0	-141.5	32.7	-12.1	1495	15.4	9.4	1.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.39	-50.0	20.0	-47.9	32.7	-12.1	1495	15.4	9.4	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver. Esito della verifica
S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = $(S1 + S2)/(2*S1)$ con riferimento all'area tesa Ac eff
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = $1 - \text{Beta}12 * (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{fctm}/\text{S2})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	69 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

srm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * sm * srm$. Valore limite tra parentesi
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.7	-0.2	0.158	14	72.0	-7.617	0.00010 (0.00010)	249	0.040 (0.20)	87.14	0.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA ($W1 < 0.2$):

Apertura fessure
Apert. fessure = 0.120 mm
Apert. limite = 99999.000 mm
Dist. fessure = 249 mm
Area efficace = 1495 cm ²
Coeff. K3 = 0.158

Condizione soddisfatta

La verifica a taglio è stata effettuata con il valore massimo del taglio letto a filo del piedritto che risulta pari a 299.96 Kn(SLU4).

Verifica di resistenza a taglio

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	70 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Caratteristiche materiali

Cls R_{ck}

Cls condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

Ø_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

N_{Rd} 7165,7 KN sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

ctgθ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Sì

No

τ N/mm² tensione tangenziale corda baricentrica

σ_t N/mm² tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

ctgθ_{lim} valore limite dell'inclinazione delle bielle

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	71 di 132

9.1.7 Sezione 7

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

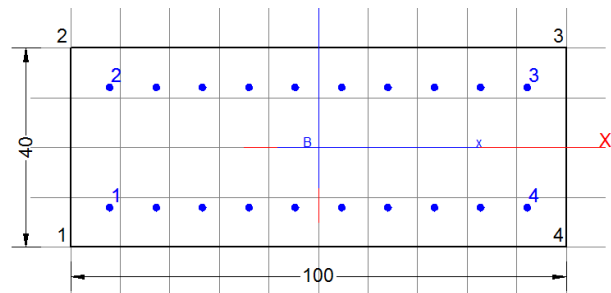
OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	Text	KN	KN	KN-m
SLU4	Combination	23,068	35,94	-105,534
SLV 1	Combination	15,46	24,052	-35,6466
RARA2	Combination	-3,644	14,615	-49,004
QP 2	Combination	-12.828	2.41	-15.1377

Armatura tesa Φ 14/10

Armatura compressa Φ 14/10

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	17.000 MPa	
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa	
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa	
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa	
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
		Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa	
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa	
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa	
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef:		2000000 daN/cm ²	
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50	

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	72 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-20.0
2	-50.0	20.0
3	50.0	20.0
4	50.0	-20.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.1	-12.1	14
2	-42.1	12.1	14
3	42.1	12.1	14
4	42.1	-12.1	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	14
2	2	3	8	14

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-105.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-35.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	73 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-49.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-15.13 (-87.14)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-105.00	0.00	0.00	-191.60	0.00	1.825	15.4(5.4)
2	S	0.00	-35.00	0.00	0.00	-191.60	0.00	5.474	15.4(5.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	74 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00598	-50.0	-20.0	-0.00087	-42.1	-12.1	-0.01426	42.1	12.1
2	0.00350	-0.00598	-50.0	-20.0	-0.00087	-42.1	-12.1	-0.01426	42.1	12.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000553236	-0.007564724	0.197	0.700
2	0.000000000	-0.000553236	-0.007564724	0.197	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.24	-50.0	-20.0	-111.8	32.7	12.1	1495	15.4	9.4	1.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.00	-50.0	-20.0	-34.5	32.7	12.1	1495	15.4	9.4	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver. Esito della verifica
S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = $(S1 + S2)/(2 \cdot S1)$ con riferimento all'area tesa Ac eff
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]
wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	75 di 132

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.5	-0.1	0.158	14	72.0	-15.584	0.00007 (0.00007)	249	0.029 (0.20)	-87.14	0.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA ($W1 < 0.2$):

Apertura fessure

Apert.fessure = 0.094 mm

Apert. limite = 99999.000 mm

Dist. fessure = 249 mm

Area efficace = 1495 cm²

Coeff. K3 = 0.158

Condizione soddisfatta

9.2 Verifica a deformazione soletta superiore

In accordo alle normativa paragrafo 5.2.3.3.2.1/ Stati limite per i comfort dei passeggeri.

Valori limite di deformabilità della soletta superiore sono riportati nella tabella 5.2.1.8.3.2.2-2

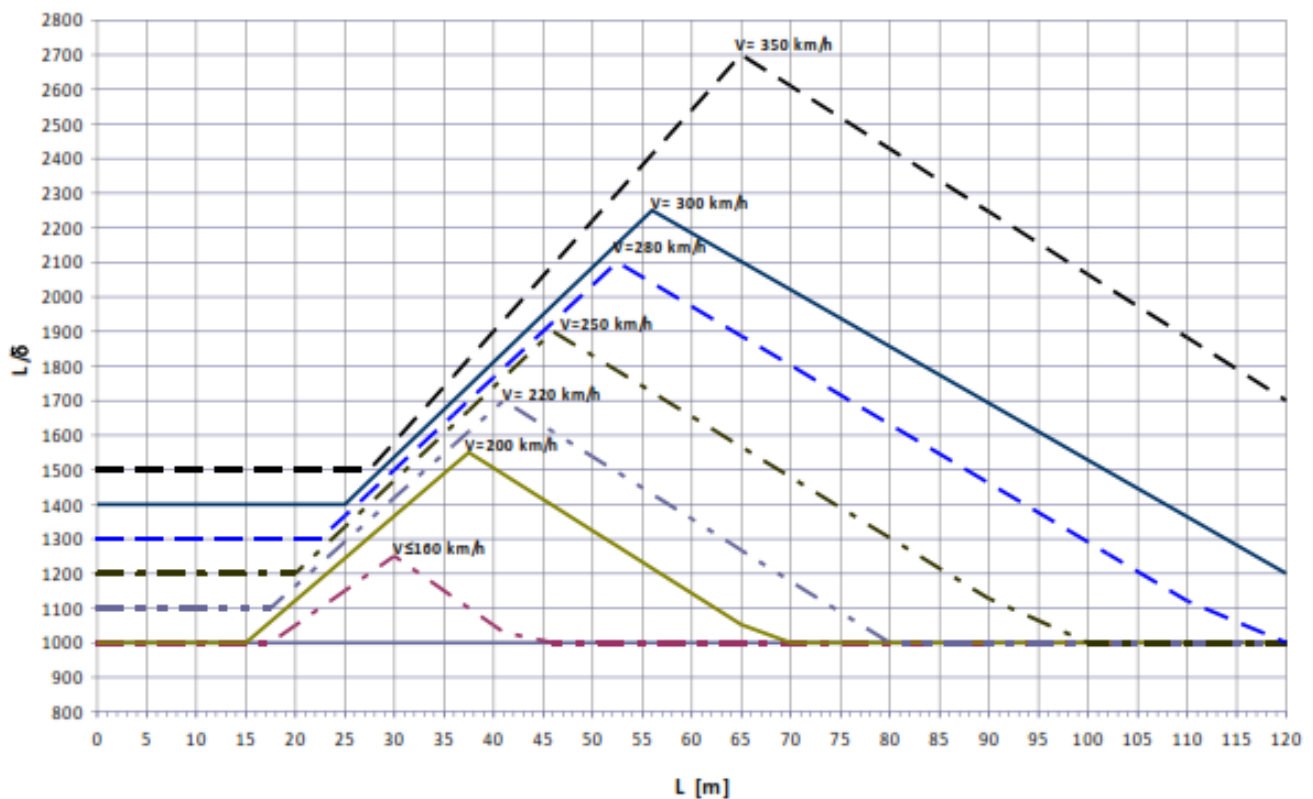


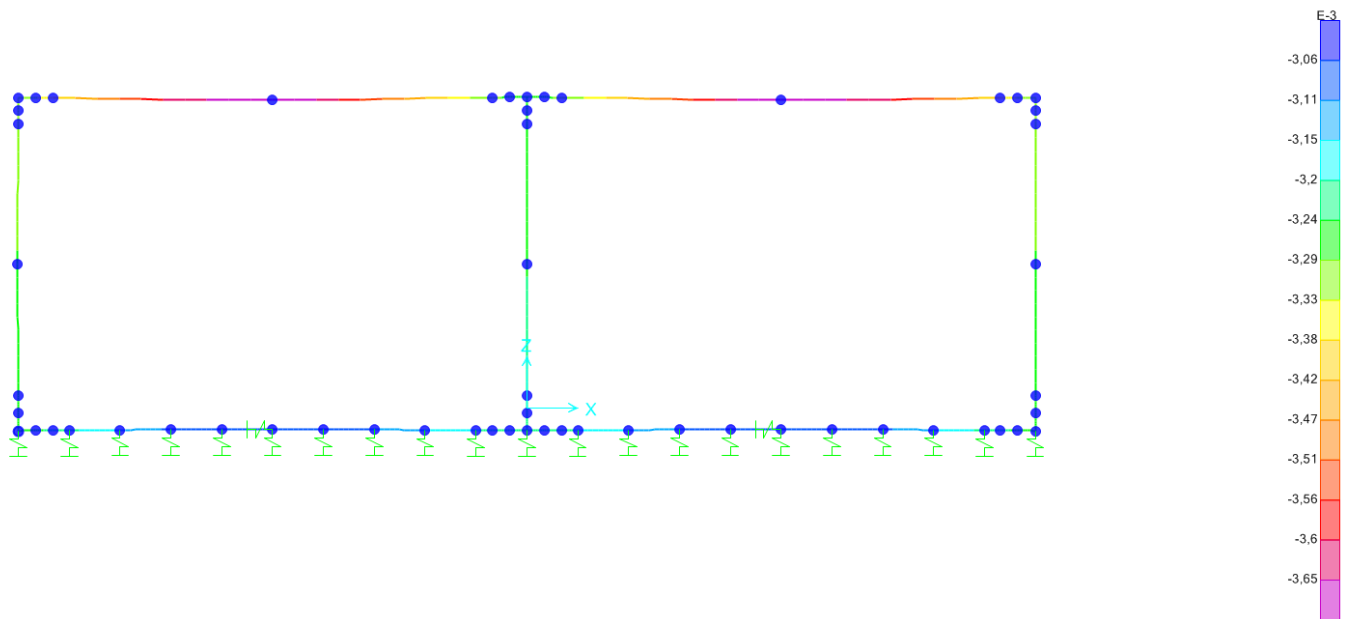
Fig. 5.2.1.8.3.2.2-2 Valori del limite di deformabilità L/δ per il confort dei passeggeri.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	77 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Nella seguente immagine si riporta la deformazione della soletta superiore dovuto al singolo carico del treno LM71:



Condizione da soddisfare: $\delta/L < 1/1000$

Per il scatolare il valori per le frecce sono come segue:

- Freccia – mezzeria della soletta – 0.0037m
- Freccia – appoggio della soletta – 0.0033m

$\delta = 0.0037 - 0.0033 = 0.0004\text{m}$; Per $L = 2.50\text{m}$ $\Rightarrow \delta/L < 1/1000$; $0.0004/2.50 = 0.00016 < 0.001$ - **Verificata**

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
 Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	78 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

10 RIEPILOGO ARMATURE – SCATOLARE

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Armatura secondaria	Incidenze
soletta superiore	nodo	Φ 16/10 sup. Φ 16/10 inf.	φ12/20 ambo i lati	165 kg/m ³
	campata	Φ 16/10 sup. Φ 16/10 inf.	φ12/20 ambo i lati	
	nodo mezz.	Φ 20/10 sup. Φ 16/10 inf.	φ12/20 ambo i lati	
piedritti destra sinistra	nodo sup.	φ14/10 est. φ14/20 int.	φ12/20 ambo i lati	75 kg/m ³
	nodo inf.	φ14/10 est. φ14/20 int.	φ12/20 ambo i lati	
piedritto centrale	Tutta altezza	φ14/10 est. φ14/10 int.	φ12/20 ambo i lati	90 kg/m ³
soletta inferiore	mezzeria	Φ 14/10 sup. Φ 14/10 inf.	φ12/20 ambo i lati	100 kg/m ³
	nodo	Φ 14/10 sup. Φ 14/10 inf.	φ12/20 ambo i lati	

11 MODELLO DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO

Come modello di calcolo (si vedano le figure successive) si è assunto lo schema statico di telaio chiuso analizzato attraverso un'analisi elastico-lineare attraverso il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000 (Computers and Structures®).

