

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J84H17000930009

**U.O. INFRASTRUTTURE NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

ID - IN - OPERE IDRAULICHE DI ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO  
IN - Tombini e sifoni ferroviari  
Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

SCALA:

-

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

N M 2 5    0 3    D    2 6    C L    I N 0 0 0 3    0 0 3    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Prima Emissione	G. Coppa 	Aprile 2020	M. Rigo 	Aprile 2020	M. Berlingieri 	Aprile 2020	

File: NM2503D26CLIN0003003A.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	NORMATIVA.....	5
3	UNITÀ DI MISURA .....	6
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	7
4.1	CALCESTRUZZO .....	7
4.2	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	7
4.3	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI .....	8
4.4	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE .....	8
5	PARAMETRI SISMICI .....	9
6	PARAMETRI GEOTECNICI .....	11
7	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	12
8	ANALISI DEI CARICHI .....	13
8.1	CONDIZIONI DI CARICO .....	13
8.1.1	<i>Peso proprio strutturale (PP)</i> .....	13
8.1.2	<i>Carichi permanenti portati (PERM)</i> .....	13
8.1.3	<i>Spinta del terreno (SPTSX e SPTDX)</i> .....	13
8.1.4	<i>Azioni della falda (SPTW)</i> .....	14
8.1.5	<i>Azioni termiche (TERM)</i> .....	15
8.1.6	<i>Ritiro (RITIRO)</i> .....	15
8.1.7	<i>Azioni variabili da traffico</i> .....	16
8.1.8	<i>Azioni sismiche</i> .....	19
8.2	COMBINAZIONI DI CARICO .....	22
9	CRITERI DI VERIFICA .....	26
9.1	VERIFICHE STRUTTURALI.....	26
9.1.1	<i>Verifiche allo stato limite ultimo</i> .....	26

9.1.2	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	28
9.2	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	29
10	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	33
10.1	CODICE DI CALCOLO .....	33
10.2	MODELLO DI CALCOLO .....	33
10.2.1	<i>Interazione terreno-struttura</i> .....	34
11	RISULTATI E ANALISI .....	36
11.1	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI .....	36
11.2	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	38
11.2.1	<i>Verifiche a taglio</i> .....	38
11.2.2	<i>Armature di progetto</i> .....	41
11.3	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	41
11.4	VALUTAZIONE DELLE INCIDENZE .....	42
12	ALLEGATO: TABULATI DI CALCOLO .....	43

## **1   PREMESSA**

La presente relazione è relativa al calcolo dei tombini scatolari 2.00x1.50m, previsti nell'ambito della progettazione definitiva del Raddoppio Ferroviario Codogno-Cremona-Mantova, tratta Piadena-Mantova.

I tombini oggetto della presente relazione mostrano la medesima geometria costituita da una struttura scatolare realizzata in conglomerato cementizio gettato in opera, di altezza utile 1.80m e larghezza 2.00 con soletta di copertura di spessore 0.30m, piedritti di spessore 0.30m e soletta di fondazione di spessore 0.40m;

L'opera ricade in zona sismica e sono state pertanto considerate le azioni derivanti dall'analisi sismica, secondo quanto previsto dal D.M. 17/01/18 e dalla Circolare Applicativa.

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normativa

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le seguenti normative.

- LEGGE n. 1086 05.11.1971: “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “*Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»*”, G.U. Serie Generale n.42 del 20.02.2008, Supplemento Ordinario n.8.
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 ” Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21.12.2018 - “*Manuale di progettazione delle opere civili*”.
- RFI DTC SI AM MA IFS 001 B del 21.12.2018 - “Manuale di progettazione delle opere civili – Sezione 1 - Ambiente”.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - “Manuale di progettazione delle opere civili – Sezione 2 – Ponti e Strutture”.
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili”.
- 1299/2014/UE Specifiche tecniche d'interoperabilità per il sottosistema “Infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea (18/11/2014);
- UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- UNI EN 1992-1-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo”;
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.

### 3 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella presente relazione sono:

- lunghezze [m]
- forze [kN]
- momenti [kNm]
- tensioni [MPa]

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 Calcestruzzo

Per la realizzazione del tombino, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza 30/37 ( $R_{ck} \geq 37.00 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 30.71 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza media a compressione

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38.71 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico

$$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33019 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a compressione

$$f_{cd} = a_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times f_{ck} / 1.5 = 17.40 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione media

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.94 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione

$$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.06 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.37 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a compressione (comb. Rara)

$$\sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 16.89 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)

$$\sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 12.28 \text{ N/mm}^2$$

#### Calcestruzzo per magrone

Classe di resistenza = C12/15

### 4.2 Acciaio per cemento armato

Tipo B450 (controllato in stabilimento)



## 5 PARAMETRI SISMICI

Per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato. La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a 50 anni. La classe d'uso assunta è la II. Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso, vale:

$$V_R = V_N \times C_u = 50 \times 1 = 50 \text{ anni.}$$

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

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

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

$$T_R (SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 475 \text{ anni}$$

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

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

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

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

$S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ );

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (N.T.C. par. 7.11.6). 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.

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (NTC par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1), sono calcolate in regime di spinta a riposo, condizione che comporta il calcolo delle spinte in condizione sismica con l'incremento dinamico di spinta del terreno calcolato secondo la formula di Wood:

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

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo, considerando la componente verticale agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Si assumono i parametri sismici più cautelativi corrispondenti al tratto A3, individuato dalla “Relazione geotecnica generale” dal km 82+000 al km 89+731 con il punto P4:

Latitudine = 45.159632

Longitudine = 10.784886

ag = 0.116 g

F0 = 2.565;

T\*c = 0.306 s;

S = 1.50

a<sub>max</sub>(g) = 0.177

Il sottosuolo su cui insiste l’opera ricade in categoria sismica “C” e categoria topografica “T1”. I coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica risultano quindi:

S<sub>S</sub> = 1.50;

S<sub>T</sub> = 1.0.

Risulta quindi:

a<sub>max</sub> = 1.351 m/s<sup>2</sup>;

k<sub>h</sub> = 0.138;

k<sub>v</sub> = ±0.069.

## 6 PARAMETRI GEOTECNICI

Per i tombini in esame si applica la stratigrafia maggiormente rappresentativa, ovvero quella in cui ricade il maggior numero delle opere, corrispondente alla Tratta 14 (dal km 76+100 al km 77+500):

UNITA'		Wa1	WRs2	WRa2	Rs1	Rs2	
Stratigrafia	DA	[m P.C.]	0.0	5.5	7.0	12.0	22.0
	A	[m P.C.]	5.5	7.0	12.0	22.0	25.0
Parametri di resistenza	$\gamma_n$	[kN/m <sup>3</sup> ]	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
	$\varphi'$	[°]	25.0	32.0	25.0	33.0	34.0
	$c'$	[kPa]	0	0	0	0	0
	$c_u$	[kPa]	80	-	60	-	60
Parametri di deformabilità	$G_0$	[MPa]	50.0	70.0	60.0	100.0	130.0
	NSPT		5.0	n.d	0.5-15	8-15	10-15
	$E_{op2}$	[MPa]	30.0	40.0	30.0	60.0	15.0
	OCR	[-]	3.0	-	2.0	-	-
	CR	[-]	0.180	-	0.160	-	-
	RR	[-]	0.036	-	0.032	-	-
	$C_{ae}$	[%]	0.120	-	0.150	-	-
$k_v^{(*)}$	[m/s]	5.00E-08	5.00E-07	1.00E-08	5.00E-07	1.00E-06	

*Tabella 1: Caratterizzazione geotecnica*

I parametri geotecnici impiegati per il rilevato ferroviario sono:

$$\begin{aligned} \gamma &= 20.00 && \text{kN/m}^3 && \text{peso di volume naturale} \\ \varphi' &= 38 && ^\circ && \text{angolo di resistenza al taglio} \\ c' &= 0.00 && \text{kPa} && \text{coesione drenata} \end{aligned}$$

La falda è posizonata al di sotto del piano di posa della fondazione e non interagisce con l'opera in esame.