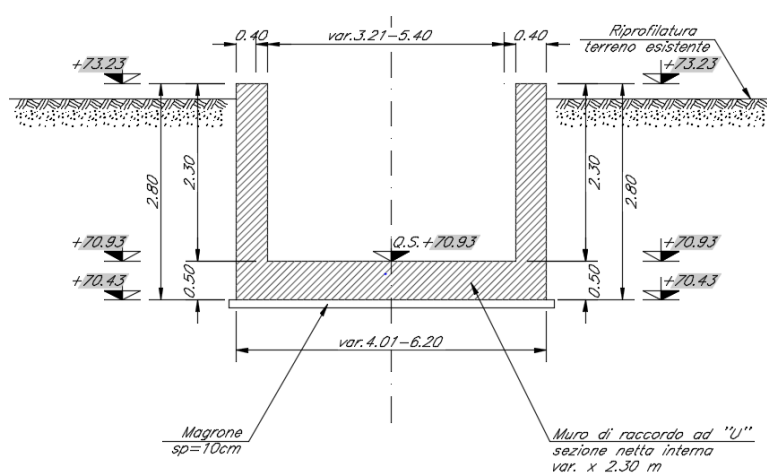


Figura 31: Sezione trasversale- muro di imbocco

La mesh (si vedano le figure seguenti) è composta da 18 beam elements e da 19 nodi. Tale telaio viene descritto attraverso le linee d'asse delle singole membrature e pertanto, le aste del modello avranno lunghezza pari alla dimensione netta interna maggiorate della metà degli spessori delle aste adiacenti.

L'analisi strutturale e' condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici.

Il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler.

La soletta inferiore viene divisa in 10 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno-struttura.

Si assume un valore del modulo di reazione verticale del terreno $K_s = 25616 \text{ kN/m}^3$, in base al quale ricavano i valori delle singole molle.

Terreno di fondazione

Modulo di Young	E	65000,00	kN/m ²
numero di molle	n	11,00	per unità di lunghezza
costante molla	kv	25616	kN/m ³ (Vogt)

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	80 di 132

Secondo le indicazioni contenute nel manuale di progettazione RFI, la soletta inferiore viene suddivisa in 10 elementi di pari lunghezza, ossia 11 nodi ai quali sono assegnate le seguenti molle verticali. Considerata la profondità unitaria del modello $B=1,0\text{m}$, si ha:

Molle centrali

$$K_{\text{centrale}} = K_s * (L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10$$

$$= 14857 \text{ kN/m}$$

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K_1 = K_3 = 2 * K_s * [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10/2 + (L_p/2)] = 25103 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 5,6,12 e 13 come da letteratura si assumono:

$$K_5 = K_6 = K_{12} = K_{13} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 22285 \text{ kN/m}$$

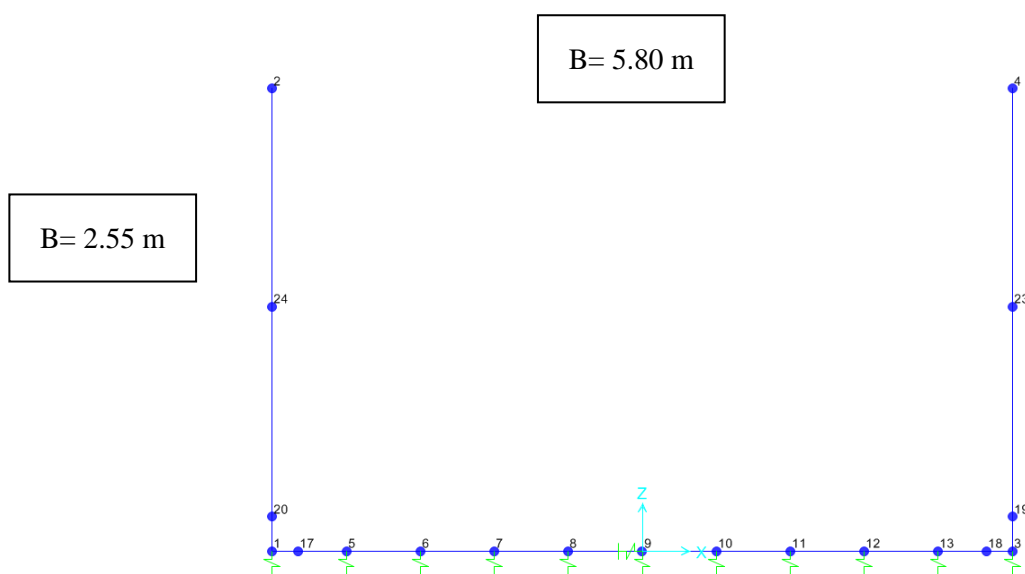


Figura 32: Numerazione nodi

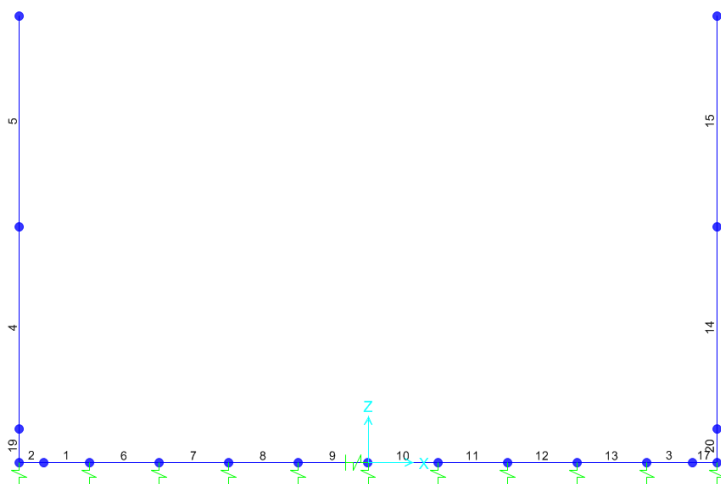


Figura 33: Numerazione aste

12 ANALISI DEI CARICHI

12.1 Peso proprio (PP)

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

12.2 Spinta sulle pareti dovuta al terreno (SPTSX e SPTDX)

Per il rinterro si prevede un terreno avente angolo di attrito $\varphi = 35^\circ$ ed un peso di volume $\gamma_r = 19.5 \text{ kN/m}^3$, il coefficiente di spinta viene calcolato, considerando l'elevata rigidità dello scatolare, utilizzando la formula:

$$K_0 = 1 - \sin\varphi' = 0.426$$

Cond. STR			
$p_1 =$	0	kN/m	Pressione testa muro
$p_2 =$	21.18	kN/m	Pressione in asse soletta inferiore
$p_3 =$	23.28	kN/m	Pressione intradosso soletta inferiore

In più, viene aggiunto, come carico concentrato nei di estremità del piedritto la parte di spinta del terreno esercitata su metà spessore della soletta superiore e quello agente su metà spessore della soletta inferiore.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	82 di 132

Carico concentrato sui nodi 1 & 3

Nodi inf.	$1/2 * (p2 + p3) * Sf/2$	5.56 kN	Spinta semispessore soletta inferiore
-----------	--------------------------	---------	---------------------------------------

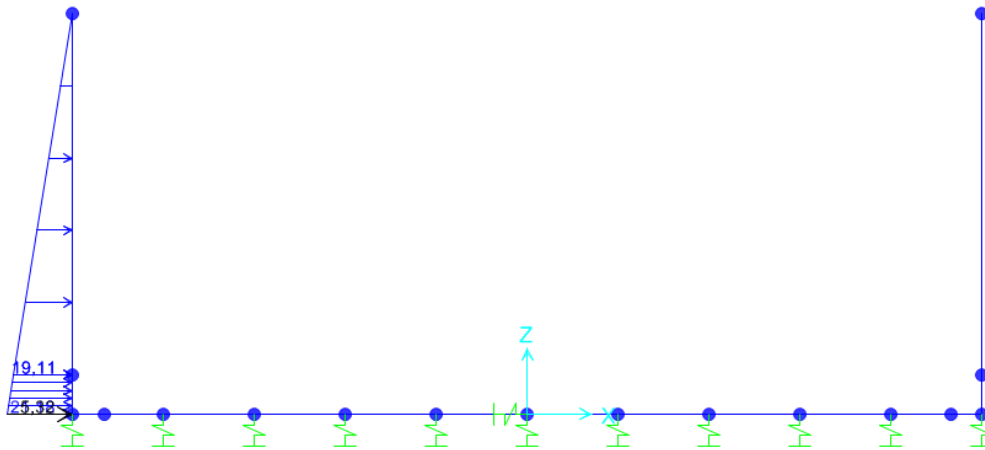


Figura 34:Spinte terre sul piedritto sinistro(stesso per piedritto destro)

12.3 Spinta del sovraccarico accidentale traffico (SASX)

Sul piedritto sinistro si applica una spinta uniformemente distribuita dovuto alla presenza di un carico accidentale di 20 kn/me (traffico veicolare) calcolato come $k0q=0.426*20=8.52\text{kN/m}^2$

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nel nodo 1 (per la SASX) la parte di sovraspinta dei carichi esercitata su 1/2 spessore della soletta inferiore pari a 2.13kN.

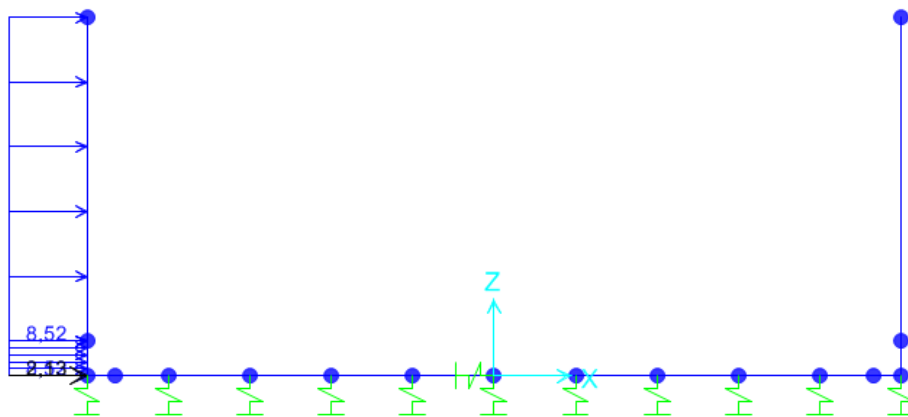


Figura 35:Spinta accidentale traffico

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	83 di 132

12.4 Sovrappinta sismica del terreno (SISX e SIDX)

In base alla teoria di Wood la risultante dell'incremento di spinta sismico su una parete di altezza H viene determinato con la seguente espressione:

$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

La risultante viene applicata ad un'altezza pari ad H/2 e considerata agente su uno solo dei piedritti dell'opera.

Pertanto allo SLV la sovrappinta sismica delle terre vale:

$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

con

$a_{\max} = 0.251g$; $H = 2.80 \text{ m}$; $\gamma = 19.5 \text{ KN/m}^3 \Rightarrow$ Applicato al modello di calcolo : $\Delta S_E = 13,71 \text{ KN/m}$

Per i coefficienti sismici vedi par. 7.10.

Inoltre, vengono aggiunte, come carico concentrato nel nodo inferiore la forze, derivante dalla parte di spinta agente su metà spessore dell fondazione:

(SISX) sul nodo inferiore		
$Q_h \cdot S_s / 2$	3.43	kN

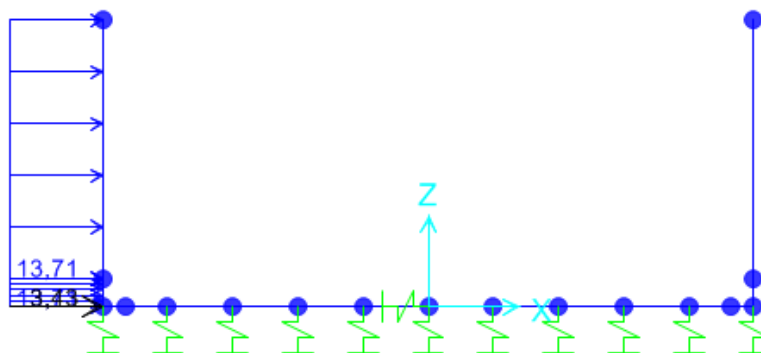


Figura 36: Spinta terre fase sismica (stesso per piedritto destra)

12.5 Forze sismiche orizzontali e verticali (INERZIEH & SISVER)

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. Per i coefficienti sismici vedi par. 7.10.

$$F_{o,montante} = \pm 2,51 \text{ kN/m}^2$$

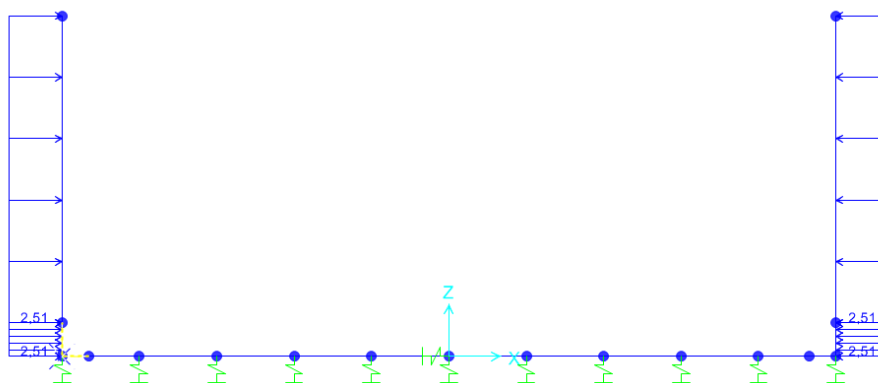


Figura 36: Forza inerziale orizzontale

$$F_{v,montante} = \pm 1,26 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{v,solettainf} = \pm 1,57 \text{ kN/m}^2$$

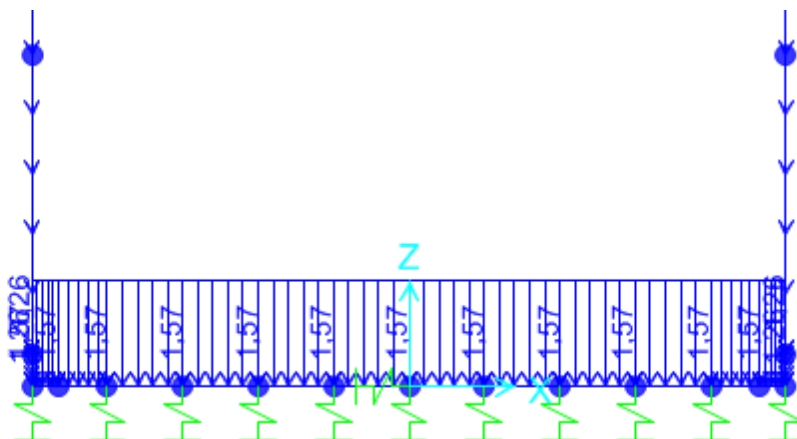


Figura 37: Forza inerziale verticale

13 COMBINAZIONE DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI

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 tabelle 6.2.I e 6.2.II delle NTC2008.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_f	1,0	1,0

Per i calcoli strutturali dell'opera sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

	PP	STSX	STDx	SASX	SISX	SIDx	INERZIEH	SISVER
SLU 1	1.30	1.30	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU 2	1.30	1.30	1.30	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU 3	1.30	1.30	1.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
RARA 1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FREQ 1	1.00	1.00	1.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
QP 1	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLV1	1.00	1.00	1.00	0.20	1.00	0.00	1.00	0.30
SLV2	1.00	1.00	1.00	0.20	0.30	0.00	0.30	1.00
SLV3	1.00	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	1.00	0.30
SLV4	1.00	1.00	1.00	0.20	0.30	0.30	0.30	1.00

Dove:

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	86 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

- PP: peso proprio della struttura;
- STSX: spinta geostatica del terreno da sx;
- STDX: spinta geostatica del terreno da dx;
- SASX: spinta sul piedritto di sx del sovraccarico accidentale;
- SISX: sovraspinta sismica del terreno sul piedritto di sinistra;
- SIDX: sovraspinta sismica del terreno sul piedritto di destra;
- INERZIEH: forze di inerzia in orizzontale;
- SISVER: forze di inerzia in verticale.

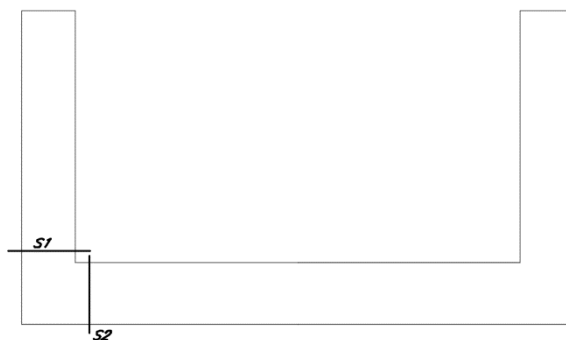


Figura 17 –Sezioni di verifica

Di seguito si riportano gli involuipi dei diagrammi delle sollecitazioni derivanti dalle combinazioni relative ai tre stati limite considerati.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	87 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

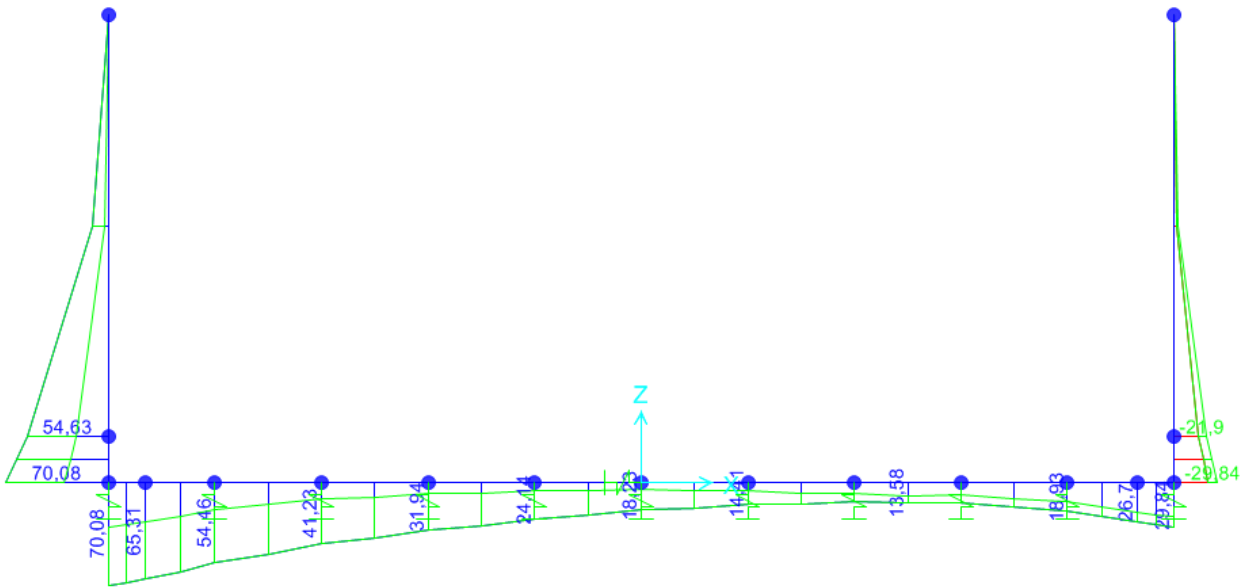


Figura 38: Inviluppo M - SLU

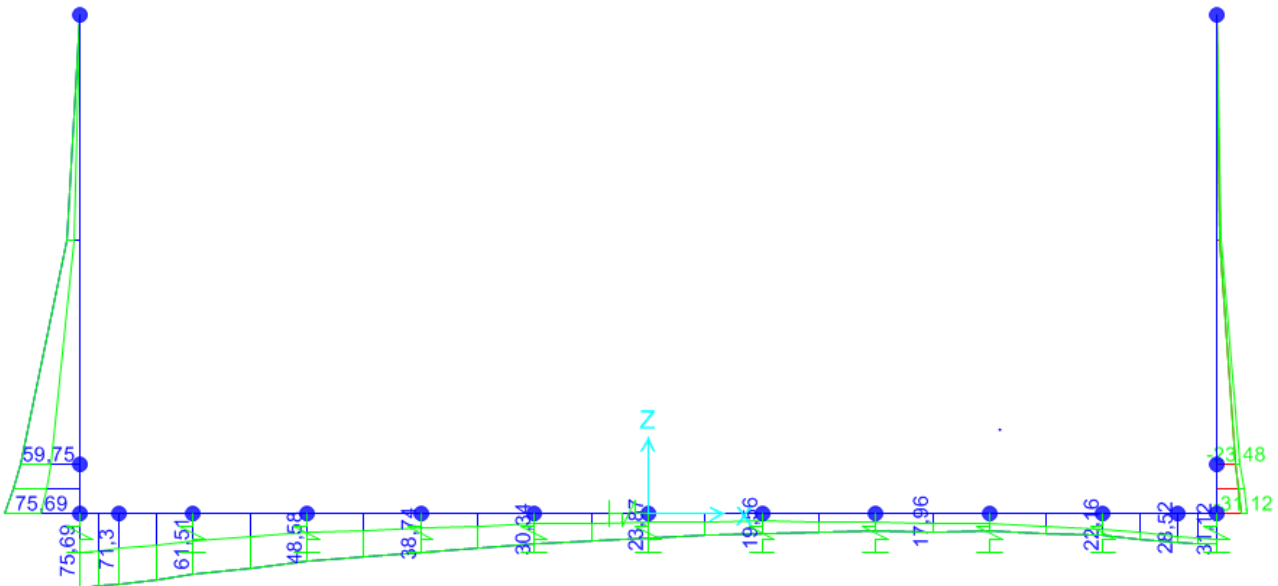


Figura 39: Inviluppo M - SLV

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	88 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