## 7 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

Nel seguito sarà esaminata una striscia di tombino avente lunghezza 1.00m. Si riportano di seguito le dimensioni geometriche della sezione in retto.

Spessore medio del ballast + armamento	$H_b =$	0.80m
Spessore sub-ballast	$H_{sb} =$	0.10m
Spessore supercompattato	$H_{sc} =$	0.30m
Spessore rinterro	$H_r =$	3.00m
Larghezza totale del tombino	$L_{tot} =$	2.60m
Larghezza utile del tombino	$L_{int} =$	2.00m
Spessore della soletta di copertura	$S_s =$	0.30m
Spessore piedritti	$S_p =$	0.30m
Spessore della soletta di fondazione	$S_f =$	0.40m
Altezza libera del tombino	$H_{int} =$	1.80m
Altezza totale del tombino	$H_{tot} =$	2.50m
Quota falda da intradosso fondazione	$H_w =$	0.00m
Larghezza striscia di calcolo	$b =$	1.00m

## 8 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono le condizioni di carico elementari assunte per l'analisi delle sollecitazioni e per le verifiche della struttura in esame. Tali condizioni di carico elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

calcestruzzo armato:	$\gamma_{c.a.}$	= 25 kN/m <sup>3</sup> ;
sovrastuttura stradale:	$\gamma_{ril}$	= 20 kN/m <sup>3</sup> ;
massicciata + armamento:	$\gamma_b$	= 18 kN/m <sup>3</sup> .

### 8.1 Condizioni di carico

#### 8.1.1 Peso proprio strutturale (PP)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti risulta:

Peso soletta superiore	$P_{ss} = 25.00 \times 0.30 =$	7.50	kN/m
Peso soletta inferiore	$P_{si} = 25.00 \times 0.40 =$	10.00	kN/m
Peso piedritti	$P_p = 25.00 \times 0.30 =$	7.50	kN/m

#### 8.1.2 Carichi permanenti portati (PERM)

##### 8.1.2.1 Soletta superiore

Ballast e armamento	0.80 m	x	18.00 kN/mc =	14.40	kN/mq
Sub-ballast	0.10m	x	20.00 kN/mc =	2.00	kN/mq
Supercompattato	0.30m	x	20.00 kN/mc =	6.00	kN/mq
Rinterro	3.00m	x	20.00 kN/mc =	60.00	kN/mq

Peso totale permanenti portati sulla soletta superiore:

$$P_{ps} = 82.40 \text{ kN/m}$$

#### 8.1.3 Spinta del terreno (SPTSX e SPTDX)

La struttura è stata analizzata nella condizione di spinta a riposo.

$$K_0 = 0.384$$

La pressione del terreno è stata calcolata come:

$$P = (P_b + h_{\text{variabile}} * \gamma_{\text{terreno\_piedritto}}) * K_o$$

al di sopra della falda

$$P = [P_b + h_{\text{variabile}} * (\gamma_{\text{terreno\_piedritto}} - \gamma_w)] * K_o$$

al di sotto della falda

per cui risulta quanto segue.

Pressione estradosso soletta superiore	$P_1 =$	31.67	kN/m
Pressione in asse soletta superiore	$P_2 =$	32.82	kN/m
Pressione in asse soletta inferiore	$P_3 =$	49.35	kN/m
Pressione intradosso soletta inferiore	$P_4 =$	50.89	kN/m

Nella figura seguente si riportano i diagrammi di spinta del terreno agenti sui piedritti.

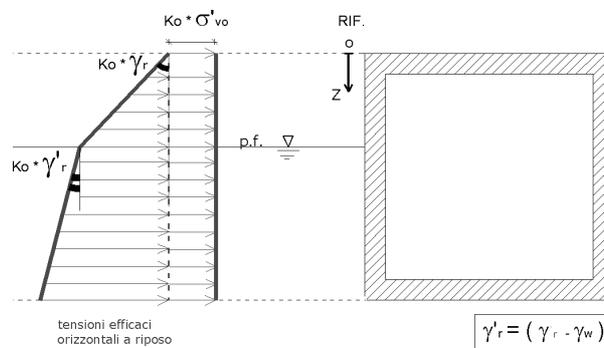


Figura 1 SPTSX

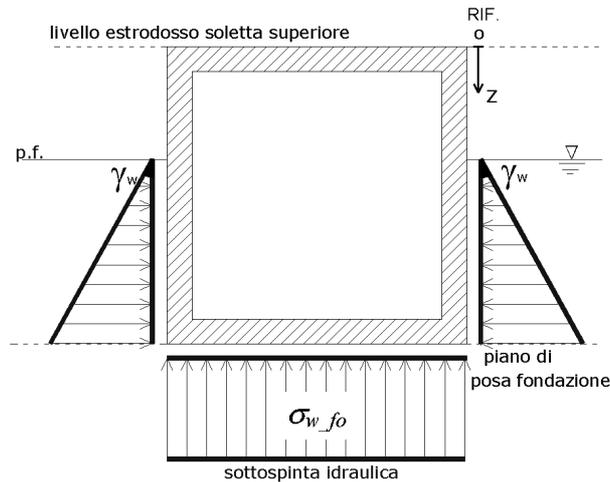
#### 8.1.4 Azioni della falda (SPTW)

La falda è posizonata al di sotto del piano di posa della fondazione e non interagisce con l'opera in esame. I valori delle spinte agenti sui piedritti, sono stati calcolati come:

$$P = z \times \gamma_w$$

per cui risulta:

Pressione in asse soletta inferiore	$P_{w1} =$	0.00	kN/m
Pressione intradosso soletta inferiore	$P_{w2} =$	0.00	kN/m



*Figura 2 SPTW*

### 8.1.5 Azioni termiche (TERM)

Sono stati considerati gli effetti dovuti alle variazioni termiche. In particolare, è stata considerata sulla soletta superiore una variazione termica uniforme di  $\pm 15^\circ\text{C}$  ed una variazione termica nello spessore, tra estradosso ed intradosso, pari a  $\Delta T_v = \pm 5^\circ\text{C}$ . Il valore applicato della variazione termica uniforme viene ridotto di 1/3 per considerare gli effetti viscosi del calcestruzzo, ed è quindi pari a  $\pm 5^\circ\text{C}$ . Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 \cdot 10^{-6} = 0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}.$$

### 8.1.6 Ritiro (RITIRO)

Il ritiro viene applicato mediante una variazione termica uniforme della copertura, in grado di produrre la stessa deformazione nel calcestruzzo.

Gli effetti del ritiro sono stati 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 dalle NTC2018 al paragrafo 11.2.10.7.

I fenomeni di ritiro sono stati considerati agenti sulla sola soletta di copertura ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente pari a:

$$\Delta T_{\text{ritiro}} = -8.5^\circ\text{C}.$$

Di seguito i risultati delle analisi.

L'analisi delle sollecitazioni viene svolta per una striscia di larghezza unitaria, assumendo la dimensione convenzionale  $h_0$  pari a  $2 \times A_c/u$  ed un calcestruzzo 30/37.

Caratteristiche della sezione:

B = 100 cm

H = 0.30 cm

Caratteristiche del cls a tempo zero:

$f_{ck} = 30.71 \text{ N/mm}^2$  classe del cls

$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38.71 \text{ N/mm}^2$  resistenza a compressione media

Deformazione da ritiro:

U.R. = 75% umidità relativa

$\epsilon_{ca}(t=\infty) = -2.5 \times (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = -2.5 \times (30.71 - 10) \times 10^{-6} = -5.18 \text{E-}05$  ritiro autogeno

$\epsilon_{cd}(t=\infty) = k_h \times \epsilon_{c0} = 0.7 \times (-2.68 \text{E-}04 \times 10^{-4}) = -1.88 \text{E-}04$  ritiro per essiccamento

$\epsilon_r = \epsilon_{ca} + \epsilon_{cd} = -2.39 \text{E-}04$  Il modulo viscoso a tempo infinito, in considerazione del valore di  $h_0$ , della resistenza del calcestruzzo e della U.R., può cautelativamente essere assunto pari a  $\phi(t=\infty) = 1.80$ .

Il ritiro viene considerato nel calcolo delle sollecitazioni come un'azione termica applicata alla soletta superiore di intensità pari a:

$$\alpha \times \Delta T \times E_c = \epsilon_r \times E_c / (1 + \phi)$$

$$\Delta T = \epsilon_r / [\alpha \times (1 + \phi)] = -2.39 \times 10^{-4} / [10 \times 10^{-6} \times (1 + 1.8)] = -8.55$$

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura.

### 8.1.7 Azioni variabili da traffico

#### 8.1.7.1 Coefficiente di incremento dinamico

Per il calcolo del coefficiente dinamico  $\Phi$  si è fatto riferimento al paragrafo 2.5.1.4.2.5 del MdP RFI DTC SI PS MA IFS 001 C, tenendo conto di quanto riportato nella Tabella 2.5.1.4.2.5.3-1. In particolare, poiché la struttura ha altezza libera < 5.0m e luce libera < 8.0m, considerando la linea con normale standard manutentivo, vale quanto segue:

Lunghezza del trasverso  $L_{soletta} = 2.30\text{m}$

Altezza dei piedritti  $H_{int} = 1.95\text{m}$

Ricoprimento  $h_r = 4.20\text{m}$

Lunghezza media  $L_m = 2.07\text{m}$

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	17 di 144

Lunghezza caratteristica  $L_{\phi} = 2.69$   
 Coeff. incremento dinamico  $\phi_3 = 1.00$

In accordo alla normativa tale coefficiente dinamico è stato ridotto in quanto il ricoprimento è superiore ad un metro e risulta pari a 1.

#### 8.1.7.2 Larghezza di diffusione

Il sovraccarico ferroviario è stato distribuito dalla rotaia alla quota del piano medio della soletta di copertura assumendo che detta diffusione avvenga con rapporto 4/1 lungo il ballast ed 1/1 nel massetto delle pendenze e nelle strutture in c.a., con un aumento dell'impronta di carico pari a:

$$\Delta_d = 2.437\text{m}$$

La diffusione del carico in senso trasversale all'asse binario risulta dunque pari a:

$$L_d = 2.40 + 2 \Delta_d = 7.25 \text{ m}$$

#### 8.1.7.3 Treno LM71 (ACCM\_LM71)

Carichi verticali sulla soletta superiore

Il treno LM71 viene schematizzato da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per una larghezza illimitata.

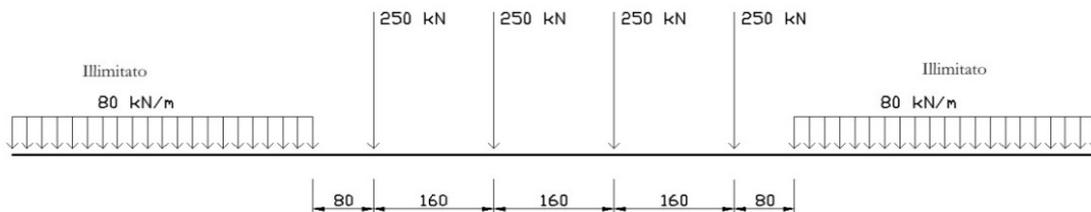


Figura 3 Treno LM71

La larghezza di diffusione in direzione longitudinale, considerando una larghezza della traversina pari a 0.30 m, risulta pari a:

$$L_l = 0.30 + 2 \times \Delta_d = 5.15 \text{ m}$$

Poiché la larghezza è maggiore dell'interasse degli assi di 1.6m, le larghezze di diffusione dei singoli assi si sovrappongono. Si assume, a favore di sicurezza, una lunghezza totale di diffusione dei quattro carichi concentrati pari a 6.4m..

Si assume una lunghezza totale di diffusione dei quattro carichi concentrati:

$$L_1 = 6.40 \text{ m.}$$

Pertanto il carico ripartito dovuto al treno LM71 (considerando il coefficiente di adattamento  $\alpha=1.1$  ed il coefficiente dinamico  $\Phi$ ) risulta:

$$\text{Carico ripartito prodotto dalle forze concentrate} \quad P_{V.Q1.cop} = 23.71 \text{ kN/m}$$

$$\text{Carico ripartito prodotto dal carico distribuito} \quad P_{V.Q2.cop} = 12.14 \text{ kN/m}$$

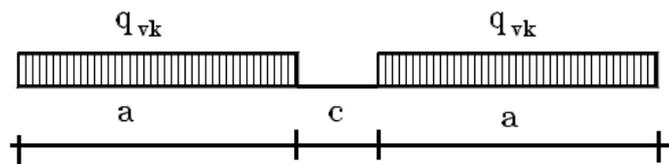
Considerando che lo scatolare ha una larghezza inferiore a 6.40 m, il carico dovuto al treno LM71 viene distribuito per tutta la

larghezza dello scatolare.

#### 8.1.7.4 Treno SW/2 (ACCM\_SW2)

Carichi verticali sulla soletta superiore

Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante. Viene schematizzato da un carico lineare uniformemente ripartito di valore pari a 150 kN/m (coefficiente  $\alpha = 1,00$ ):



*Figura 4 Treno di carico SW*

Per la struttura scatolare in oggetto risulta:

$$q = q_{vk} / L_{d1} \times \phi = 20.69 \text{ kN/m}$$

Si considera il treno di carico SW/2 applicato su tutta la soletta superiore.

Nel caso in esame, è stato considerato il carico accidentale LM71 risultando quest'ultimo maggiore di quello dovuto all' SW/2.

#### 8.1.7.5 Frenatura e avviamento (AVV e FREN)

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario nella direzione longitudinale.

Treno LM71

$$\text{Avviamento} \quad A_v = 33 \text{ kN/m}$$

Carico distribuito su  $L_d$ :

$$q_{Av} = A_v \alpha / L_d = 5.01 \text{ kN/m}$$

Treno SW/2

Frenatura  $A_v = 35 \text{ kN/m}$

Carico distribuito su  $L_d$ :

$$q_{Av} = A_v \alpha / L_d = 4.83 \text{ kN/m}$$

La spinta è applicata da sinistra verso destra per massimizzare gli effetti di sbilanciamento della struttura.

#### 8.1.7.6 Spinta del sovraccarico sul rilevato (SPACCSX e SPACCDX)

Treno LM71

Si è considerata la sola spinta prodotta dal carico ripartito equivalente alle forze concentrate.

$$P_{H,Q,ritti} = (P_v \cdot Q_{1,cop} / \Phi) K_0 = 9.11 \text{ kN/m}$$

Treno SW/2

$$P_{H,Q,ritti} = (q_{sw/2} / \Phi) K_0 = 7.95 \text{ kN/m}$$

#### 8.1.7.7 Serpeggio (SERP)

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva. Il valore caratteristico di tale forza sarà assunto pari a  $Q_{sk}=100 \text{ kN}$  e la componente trasversale al tombino risulta:

$$Q_{\perp} = 100 \text{ kN} \cdot \sin(0.00^\circ) = 0.00 \text{ kN}$$

Considerando la diffusione del carico, si avrà:

$$q_{serp} = Q_{\perp} / (L_d \cdot L_{tot}) = 0.00 \text{ kN/m}^2$$

#### 8.1.8 Azioni sismiche

Forze di inerzia

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudo-statica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ .

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

$$\begin{aligned} \text{Forza sismica orizzontale} & \quad F_h = k_h \times W \\ \text{Forza sismica verticale} & \quad F_v = k_v \times W \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} k_h &= a_{\max}/g \\ k_v &= \pm 0.5 \times k_h \end{aligned}$$

Gli effetti dell'azione sismica sono stati valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \psi_{2j} Q_{kj}$$

Dove nel caso specifico si assumerà, per i carichi dovuti al transito dei convogli ferroviari,  $\psi_{2j} = 0.2$ . Come massa del treno è stato considerato il carico uniformemente distribuito sulla copertura di intensità maggiore tra LM71 e SW/2.

Pertanto avremo che:

Massa associata al peso proprio copertura	$G_1 =$	7.50	kN/m
Massa associata al carico permanente	$G_2 =$	82.40	kN/m
Massa treno	$Q_k =$	23.71	kN/m
Massa associata al peso proprio piedritti	$G_3 =$	7.50	kN/m

#### 8.1.8.1 Forze sismiche orizzontali (SISMA\_H)

Forza orizzontale sulla soletta di copertura (carico orizzontale uniformemente distribuito applicato alla soletta di copertura):

$$F'_h = k_h (G_1 + G_2 + \psi_{2j} Q_{kj}) = 13.06 \quad \text{kN/m}$$

Forza orizzontale sui piedritti (carico orizzontale uniformemente distribuito applicato ai piedritti):

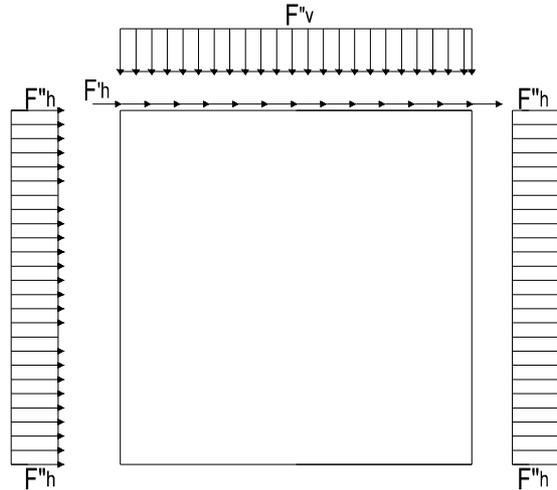
$$F''_h = k_h G_p = 1.04 \quad \text{kN/m}$$

#### 8.1.8.2 Forze sismiche verticali (SISMA\_V)

Per la forza sismica verticale avremo analogamente (carico verticale uniformemente distribuito applicato alla soletta di copertura):

Forza verticale sulla soletta di copertura:

$$F'_v = k_v (G_1 + G_2 + \psi_{2j} Q_{kj}) = 6.53 \quad \text{kN/m}$$



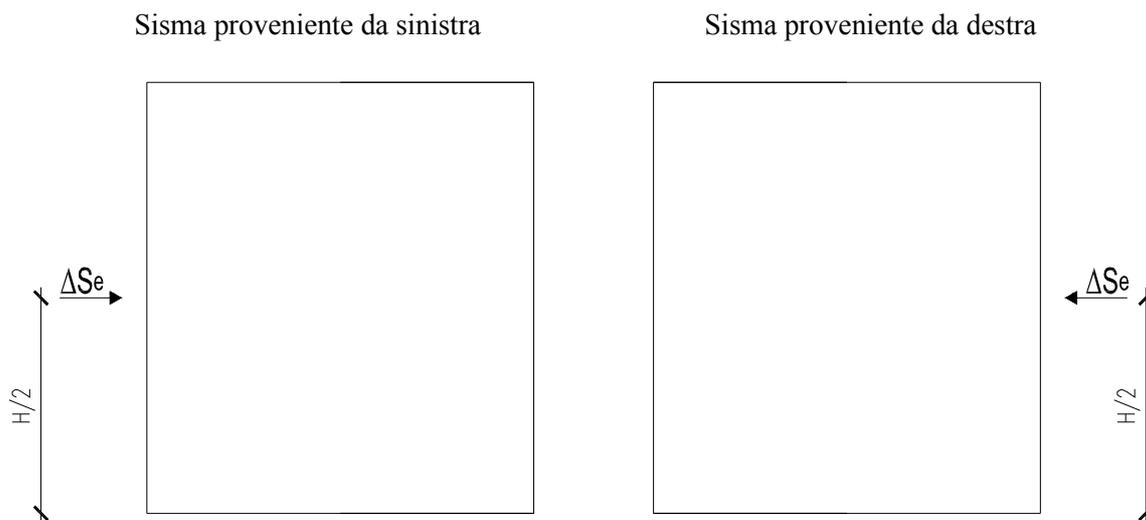
*Figura 5 Forze sismiche agenti sulla struttura*

### 8.1.8.3 Spinta delle terre in fase sismica (SPSDX e SPSSX)

Le spinte delle terre sono state determinate con la teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinata con la seguente espressione:

$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2 = 83.49 \quad \text{kN/m}$$

con risultante applicata ad un'altezza pari ad H/2.



*Figura 6 Spinta sismica del terreno secondo la teoria di Wood*

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</b> <b>TRATTA PIADENA - MANTOVA</b>					
	Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5	COMMESSA <b>NM25</b>	LOTTO <b>03 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN 00 03 003</b>	REV. <b>A</b>

Nel modello di calcolo si è applicato il valore della forza sismica per unità di superficie agente su un piedritto, pari a:

$$\Delta_{SE} = \Delta_{SE} / H = 33.40 \quad \text{kN/m}^2$$

## 8.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

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

Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

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

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine:

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

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

Gli effetti dei carichi verticali, dovuti alla presenza dei convogli, vengono sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adotta

ndo i coefficienti di cui alla Tabella 5.2.IV del DM 17/01/2018 di seguito riportata. In particolare, per ogni gruppo viene individuata una azione dominante che verrà considerata per intero; per le altre azioni, vengono definiti diversi coefficienti di combinazione. Ogni gruppo massimizza una particolare condizione alla quale la struttura dovrà essere verificata.

Tabella 5.2.IV – Valutazione dei carichi da traffico (da DM 17/01/2018)

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			COMMENTI
	Carico Verticale (1)	Treno Scarico	Frenatura ed Avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1.0	-	0.5 (0.0)	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1.0	0.0	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	stabilità laterale

Gruppo 3 (2)	1.0 (0.5)	-	1.0	0.5 (0.0)	0.5 (0.0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0.8 (0.6; 0.4)	-	0.8 (0.6; 0.4)	0.8 (0.6; 0.4)	0.8 (0.6; 0.4)	fessurazione
		Azione dominante				

(1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc..)

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

Nelle tabelle sopra riportate è indicato un coefficiente per gli effetti a sfavore di sicurezza e, tra parentesi, un coefficiente, minore del precedente, per gli effetti a favore di sicurezza.

I coefficienti di amplificazione dei carichi  $\gamma$  e i coefficienti di combinazione  $\psi$  sono riportati nelle tabelle seguenti.

In particolare nel calcolo della struttura scatolare si è fatto riferimento alla combinazione A1 STR.