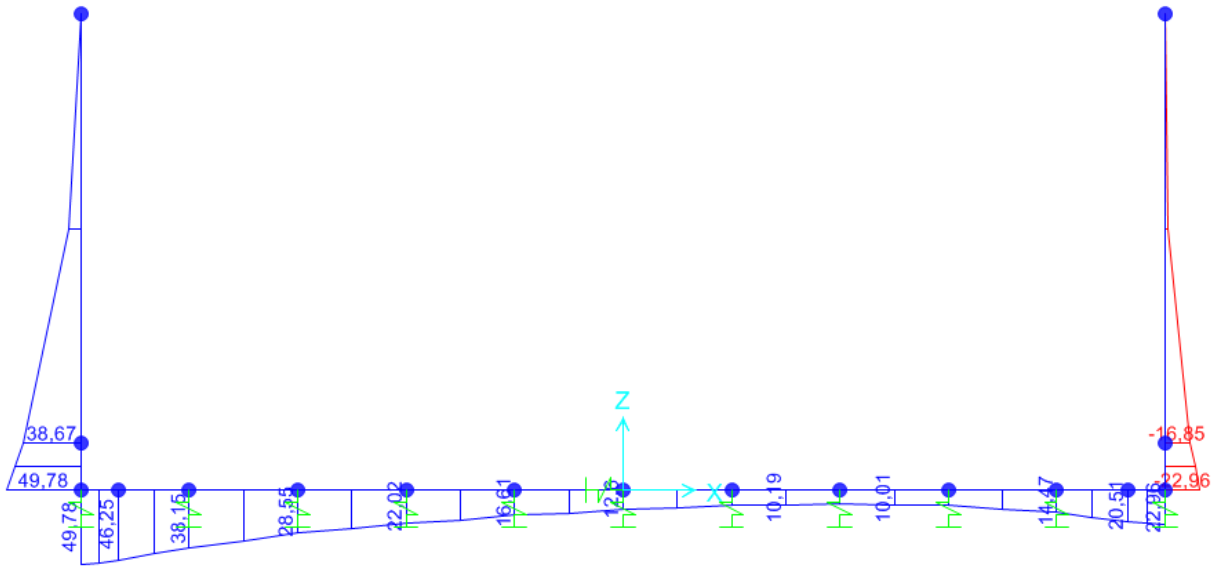


Figura 40: Diagrama M - RARA

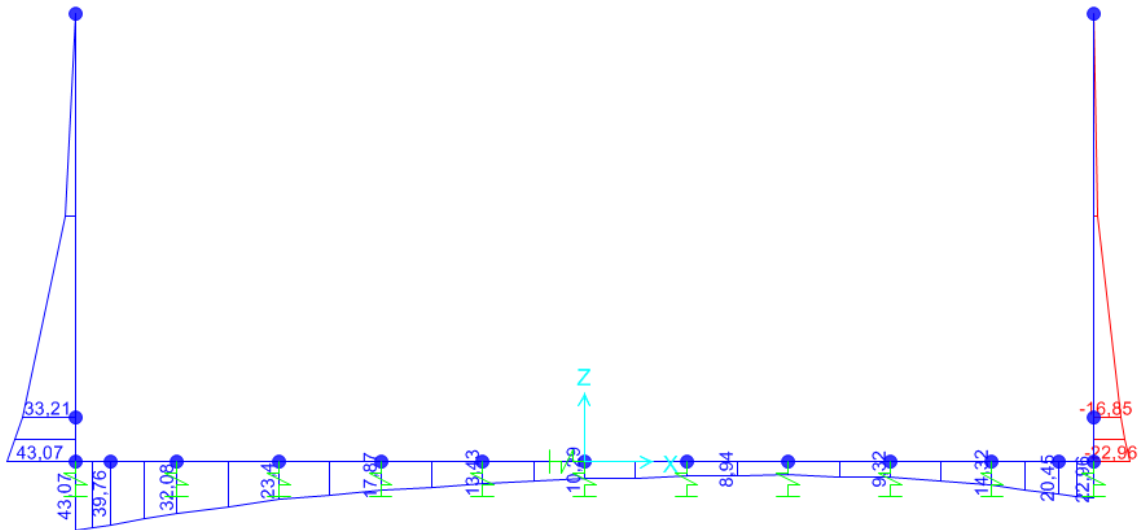


Figura 41: Diagrama M - FREQ

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	89 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

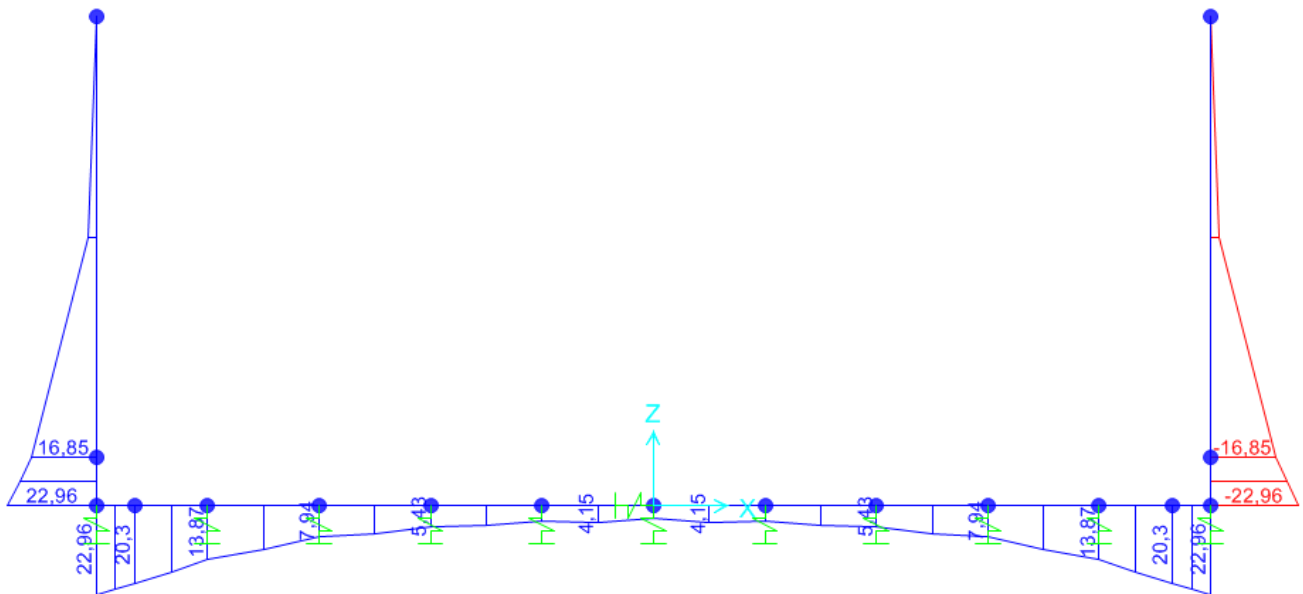


Figura 42: Diagramma M - QP

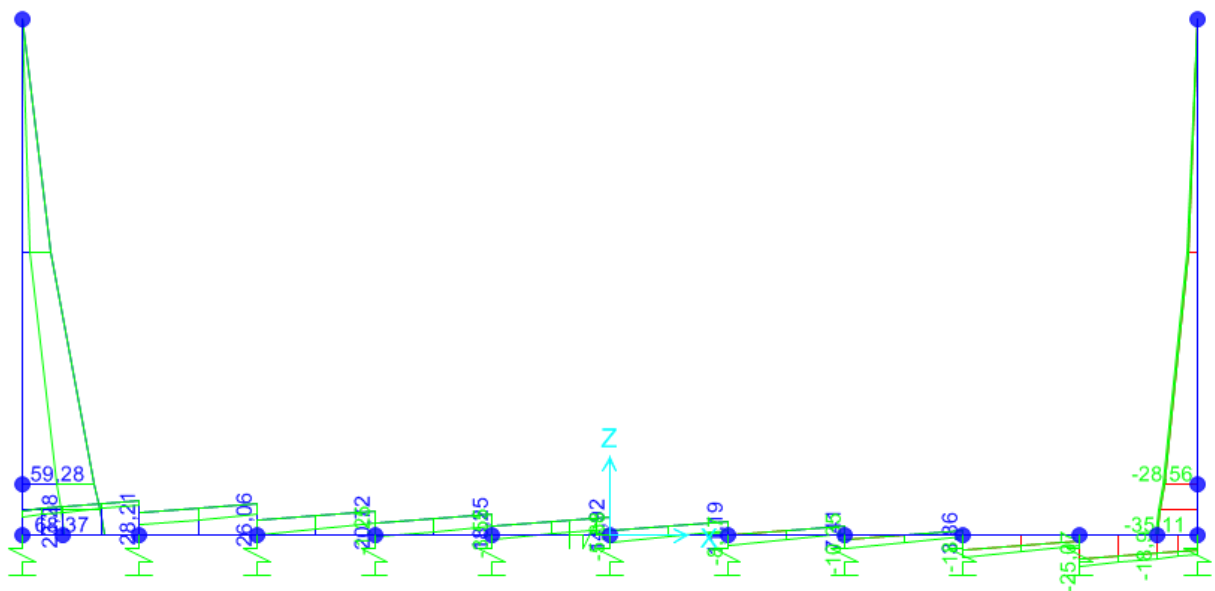


Figura 43: Inviluppo taglio SLU/SLV

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	90 di 132

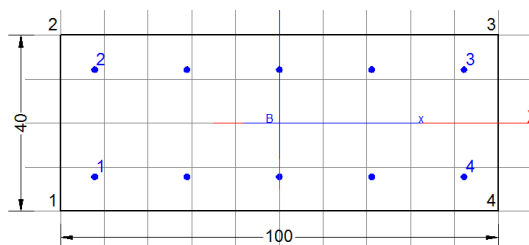
Relazione di calcolo tombino ferroviario

14 VERIFICHE

14.1 Verifiche a flessione

14.1.1 Sezione 1

OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	Text	KN	KN	KN-m
SLV1	Combination	-23,863	59,278	59,7471
SLU2	Combination	-29,891	57,026	54,6306
RARA	Combination	-22,993	40,947	38,6665
FREQ	Combination	-22,993	36,203	33,2111
QP	Combination	-22,993	21,972	16,8452



Armatura tesa	Φ 14/20
Armatura compressa	Φ 14/20
Armatura a taglio	Φ 8/40x40

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	91 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-20.0
2	-50.0	20.0
3	50.0	20.0
4	50.0	-20.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.5	-13.5	14
2	-43.5	13.5	14
3	43.5	13.5	14
4	43.5	-13.5	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	14
2	2	3	3	14

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	92 di 132

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	59.74	0.00	0.00	0.00
2	0.00	54.60	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	38.67	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	33.21 (73.65)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	16.85 (73.65)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	93 di 132

Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	59.74	0.00	0.00	105.45	0.00	1.765	15.4(5.0)
2	S	0.00	54.60	0.00	0.00	105.45	0.00	1.931	15.4(5.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00959	-50.0	20.0	-0.00146	43.5	13.5	-0.02207	-43.5	-13.5
2	0.00350	-0.00959	-50.0	20.0	-0.00146	43.5	13.5	-0.02207	-43.5	-13.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000763395	-0.011767909	0.137	0.700
2	0.000000000	0.000763395	-0.011767909	0.137	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $\beta_1 \cdot \beta_2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.18	-50.0	20.0	-163.1	-21.8	-13.5	1272	7.7	19.6	1.00

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	94 di 132

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.73	-50.0	20.0	-140.0	-43.5	-13.5	1272	7.7	19.6	0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver.	Descrizione
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
k2	Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area $A_{c\ eff}$
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= $(S1 + S2)/(2*S1)$ con riferimento all'area tesa $A_{c\ eff}$
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	= $1 - \beta_{12} * (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \beta_{12} * (f_{ctm}/S_2)^2 = 1 - \beta_{12} * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * S_s/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e\ sm * srm$. Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.2	-0.2	0.152	14	58.0	-1.459	0.00028 (0.00028)	295	0.141 (0.30)	73.65	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.38	-50.0	20.0	-71.1	-21.8	-13.5	1272	7.7	19.6	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.6	-0.1	0.152	14	58.0	-8.553	0.00014 (0.00014)	295	0.071 (0.20)	73.65	0.00

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	95 di 132

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}

Cl_s condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

Ø_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

N_{Rd} 5810,0 KN sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

ctgθ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Elemento non armato a taglio

k 1,76

k_{eff} 1,76 coefficiente considerato nei calcoli

v_{min} 0,406

V_{Rd,1} 130,0 KN taglio resistente - valore 1

V_{Rd,2} 142,2 KN taglio resistente - valore 2

V_{Rd} **142,2** KN taglio resistente di calcolo

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	96 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

14.1.2 Sezione 2

OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	Text	KN	KN	KN-m
SLV3	Combination	-77,117	21,56	71,6395
SLU2	Combination	-76,677	25,472	65,3087
RARA	Combination	-55,428	18,92	46,2457
FREQ	Combination	-49,653	17,824	39,7591
QP	Combination	-32,328	14,538	20,2992

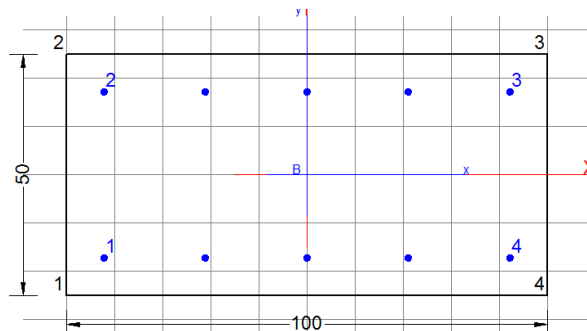
Armatura tesa Φ 14/20

Armatura compressa Φ 14/20

Armatura a taglio Φ 8/40x40

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	200000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	97 di 132

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-25.0
2	-50.0	25.0
3	50.0	25.0
4	50.0	-25.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.5	-18.5	14
2	-43.5	18.5	14
3	43.5	18.5	14
4	43.5	-18.5	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	14
2	2	3	3	14

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	65.30	0.00	0.00	0.00
2	0.00	71.63	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	98 di 132

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	46.24	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	39.75 (114.76)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	20.29 (114.76)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
--------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	---------

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	99 di 132

1	S	0.00	65.30	0.00	0.00	135.58	0.00	2.076	15.4(6.4)
2	S	0.00	71.63	0.00	0.00	135.58	0.00	1.893	15.4(6.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01286	-50.0	25.0	-0.00146	43.5	18.5	-0.02971	-43.5	-18.5
2	0.00350	-0.01286	-50.0	25.0	-0.00146	43.5	18.5	-0.02971	-43.5	-18.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000763372	-0.015584292	0.105	0.700
2	0.000000000	0.000763372	-0.015584292	0.105	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.47	-50.0	25.0	-148.8	-43.5	-18.5	1277	7.7	19.6	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.13	-50.0	25.0	-127.9	-21.8	-18.5	1277	7.7	19.6	0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	100 di 132

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica
S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area $A_{c\ eff}$
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = $(S1 + S2)/(2*S1)$ con riferimento all'area tesa $A_{c\ eff}$
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = $1 - \beta_{12} * (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \beta_{12} * (f_{ctm}/S_2)^2 = 1 - \beta_{12} * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * S_s/E_s$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]
wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e\ sm * srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.9	-0.3	0.169	14	58.0	-3.167	0.00026 (0.00026)	312	0.136 (0.30)	114.76	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.09	-50.0	25.0	-65.3	-21.8	-18.5	1277	7.7	19.6	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.5	-0.2	0.169	14	58.0	-14.995	0.00013 (0.00013)	312	0.069 (0.20)	114.76	0.00

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	101 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}

Cl_s condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_s coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

Ø_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

N_{Rd} 7470,0 KN sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

ctgθ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Elemento non armato a taglio

k 1,67

k_{eff} 1,67 coefficiente considerato nei calcoli

v_{min} 0,376

V_{Rd,1} 145,9 KN taglio resistente - valore 1

V_{Rd,2} 169,1 KN taglio resistente - valore 2

V_{Rd} 169,1 KN taglio resistente di calcolo

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	102 di 132

15 RIEPILOGO ARMATURE – MURO AD U

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Armatura secondaria	Incidenze
piedritti		φ14/20 est. φ14/20 int.	φ10/20 ambo i lati	51 kg/m ³
fondazione		φ14/20 est. φ14/20 int.	φ10/20 ambo i lati	41 kg/m ³

16 PLATEA DI VARO E MURO REGGISPINTA

La platea di varo deve essere dimensionata per sopportare le sollecitazioni derivanti dal peso e dallo scorrimento del monolite sulla stessa. La platea di varo è collegata al muro reggispinta, necessario per garantire la necessaria azione di contrasto ai martinetti durante le fasi di spinta.

16.1 Azioni e sollecitazioni

All'inizio delle operazioni di spinta, i martinetti di spinta devono vincere l'attrito tra l'intradosso fondazione e la platea di varo; il coefficiente di attrito di primo distacco può raggiungere valori di poco superiori all'unità: si assume tuttavia il valore 1.00. Non è presente alcun attrito del terreno sulle pareti laterali dell'opera. Il coefficiente di attrito assunto è sicuramente cautelativo in virtù degli accorgimenti tecnici assunti per favorire il distacco e lo scivolamento tra le due superfici (fogli di tessuto non tessuto del peso di 200 gr/m² con interposto uno strato di scorrimento formato da due fogli a contatto di polietilene cerato del peso di 200 gr/ m²).

In tale configurazione la platea di varo è soggetta a prevalenti azioni di sforzo normale di trazione. Quest'ultimo è generato dalle azioni di attrito con la fondazione del monolite.

Le caratteristiche geometriche e i parametri geotecnici da tenere in considerazione sono i seguenti:

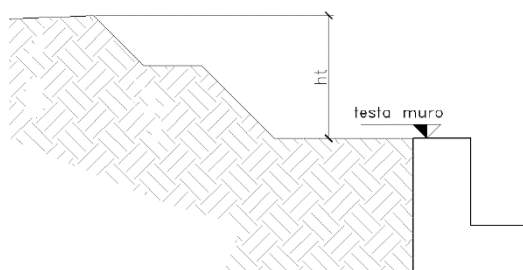
DATI GEOMETRICI				
B_{tot}	=	6.2	[m]	Larghezza totale scatolare
B_{int}	=	5	[m]	Larghezza utile scatolare
S_{sol_sup}	=	0.3	[m]	Spessore soletta superiore
L_{sol}	=	9.72	[m]	Lunghezza soletta superiore
S_{pie}	=	0.6	[m]	Spessore piedritti
L_{pied}	=	9.72	[m]	Lunghezza piedritti
S_{fond}	=	0.4	[m]	Spessore fondazione
L_{scat}	=	9.72	[m]	Lunghezza scatolare
H_{tot}	=	2.25	[m]	Altezza totale scatolare
H_{int}	=	1.55	[m]	Altezza libera scatolare
P_{ros}	=	0	[kN]	Peso rostri e travi

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
 Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	104 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

P_{scat}	=	1507	[kN]	Peso scatolare finale
P_{mon}	=	1507	[kN]	Peso monolite
A_{ext}	=	164	[m ²]	Superficie esterna monolite
h_m	=	2.55	[m]	Altezza totale scatolare
L_{pv}	=	22.44	[m]	Lunghezza platea di varo
B_{pv}	=	7.52	[m]	Larghezza platea di varo
H_{pv}	=	0.4	[m]	Altezza platea di varo
H_{pv2}	=	1.25	[m]	Altezza platea di varo vicino al muro
P_{pv}	=	1687	[kN]	Peso platea di varo
h_{ms}	=	3.9	[m]	Altezza totale muro di spinta
h_{ms2}	=	1.8	[m]	Altezza muro sopra la platea
S_{ms}	=	1.5	[m]	Spessore muro di spinta
L_{ms}	=	7.52	[m]	Lunghezza muro di spinta
i_m	=	5.8	[m]	interasse martinetti
h_b	=	0	[m]	Altezza del ballast
γ_{bal}	=	18	[kN/m ³]	Peso specifico del ballast
h_t	=	0	[m]	Spessore terreno al di sopra del muro
$h_{t,lat}$	=	0	[m]	Altezza terreno laterale



Nel caso in esame il manufatto si sposta dalla posizione di varo alla sua posizione finale, muovendosi soltanto sulla platea e non è mai in contatto con il terreno; di conseguenza non è necessario verificare la spinta sul terreno dietro il muro reggispinga.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
 Palma**
 Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	105 di 132

A favore di sicurezza si ipotizza il monolite appesantito internamente dalle macchine operatrici nonché dalla presenza di terreno di risulta dello scavo quantificabile in un sovraccarico uniforme pari a 15.0 kN/m^2 che interessa tutta la soletta di base del monolite.

Dati geotecnici del terreno sotto platea				
ϕ_1	=	38	[-]	Angolo di attrito
c_1	=	0	[kPa]	Coesione
$\delta=\phi_1$	=	38	[-]	Angolo di attrito terreno-muro
$\tan\delta$	=	0.781	[-]	Coefficiente di attrito terreno-platea

Calcolo azioni di spinta				
q_{macchine}	=	15	[kN/m ²]	Carico macchine operatrici all'interno per metro quadrato
$S_i=(P_{\text{mon}}+Q)\times 1$	=	2236	[kN]	Spinta di primo distacco agente sulla platea
q_{macchine}	=	15	[kN/m ²]	Carico macchine operatrici all'interno per metro quadrato
$s_i=S_i/B_{pv}$	=	297	[kN/m]	Spinta distribuita di primo distacco agente sulla platea

Il calcolo della platea di varo è effettuato nell'ipotesi che l'armatura longitudinale nella stessa sia in grado di assorbire l'azione di attrito trasmessa dal monolite in fase di spinta.