Di seguito viene riportata la Tabella 5.2.III delle NTC18 dove si mostrano i carichi mobili in funzione del numero di binari presenti:

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	Primo	1,0 (LM 71"+SW/0)	-	1,0 SW/2
	Primo	1,0 (LM 71"+SW/0)	-	1,0 SW/2
2	secondo	1,0 (LM 71"+SW/0)	-	1,0 (LM 71"+SW/0)
	Primo	1,0 (LM 71"+SW/0)	0,75 (LM 71"+SW/0)	1,0 SW/2
≥3	secondo	1,0 (LM 71"+SW/0)	0,75 (LM 71"+SW/0)	1,0 (LM 71"+SW/0)
	Altri	-	0,75 (LM 71"+SW/0)	-

<sup>(1)</sup> LM71 "+ SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Si riporta la Tabella 5.2.V delle NTC18 dei coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico SLU:

Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica (da DM 17/01/2018)

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

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

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

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

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

(5) Aliquota di carico da traffico da considerare.

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

(7) 1,20 per effetti locali

Si riporta la Tabella 5.2.VI delle NTC18 in cui sono espressi i coefficienti di combinazione delle azioni:

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni (da DM 17/01/2018)

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	25 di 144

 Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$gr_1$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	-
carico	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

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

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Nella combinazione sismica le azioni indotte dal traffico ferroviario sono combinate con un coefficiente  $\Psi_2 = 0.2$  (paragrafo 5.1.3.12 del DM 17/01/2018) coerentemente con l'aliquota di massa afferente ai carichi da traffico.

Si riportano di seguito le combinazioni delle azioni maggiormente significative per la determinazione delle sollecitazioni più gravose.

Tabella 2 Combinazioni di carico

	SLU01	SLU02	SLV01	SLV02	SLV03	SLV04	SLE_QPERM01	SLE_RARA01	SLE_RARA02	SLE_RARA03	SLE_RARA04
PP	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTDX	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTW	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ACC_LM71/SW2	1.45	1.45	0.2	0.2	0.2	0.2	0	1	0.8	0.8	0.8
AVV/FREN	1.45	1.45	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0.8	1	0.8	0.8
SERP	1	1	0.2	0.2	0.2	0.2	0	1	1	1	1
TERM	0	±0.9	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	0	±0.6	±0.6	±0.6	±1
RITIRO	0	±1.2	±1	±1	±1	±1	0	±1	±1	±1	±1
SISMA H_DX	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
SISMA H_SX	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
SISMA V	0	0	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0	0	0	0	0

## 9 CRITERI DI VERIFICA

### 9.1 Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali condotte sono le seguenti:

Verifiche di stato limite di esercizio:

Verifiche di deformabilità

Verifiche a fessurazione

Verifica delle tensioni

Verifiche di stato limite di ultimo

Verifica a flessione

Verifica a taglio

#### 9.1.1 Verifiche allo stato limite ultimo

##### 9.1.1.1 Sollecitazioni flettenti

La verifica agli SLU è stata realizzata attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabola-rettangolo non reagente a trazione, con plateaux ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ( $\sigma_{\max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$ );
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ( $\sigma_{\max} = f_{yk} / 1.15$ )

##### 9.1.1.2 Sollecitazioni taglianti

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con la seguente espressione:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

dove:

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \times d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se è verificata la seguente relazione:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

La resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura trasversale è stata calcolata con la seguente relazione:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" del calcestruzzo d'anima è stata calcolata con la seguente relazione:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due relazioni sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

d è l'altezza utile della sezione;

$b_w$  è la larghezza minima della sezione;

$\sigma_{cp}$  è la tensione media di compressione della sezione;

- $A_{sw}$  è l'area dell'armatura trasversale;
- $S$  è interasse tra due armature trasversali consecutive;
- $\alpha$  è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- $f_{cd}$  è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f_{cd}=0.5f_{cd}$ );
- $\alpha$  è un coefficiente maggiorativo par ad 1 per membrature non compresse.

### 9.1.2 Verifiche allo stato limite di esercizio

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2018:

*Tabella 3 Descrizione delle condizioni ambientali (Tab. 4.1.III delle NTC18)*

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

Nel caso in esame, le condizioni ambientali sono sempre "aggressive".

#### 9.1.2.1 Verifica a fessurazione

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è pari a  $w_l=0.2\text{mm}$  per la combinazione rara.

#### 9.1.2.2 Verifica delle tensioni

I limiti tensionali considerati per i materiali sono relativi alla combinazione di carico quasi permanente e caratteristica.

Calcestruzzo:

Combinazione di azioni	Limite tensionale
Caratteristica (rara)	$\sigma_c \leq 0.55f_{ck}$
Quasi permanente	$\sigma_c \leq 0.40f_{ck}$

Acciaio:

Combinazione di azioni	Limite tensionale
------------------------	-------------------

Caratteristica (rara)

$$\sigma_a \leq 0.75 f_{yk}$$

## 9.2 Verifiche geotecniche

La verifica a capacità portante del complesso fondazione – terreno è stata effettuata applicando la combinazione (A1+M1+R3) dell'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I delle NTC2018. I coefficienti  $\gamma_R$  sono riportati nella seguente tabella 6.4.I delle NTC18):

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

La pressione limite puo' essere calcolata in base alla formula generale di Brinch Hansen (1970):

$$q_{lim} = 0.5 \cdot \gamma \cdot B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} + q \cdot N_q s_q d_q i_q b_q g_q + c N_c s_c d_c i_c b_c g_c$$

(valida in condizioni drenate)

$$q_{lim} = c_u N_c^* d_c^* i_c^* s_c^* b_c^* g_c^* + q$$

(valida in condizioni non drenate)

essendo

$N_q, N_c, N_{\gamma}$  i fattori di capacità portante in condizioni drenate;

$N_c^*$  il fattore di capacità portante in condizioni non drenate;

$s_{\gamma}, s_q, s_c$  i fattori di forma della fondazione;

$i_{\gamma}, i_q, i_c$  i fattori correttivi per l'inclinazione del carico;

$b_{\gamma}, b_q, b_c$  i fattori correttivi per l'inclinazione della base della fondazione;

$g_{\gamma}, g_q, g_c$  i fattori correttivi per l'inclinazione del piano campagna;

$d_{\gamma}, d_q, d_c$  i fattori correttivi per la profondità del piano di posa;

$d_c^*, i_c^*, s_c^*, b_c^*, g_c^*$  i fattori correttivi corrispondenti rispettivamente a quanto sopra esposto ma validi in condizioni non drenate.

In condizioni drenate valgono le seguenti espressioni:

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * \text{tg} \phi')}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \text{tg} \phi'$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) * \text{tg} \phi'$$

$$i_\gamma = \left[ 1 - \frac{H}{N + B' \cdot c \cdot \text{cotg} \phi'} \right]^{m+1}$$

$$i_q = i_c = \left[ 1 - \frac{H}{N + B' \cdot c \cdot \text{cotg} \phi'} \right]^m$$

$$d_q = 1 + 2 \text{tg} \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2 \cdot \frac{D}{B'} \quad \text{per } D/B' \leq 1$$

$$d_q = 1 + 2 \text{tg} \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2 \cdot \text{arctg} \left( \frac{D}{B'} \right) \quad \text{per } D/B' > 1$$

$$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \text{tg} \phi'}$$

$$s_q = 1 + (B/2) \text{tg} \phi'$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4B/4$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q B}{NcL}$$

$$g_\gamma = g_q = (1 - 0.5 \text{tg} \beta)^5$$

$$g_c = 1 - \beta^2 / 147^\circ$$

$$b_q = e^{(-2.7 \text{tg} \phi')}$$

$$b_\gamma = e^{(-2.7 \text{tg} \phi')}$$

ove  $\beta + \eta \leq 90^\circ$  e  $\beta \leq \phi$

In condizioni non drenate i fattori hanno le seguenti espressioni:

$$N_c^* = (2 + \pi)$$

$$s_c^* = 0.2 + \frac{B}{L}$$

$$i_c^* = \left[ 1 - \frac{mH}{B'cuNc} \right] m$$

$$d_c^* = 0.4 + \frac{D}{B} \quad \text{per } D/B \leq 1$$

$$d_c^* = 0.4 + \frac{tg^{-1}D}{B} \quad \text{per } D/B > 1$$

$$g_c^* = \beta^\circ / 147^\circ$$

$$b_c^* = \eta^\circ / 147^\circ$$

Si sono indicate con:

$q = \gamma^*D$  = pressione verticale totale agente alla quota di imposta della fondazione;

$B'$  = larghezza efficace equivalente della fondazione;

$\gamma$  = peso di volume naturale del terreno;

$c_u$  = coesione non drenata;

$D$  = affondamento della fondazione;

$H$  = carico orizzontale agente.