Verifica platea in fase di varo				
f_{yd}	=	391	[MPa]	Tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio B450C
γ_{SLU}	=	1.5	[-]	Coefficiente moltiplicativo dei carichi
$S_{i,d}=S_i \times \gamma_{SLU}$	=	446	[kN/m]	Sforzo totale di progetto (distribuito per la larghezza della platea)
$S_{i,d}=S_i \times \gamma_{SLU}$	=	3353	[kN]	Forza di progetto totale
$S_{i,d}/2$	=	1677	[kN]	Forza di progetto per un martinetto
L_{dis}	=	1.5	[m]	Lunghezza di distribuzione della forza concentrata del martinetto

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
 Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	106 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

$A_{s,min}=S_{i,d}/f_{yd}$	=	1140	[mm ²]	Area minima di armatura resistente
$\phi_{long\ sup}$	=	24	[mm]	Diametro barra longitudinale superiore
p_1	=	100	[mm]	Passo delle barre longitudinali
n_1	=	10	[-]	Numero barre longitudinali a trazione superiore
$\phi_{long\ inf}$	=	20	[mm]	Diametro barra longitudinale
p_1	=	100	[mm]	Passo delle barre longitudinali inferiore
n_1	=	10	[-]	Numero barre longitudinali a trazione superiore
$A_{s,eff}=(\phi_{long})^2 \times 3.1416/4 * n_1$	=	7665	[mm ² /m]	Area resistente di acciaio nella soletta longitudinale (superiore+inferiore)
ϕ_{tr}	=	16	[-]	Diametro barra trasversale
p_2	=	200	[mm]	Passo barre trasversali
n_2	=	10	[-]	Numero barre trasversali (superiore+ inferiore)
25% $A_{s,eff}$	=	1916	[mm ²]	Area minima resistente di acciaio nella soletta (trasversale)
$A_{s,trasv} > 25\% A_{s,eff}$	=	2011	[mm ²]	Area resistente di acciaio nella soletta (trasversale)
$N_{Ed,T2}$	=	446	[kN/m]	
$N_{Rd,T2}$	=	2997	[kN/m]	
α	=	30	°	
$N_{Ed,T1}$	=	645	[kN/m]	
ϕ_{tr}	=	16	[-]	Diametro barra longitudinale
p_2	=	100	[mm]	Passo barre longitudinali
n_2	=	10	[-]	Numero barre longitudinali interne
$A_{s,eff}=(\phi_{long})^2 \times 3.1416/4 * n_2$	=	2011	[mm ² /m]	Area resistente di acciaio nella soletta (longitudinale)
$N_{Rd,T1}$	=	786	[kN/m]	
B_{forze}	=	0.75	[m]	Braccio delle forze tranite C e T2
M	=	334	[kNm/m]	

In direzione trasversale si dispone in soletta armatura di ripartizione sia all'estradosso che all'intradosso della soletta pari a circa il 25% dell'armatura longitudinale principale.

Lo sforzo di trazione agente sulla platea di varo varia linearmente dal valore massimo calcolato nella sezione di attacco al muro reggispinta sino al valore nullo all'estremità opposta.

La platea di varo è soggetta ad azioni taglianti trascurabili, pertanto la relativa verifica a taglio viene omessa.

L'azione di spinta applicata dai martinetti e la corrispettiva azione di tiro impressa dalla soletta di varo valgono

$$s_{i,d} = 446 \text{ kN/m.}$$

Il muro reggispinta è quindi sottoposto ad un regime di sforzi le cui risultanti di trazione e compressione si esplicano come in figura a seguire:

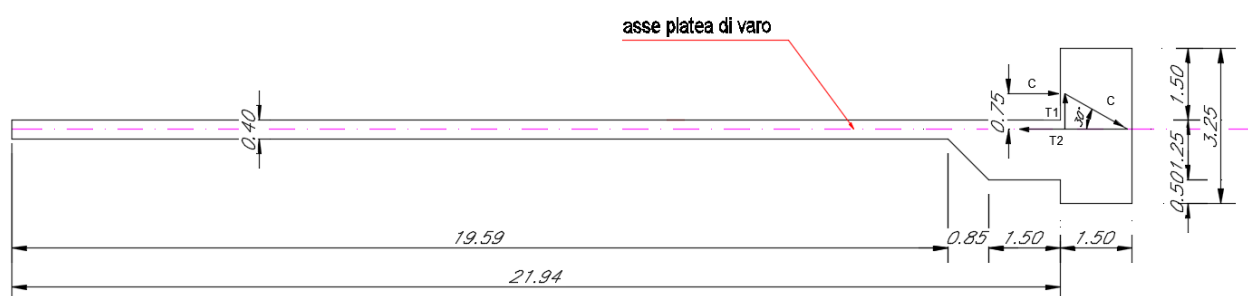


Figura 44 Sollecitazioni agenti all'interno del muro reggispinta al primo distacco.

Il corrente teso inferiore (T_2) sottopone a trazione le barre di armatura della soletta di varo, costituite da $1\phi 24/20 + 1\phi 20/20$ ($A_s = 7665 \text{ mm}^2/\text{m}$).

La distribuzione della forza concentrata dagli martinetti fino all'asse della platea si considera con angolo 45° e sarà:

$$L_{dis} = 2 * 0.75 = 1.5 \text{ m}$$

Il corrente teso verticale (T_1) sarà invece armato mediante $1\phi 16/10$ ($A_s = 2011 \text{ mm}^2/\text{m}$) dovendo sopportare ad un tiro di intensità pari a $N_{Ed,T1} = ((S_{i,d}/2) * \text{tg}30^\circ) / L_{dis} = 645 \text{ kN/m}$.

$$N_{Rd,T1} = 2011 * 391/1000 = 786 \text{ kN/m.}$$

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	108 di 132

La spinta esercitata dai martinetti sul muro reggispinta e la risultante delle trazioni che si producono nella platea di varo risultano agenti a quote differenti. La differenza di quota tra il punto di applicazione della forza e della reazione è pari a 0.75m. Gli effetti indotti dalla coppia torcente $T = 446 * 0.75 = 334 \text{ kNm/m}$.

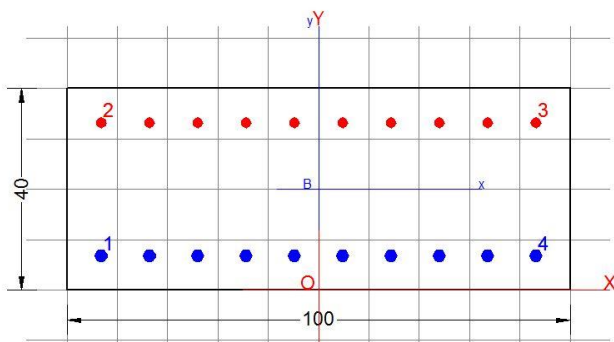
A favore di sicurezza, in corrispondenza delle sezioni di sp. 40 cm e di sp. 125 cm, per fare la verifica a flessione usiamo il momento massimo pari a 334 kNm per tutte due le sezioni.

Per le verifiche agli SLE si considerano le sollecitazioni SLU/1.5.

Verifica a flessione SLU Platea spessore 40cm

Considerando:

- $B = 1000 \text{ mm}$;
- $H = 400 \text{ mm}$;
- $c = 68 \text{ mm}$;
- $A_s = 1\phi 24/10$ (superiore)
- $A'_s = 1\phi 20/10$ (inferiore)



DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: solete40

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	109 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$:	1.00		
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$:	0.50		

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	40.0
3	50.0	40.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.2	6.8	24
2	-43.2	33.2	20
3	43.2	33.2	20
4	43.2	6.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	110 di 132

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	8	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-446.00	334.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	334.00	0.00	0.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-297.40	222.70 (88.30)	0.00 (0.00)
2	0.00	222.70 (96.28)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
--------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	---------

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	111 di 132

1	S	-446.00	334.00	0.00	-445.93	440.32	0.00	1.329	45.2(5.9)
2	S	0.00	334.00	0.00	0.00	498.06	0.00	1.491	45.2(4.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00379	50.0	40.0	0.00061	43.2	33.2	-0.01062	-43.2	6.8
2	0.00350	-0.00268	-50.0	40.0	0.00105	-43.2	33.2	-0.00847	-43.2	6.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000425316	-0.013512622	----	----
2	0.000000000	0.000360657	-0.010926270	0.292	0.805

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.95	-50.0	40.0	-208.2	-33.6	6.8	1400	45.2	9.6	0.50
2	S	8.48	-50.0	40.0	-175.8	-43.2	6.8	1300	45.2	9.6	0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver. Esito della verifica
 S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
 S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
 k3 = $(S1 + S2)/(2*S1)$ con riferimento all'area tesa Ac eff

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	112 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

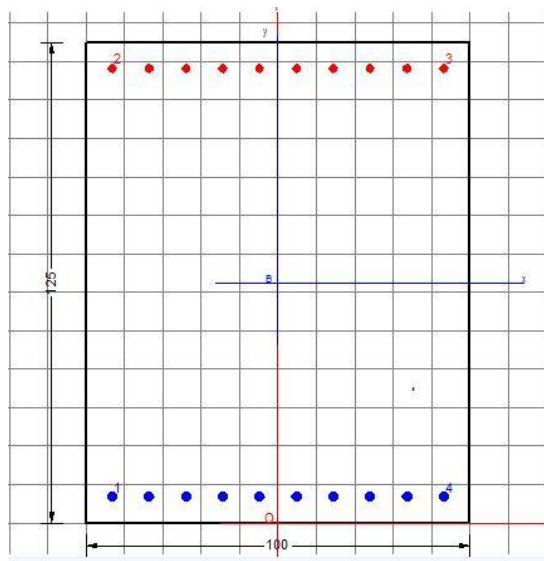
\emptyset Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace A_c eff
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 Psi = $1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{fctm}/\text{S2})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Mfess}/\text{M})^2$
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure. Il valore limite = $0.4 \cdot \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi
 sm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot \text{sm} \cdot \text{srn}$. Valore limite tra parentesi
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	\emptyset	Cf	Psi	e sm	sm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-6.5	-2.3	0.170	24	56.0	0.921	0.00096 (0.00042)	182	0.296 (0.30)	88.30	0.00
2	S	-5.9	-2.0	0.168	24	56.0	0.907	0.00080 (0.00035)	178	0.241 (0.30)	96.28	0.00

Verifica a flessione SLU Platea spessore 125cm

Considerando:

- $B = 1000$ mm;
- $H = 1250$ mm;
- $c = 68$ mm;
- $A_s = 1\phi 24/10$ (superiore)
- $A'_s = 1\phi 20/10$ (inferiore)



IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	113 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: solete125

Descrizione Sezione:	SOLETTA SUPERIORE APPOGGIO ESTERNO DESTRO
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	125.0
3	50.0	125.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.2	6.8	24
2	-43.2	118.2	20
3	43.2	118.2	20

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	114 di 132

4 43.2 6.8 24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	8	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-446.00	334.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	334.00	0.00	0.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-297.40	222.70 (631.82)	0.00 (0.00)
2	0.00	222.70 (823.53)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	115 di 132

N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-446.00	334.00	0.00	-446.15	1755.35	0.00	5.915	45.2(18.5)
2	S	0.00	334.00	0.00	0.00	2002.83	0.00	5.996	45.2(17.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01929	50.0	125.0	0.00061	43.2	118.2	-0.04678	-43.2	6.8
2	0.00350	-0.01582	-50.0	125.0	0.00105	-43.2	118.2	-0.03912	-43.2	6.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000425350	-0.049668809	---	---
2	0.000000000	0.000360617	-0.041577092	0.082	0.700

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	116 di 132

1	S	0.60	50.0	125.0	-76.9	-33.6	6.8	2333	45.2	9.6	0.50
2	S	1.07	-50.0	125.0	-45.3	-43.2	6.8	2333	45.2	9.6	0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver.	Esito della verifica
S1	Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
S2	Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area $A_{c\ eff}$
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= $(S1 + S2)/(2*S1)$ con riferimento all'area tesa $A_{c\ eff}$
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	= $1 - \text{Beta}12^2 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12^2 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12^2 * (M_{fess}/M)^2$
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e\ sm * srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.9	-0.6	0.214	24	56.0	-3.025	0.00015 (0.00015)	237	0.062 (0.30)	631.82	0.00
2	S	-0.7	-0.4	0.203	24	56.0	-5.837	0.00009 (0.00009)	232	0.036 (0.30)	823.53	0.00

16.2 Riepilogo armature

Platea di varo:

Elemento strutturale	Armatura Principale	Armatura secondaria
Platea sez. 125 cm	<p>Ø24/10 sup. longitudinale</p> <p>Ø20/10 inf. longitudinale</p>	Ø16/20 sup. e inf. trasversale
Platea sez. 40 cm	<p>Ø24/10 sup. longitudinale</p> <p>Ø20/10 inf. longitudinale</p>	Ø16/20 sup. e inf. trasversale

Incidenza armature platea di varo 190 kg/m^3 .

16.3 Calcolo dell'armatura orizzontale del muro reggispinta

Per calcolare l'armatura orizzontale del muro, lo schema statico è considerato come una trave appoggiata su i due martinetti, con carico uniformemente distribuito pari a lo sforzo della platea $q=446$ kN/m. A favore di sicurezza la larghezza della trave si considera 1m che coincide con la distribuzione delle forze dal martinetto alla platea.

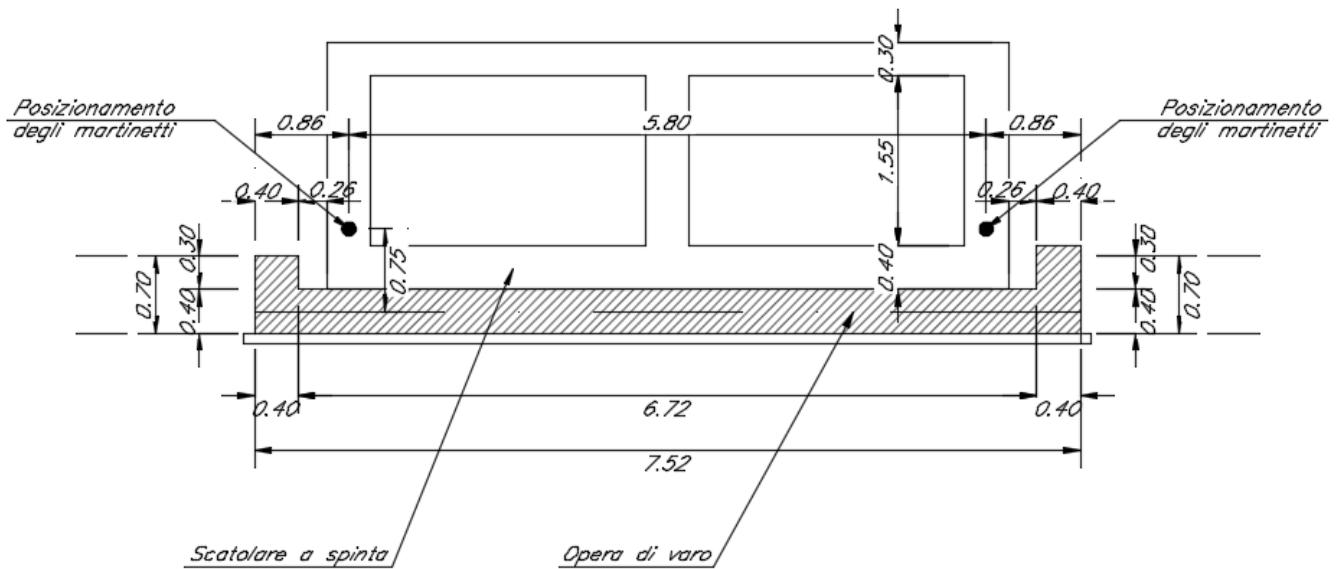


Figura 45 Posizionamento degli martinetti

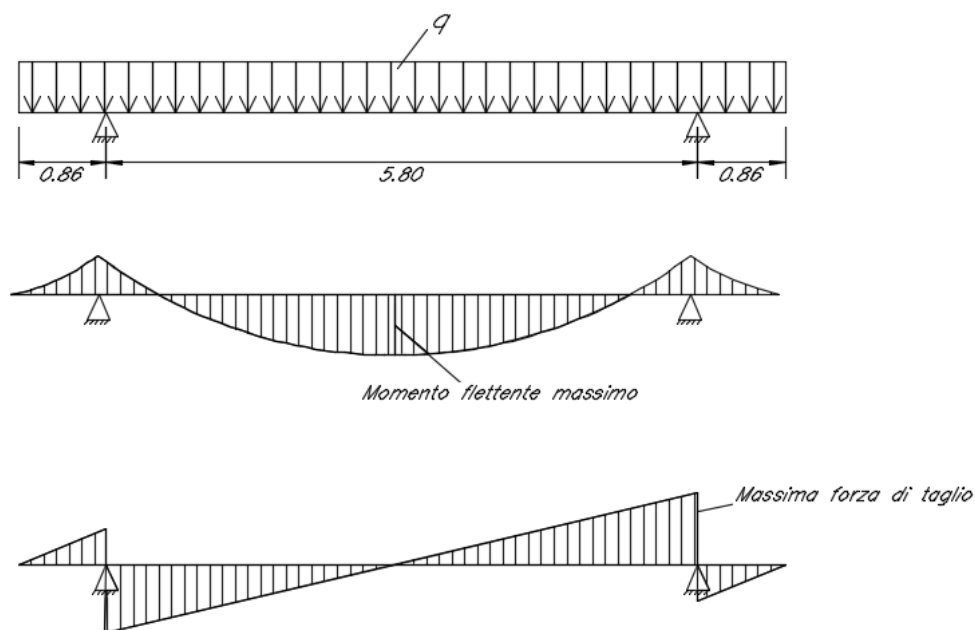


Figura 46 Schema statico per il calcolo della armatura orizzontale del muro

q	=	446	[kN/m]	Carico
l_2	=	5.81	[m]	Interasse martinetti
l_1	=	0.86	[m]	Distanca del muro fuori ai martinetti
$M_{SLU} = 1/8ql_2^2 - 1/2ql_1^2$	=	1710	[kNm]	Momento sul muro reggispinta
$T_{SLU} = 1/2ql_2 - ql_1$	=	910	[kN]	Taglio sul muro reggispinta

La sezione è armata con armatura orizzontale $\phi 24/10$ interni e esterni, armatura verticale $\phi 16/10$ interni e esterni e spille $\phi 10$ e passo 20/40 cm.

Per le verifiche agli SLE si considerano le sollecitazioni SLU/1.5.

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

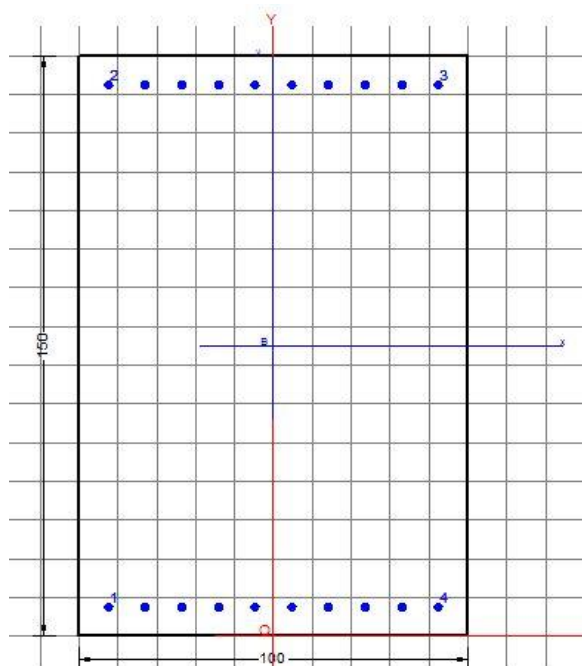
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	119 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Verifica a flessione SLU muro reggispinta

Considerando:

- $B = 1000 \text{ mm}$;
- $H = 1500 \text{ mm}$;
- $c = 76 \text{ mm}$;
- $A_s = 1\phi 24/10$ (interno)
- $A'_s = 1\phi 24/10$ (esterno)



DATI GENERALI SEZIONE IN C.A. **NOME SEZIONE: muro150**

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	120 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00		
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50		

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	150.0
3	50.0	150.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.4	7.8	24
2	-42.4	142.2	24
3	42.4	142.2	24
4	42.4	7.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
 Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	121 di 132

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	8	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My	Vy	Vx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	1710.00	0.00	0.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1140.00 (1169.19)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1710.00	0.00	0.00	2420.82	0.00	1.416	45.2(21.1)

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
 Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	122 di 132

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01945	-50.0	150.0	0.00071	-42.4	142.2	-0.04727	-42.4	7.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000357066	-0.050059826	0.069	0.700

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1*Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.93	50.0	150.0	-191.2	33.0	7.8	2431	45.2	9.4	0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
k2	Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= $(S1 + S2)/(2*S1)$ con riferimento all'area tesa Ac eff
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	= $1-Beta12*(Ssr/Ss)^2 = 1-Beta12*(f_{ctm}/S2)^2 = 1-Beta12*(M_{fess}/M)^2$
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure. Il valore limite = $0.4*Ss/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * sm * srm$. Valore limite tra parentesi

IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia Palma

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	123 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.5	-1.7	0.210	24	66.0	0.474	0.00045 (0.00038)	259	0.199 (0.30)	1169.19	0.00

MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}

Cl_s condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

Ø_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

N_{Rd} 23605.2 KN sforzo normale di compressione massimo

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**
Relazione di calcolo tombino ferroviario

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	124 di 132

Dati traliccio resistente

θ 22.00 ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

$\text{ctg}\theta$ 2.48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Sì

No

τ N/mm² tensione tangenziale corda baricentrica

σ_i N/mm² tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

$\text{ctg}\theta_l$ valore limite dell'inclinazione delle bielle

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd} 467.7 KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V_{Rd} 1216.9 KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

$V_{Ed} < V_{Rd}$

La verifica risulta soddisfatta.

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	125 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

16.4 Riepilogo armature muro reggispinta

Elemento strutturale	Armatura verticale	Armatura orizzontale	Specifica armatura a taglio
Muro reggispinta 100cm x150cm	φ16/10 interni e esterni	φ24/10 interni e esterni	spille φ10/20/40

Incidenza armature muro reggispinta 95 kg/m³.

17 VERIFICA CORDOLO BARRIERA FONOASSORBENTE

Di seguito si riportano le verifiche locali effettuate in corrispondenza della soletta superiore del tombino ferroviario posto in corrispondenza della Roggia di Palma sul quale si prevede di disporre barriere antirumore sia lato est che lato ovest. In particolare saranno disposte barriere tipo H10 lato ovest e barriere H7 lato est.

Le verifiche vengono svolte a favore di sicurezza facendo riferimento alle sollecitazioni valutate per la barriera antirumore tipo H10 (modulo BM130).