Per valutare gli effetti dell'eccentricità è necessario inserire nell'equazione della capacità due dimensioni  $L'$  e  $B'$  ridotte secondo le:

$$L' = L - 2e_x$$

$$B' = B - 2e_y$$

dove  $B$  e  $L$  sono le reali dimensioni della fondazione e  $e_x$  e  $e_y$  sono le eccentricità.



**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	32 di 144

## 10 MODELLAZIONE STRUTTURALE

### 10.1 Codice di calcolo

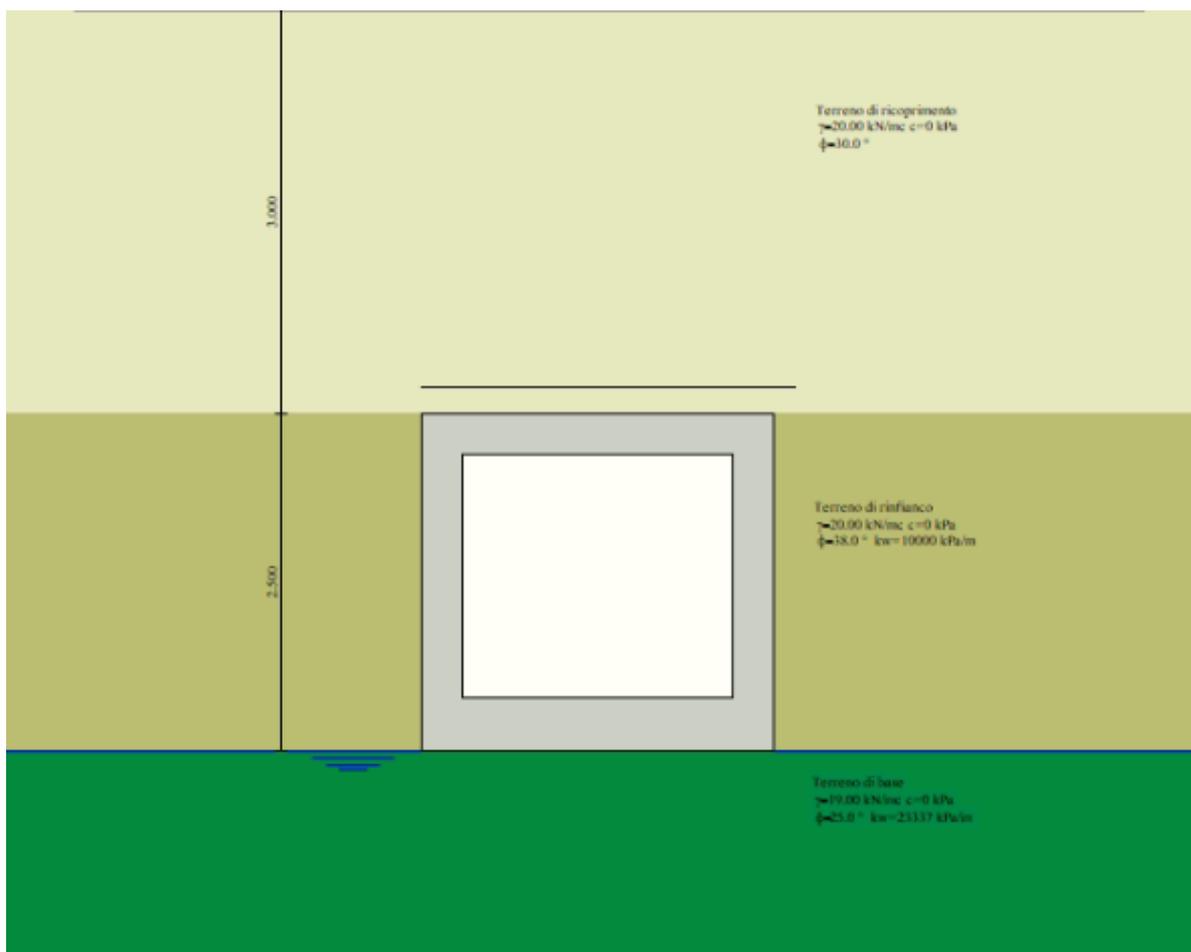
Il modello di calcolo è stato implementato tramite il software specifico SCAT 14.0 di Aztec Informatica.

### 10.2 Modello di calcolo

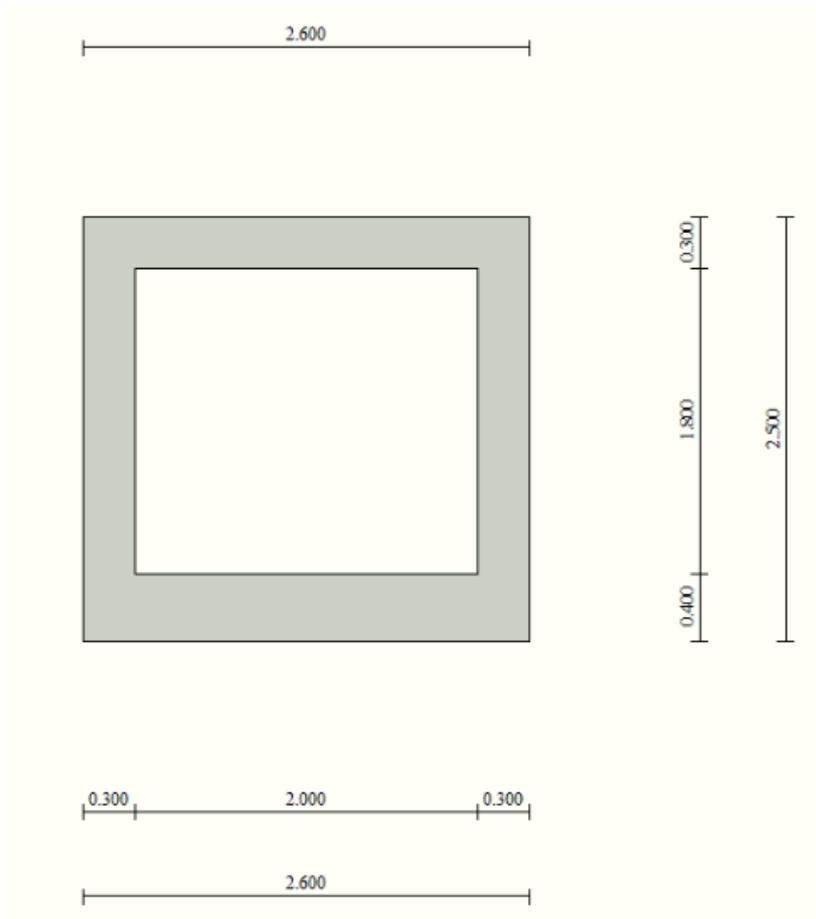
La struttura scatolare viene schematizzata come un telaio piano e viene risolta mediante il metodo degli elementi finiti (FEM). Più dettagliatamente il telaio viene discretizzato in una serie di elementi connessi fra di loro nei nodi.

La fondazione è schematizzata come una trave su suolo elastico alla Winkler non reagente a trazione, il calcolo della costante di sottofondo è riportata nel paragrafo 10.2.1.

Di seguito si riporta una descrizione del modello geometrico/geotecnico:



*Figura 7 Modello geotecnico*



*Figura 8 Modello geometrico*

### 10.2.1 Interazione terreno-struttura

Nelle analisi strutturali, per la determinazione del coefficiente di sottofondo alla Winkler si è fatto riferimento alla seguente relazione (Vesic, 1965):

$$K = \frac{0.65E}{1-\nu^2} \sqrt[12]{\frac{Eb^4}{(EJ)_{fond}}}$$

dove:

E = modulo elastico del terreno;

$\nu$  = coefficiente di Poisson;

b = dimensione trasversale;

$h$  = altezza;

$J$  = inerzia;

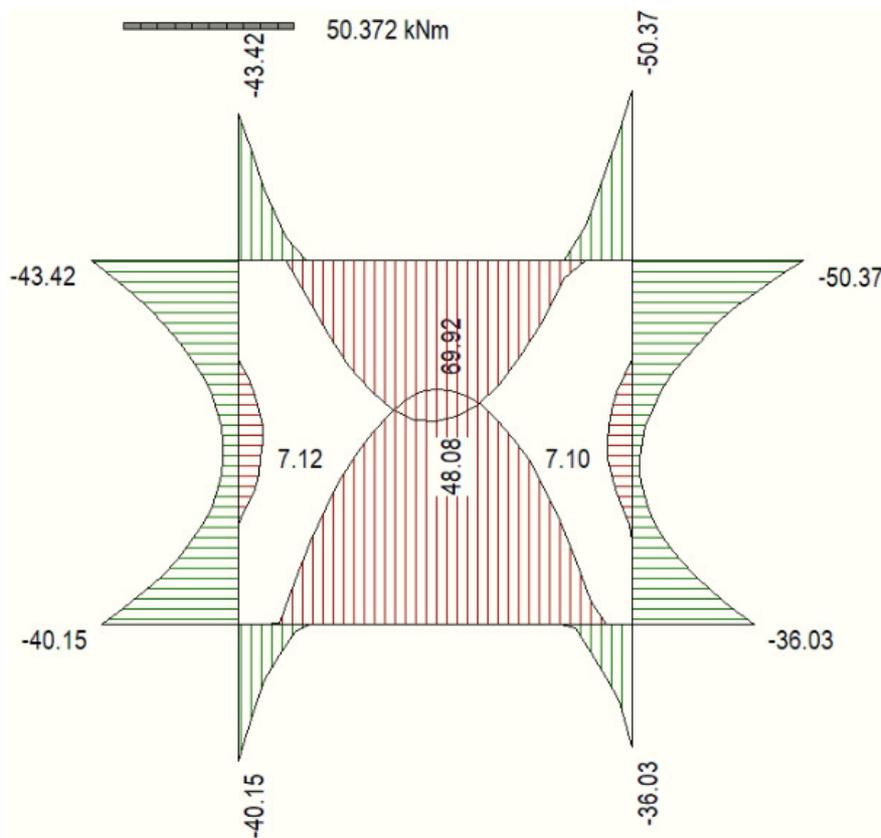
$E_c$  = modulo elastico del calcestruzzo della fondazione.

Nel caso in esame  $K$  risulta pari a 22698 kN/mc. Tale rigidezza è stata applicata come beam support lungo l'elemento, in particolare considerando la striscia di calcolo pari ad 1m risulta 22698 kPa/m\*1m = 22698 kN/m/m.

## 11 RISULTATI E ANALISI

### 11.1 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

Di seguito è riportato l'involuppo delle sollecitazioni flettenti e taglianti dello stato limite ultimo. Le unità di misura adottate nei diagrammi seguenti sono kN-m.



*Figura 9 Involuppo SLU/Sisma: Momenti flettenti*

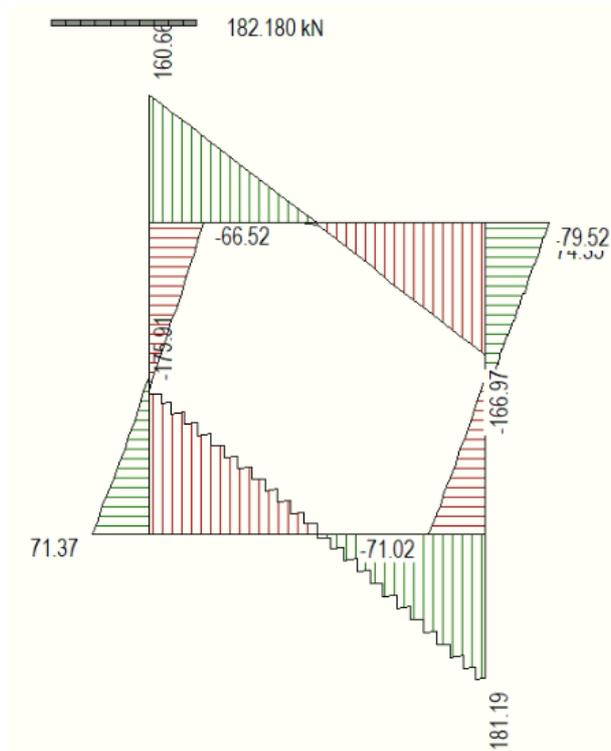


Figura 10 Involuppo SLU/Sisma: sollecitazioni taglianti

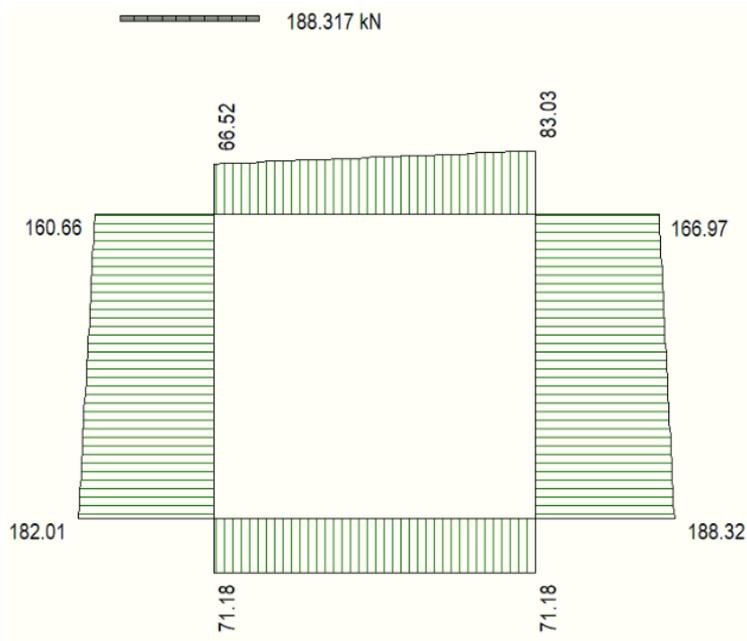
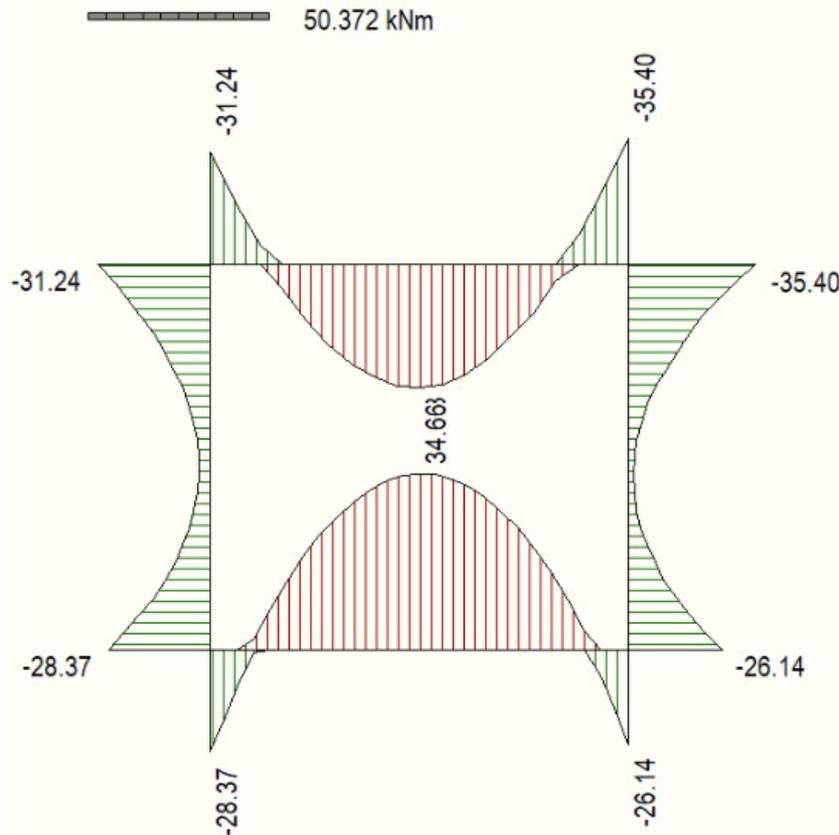