Combinazione di calcolo	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
SLU1	301.01	81.42	451.77
SLU2	227.28	81.42	444.31
RARA1	213.54	54.28	295.85
RARA2	221.74	54.28	303.31
FREQ1	207.99	27.14	154.85
FREQ2	216.19	27.14	162.31
QP1	210.65	0.00	21.31
SISMA1	202.45	44.94	79.53
SISMA2	210.65	46.76	91.86

Tabella 1 - Sollecitazioni alla base della barriera valutate nelle diverse combinazioni di carico

Le sollecitazioni considerate si riferiscono ad un'area d'influenza afferente al singolo montante valutata quindi su una larghezza di tre metri e altezza pari all'altezza della barriera.

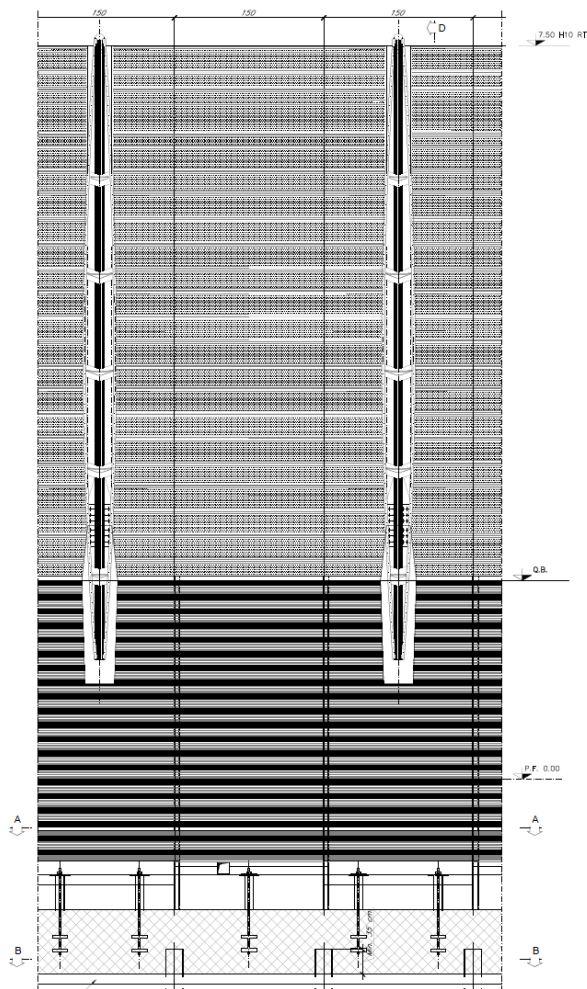


Figura 47 – Prospetto esterno

Di seguito si riporta una sezione raffigurante l'installazione della barriera sul tombino. La posizione della barriera è fissa rispetto al binario. L'estradosso della soletta superiore del tombino è più alto rispetto al piano di posa teorico della barriera e pertanto, la barriera è posizionata altimetricamente in maniera tale da avere un cordolo al di sotto del modulo in c.a. pari a 65cm al fine di permetterne il collegamento con i tirafondi. Ipotizzando una diffusione degli sforzi a 35° dal piede della barriera, in corrispondenza della mezzeria del cordolo si determina la sezione di verifica che vale 180cm:

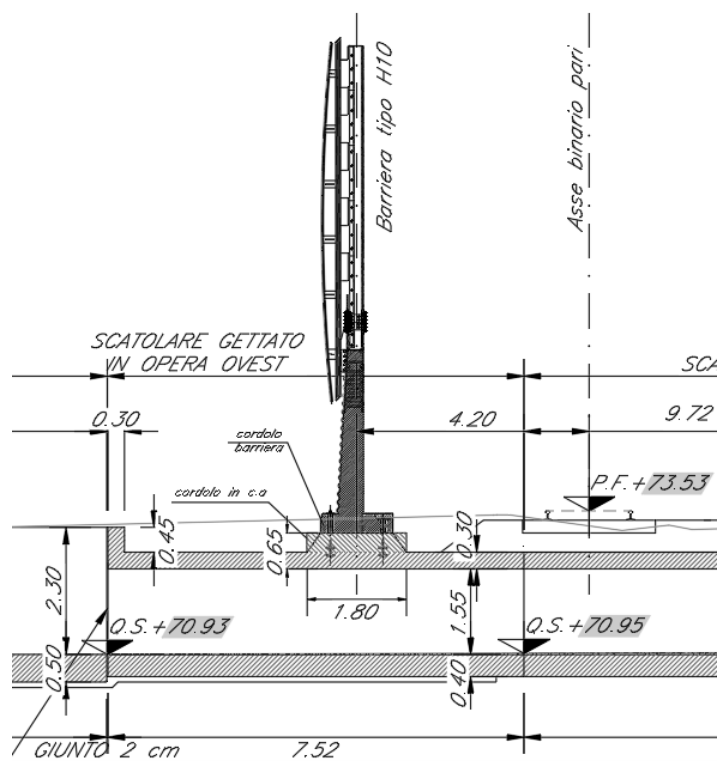


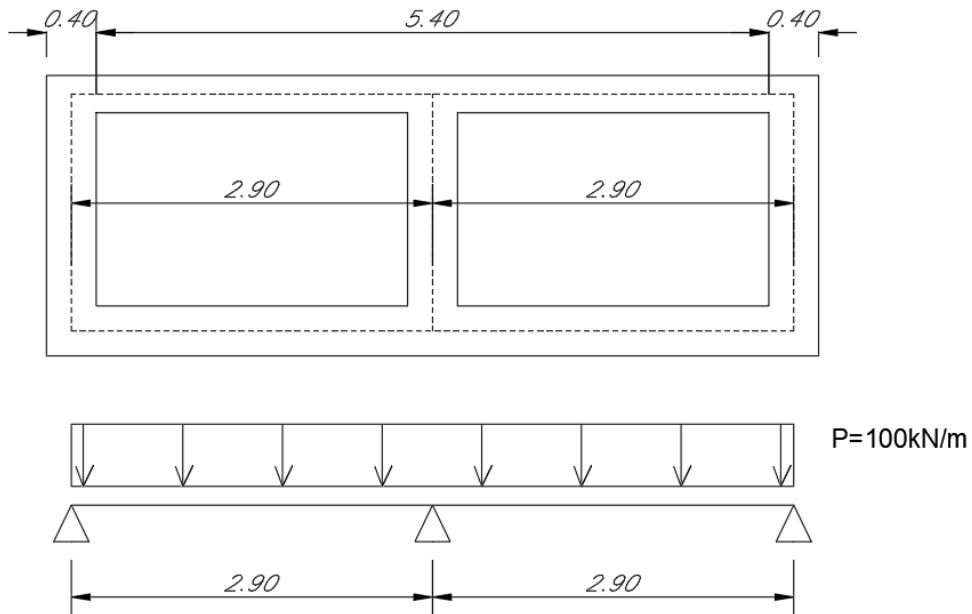
Figura 48 – Barriera su tombino ferroviario IN01

Si considera pertanto una sezione soggetta a taglio di base 180 cm e altezza 65cm. Il taglio di calcolo è determinato a partire dallo sforzo alla base della barriera che vale $NEd=300kN$. Il carico distribuito sulla trave vale $P=300/3=100kN/m$ (dal momento che gli sforzi alla base della barriera sono stati determinati per un'area di influenza del singolo montante pari a 3.00m).

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	129 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario



Considerando uno schema di trave continua su tre appoggi, il taglio di calcolo sulla soletta vale:

$$V_{Ed} = 0.625 \times P \times L = 0.625 \times 100 \times 2.90 = 181 \text{ kN}$$

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	130 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO T.U. 14/01/2008 § 4.1.2.1.3

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1800$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 650$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 62$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa resist. caratteristica	Armadura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 18 \text{ } \emptyset 16$		$= 36.19 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0 \text{ } \emptyset 0$		$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 588$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset 0$		$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$	MPa resist. di calcolo			36.19 cm^2

• Sollecitazioni (compressione<0, trazione>0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 181.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.583 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.394$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.003 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 446.4 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 417.4 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 446.4 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

La soletta del tombino avrà un comportamento a piastra e pertanto volendo considerare il taglio anche in direzione longitudinale si considera una sezione larga 1.00 metro alta 65cm soggetta ad uno sforzo di taglio di 100kN:

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO T.U. 14/01/2008 § 4.1.2.1.3

• **Caratteristiche della sezione**

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 650$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 5$	$\emptyset 12$	$= 5.65 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 600$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$	MPa resist. di calcolo			5.65 cm^2

• **Sollecitazioni** (compressione<0, trazione>0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 100.0 \text{ kN}$$

• **Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.577 < 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{\min} = 0.392$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.001 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 164.1 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 235.3 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 235.3 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

La sezione così studiata non necessita di specifica armatura a taglio. Si dispongono comunque spilli $\phi 8/20/20$ collegati all'armatura longitudinale del cordolo. All'interno del cordolo si dispone per continuità con l'armatura prevista per la soletta superiore del tombino, $\phi 16/10$ in direzione longitudinale e $\phi 12/10$ in direzione trasversale:

**IN01 Nuovo manufatto di sottoattraversamento di Roggia
Palma**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D 26 CL	IN0100 002	A	132 di 132

Relazione di calcolo tombino ferroviario

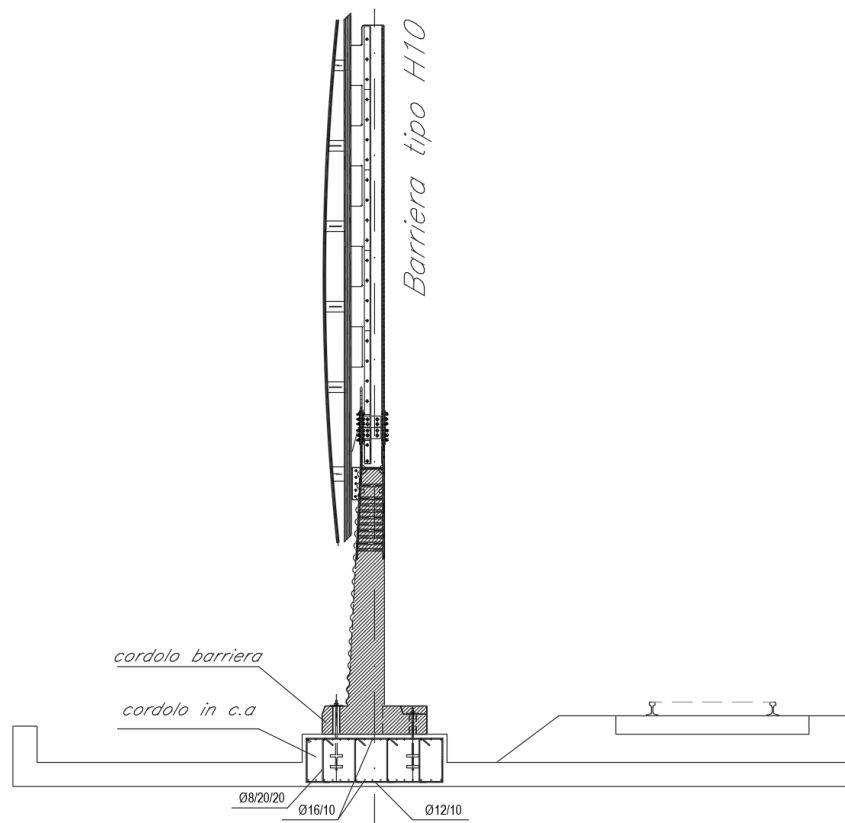


Figura 49 – Armatura cordo barriera