Figura 11 Involuppo SLU/Sisma: sforzo normale



*Figura 12 Involucro SLE Momenti flettenti*

## 11.2 VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO

Le verifiche strutturali risultano soddisfatte allo stato limite ultimo e in esercizio per tutte le combinazioni di carico.

Per quanto riguarda il taglio il programma prevede sia la verifica per elementi non armati a taglio, sia quella per elementi dotati di apposita armatura a taglio, disponendo tuttavia ferri sagomati resistenti a taglio e non staffe o tiranti. Per questo motivo le verifiche a taglio vengono eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati ad hoc.

I criteri generali di verifica adottati dal Software, sono quelli esposti al paragrafo 9. Per i dettagli si rimanda i tabulati di calcolo in allegato.

### 11.2.1 Verifiche a taglio

#### 11.2.1.1 Fondazione

SEZIONE

$b_w = 100 \text{ cm}$

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	39 di 144

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$c = 8.2 \text{ cm}$$

$$d = h - c = 31.8 \text{ cm}$$

#### MATERIALI

$$f_{ywd} = 391.30 \text{ MPa}$$

$$R_{ck} = 37 \text{ MPa}$$

$$g_c = 1.5$$

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 30.71 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 0.85 \times f_{ck} / g_c = 17.40 \text{ MPa}$$

#### ARMATURE A TAGLIO

$$\varnothing_{st} = 12$$

$$\text{braccia} = 5$$

$$\varnothing_{st2} = 0$$

$$\text{braccia} = 0$$

$$\text{passo} = 40 \text{ cm}$$

$$(A_{sw} / s) = 14.137 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$a = 90^\circ \quad (90^\circ \text{ staffe verticali})$$

Calcolo di  $\cot q$

$$\cot(q) = 3.84$$

$$q = 14.60^\circ$$

IPOTESI  $1 \leq \cot q \leq 2.5$  Rottura bilanciata  $V_{Rsd} = V_{Rcd}$

$$V_{Rsd} = 607.62 \text{ (KN)}$$

$$VR_{cd} = 607.62 \text{ (KN)}$$

$$VR_d = 608 \text{ (KN)} \quad \min(VR_{sd}, VR_{cd})$$

### 11.2.1.2 Soletta e piedritti

#### SEZIONE

$$\begin{aligned} bw &= 100 \text{ cm} \\ h &= 30 \text{ cm} \\ c &= 8.2 \text{ cm} \\ d &= h - c = 21.8 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### MATERIALI

$$\begin{aligned} f_{ywd} &= 391.30 \text{ MPa} \\ R_{ck} &= 37 \text{ MPa} \\ g_c &= 1.5 \\ f_{ck} &= 0.83 \times R_{ck} = 30.71 \text{ MPa} \\ f_{cd} &= 0.85 \times f_{ck} / g_c = 17.40 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### ARMATURE A TAGLIO

$$\begin{aligned} \varnothing_{st} &= 12 \\ braccia &= 5 \\ \varnothing_{st2} &= 0 \\ braccia &= 0 \\ passo &= 40 \text{ cm} \\ (A_{sw} / s) &= 14.137 \text{ cm}^2 / \text{m} \\ a &= 90^\circ \text{ (90}^\circ \text{ staffe verticali)} \end{aligned}$$

Calcolo di  $\cot q$

$$\cot(q) = 3.84$$

$$q = 14.60^\circ$$

IPOTESI  $1 \leq \cot q \leq 2.5$  Rottura bilanciata  $VR_{sd} = VR_{cd}$

$$VR_{sd} = 416.55 \text{ (KN)}$$

$$VR_{cd} = 416.55 \text{ (KN)}$$

$$VR_d = 417 \text{ (KN)} \quad \min(VR_{sd}, VR_{cd})$$

### 11.2.2 Armature di progetto

Il software esegue in automatico tutte le verifiche strutturali sia allo stato limite ultimo che allo stato limite di esercizio.

Si riporta di seguito l'armatura degli elementi strutturali nelle sezioni di mezzeria e di incastro.

Elemento	Sezione	Dimensioni [cm]		Flessione		Armatura a taglio
		B	H	Lato terra	Lato interno	
SOLETTA SUP.	INCASTRO MEZZERIA	100	x 30	10Ø16	10Ø16	Ø12/20x40
				10Ø16	10Ø16	
PIEDRITTI	TESTA	100	x 30	10Ø16	10Ø16	Ø12/20x40
	MEZZERIA			10Ø16	10Ø16	
	PIEDE			10Ø16	10Ø16	
SOLETTA INF.	INCASTRO MEZZERIA	100	x 40	5Ø16	5Ø16	Ø12/20x40
				5Ø16	5Ø16	

Per i risultati delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo riportati di seguito.

### 11.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche di capacità portante risultano soddisfatte per tutte le combinazioni di calcolo. Per i dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

#### 11.4 VALUTAZIONE DELLE INCIDENZE

Si riportano, di seguito, i risultati ottenuti dalla valutazione delle incidenze degli elementi che costituiscono il sottovia.

Elemento	Spessore [m]	Armatura longitudinale				Armatura trasversale				Spilli				Somma no [kg]	Incidenza di progetto [kg/m <sup>3</sup> ]
		Lato	Diametro [mm]	N°	Peso [kg/m]	Lato	Diametro [mm]	N°	Peso [kg/m]	Diametro [mm]	Maglia [cmxcm]	N°	Peso [kg/m]		
Fondazione	0.40	LATO A	16	5	7.89	LATO A	12	5	4.44	12	20x40	12.5	11.1	35.76	100
		LATO B	16	5	7.89	LATO B	12	5	4.44						
Soletta superiore	0.30	LATO A	16	10	15.78	LATO A	12	5	4.44	12	20x40	12.5	11.1	43.65	120
		LATO B	16	5	7.89	LATO B	12	5	4.44						
Piedritti	0.30	LATO A	16	10	15.78	LATO A	12	5	4.44	12	20x40	12.5	11.1	54.99	150
		LATO B	16	10	15.78	LATO B	16	5	7.89						

## 12 ALLEGATO: TABULATI DI CALCOLO

### Geometria scatolare

Descrizione:	Scatolare semplice	
Altezza esterna	2.50	[m]
Larghezza esterna	2.60	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0.00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0.00	[m]
Spessore piedritto sinistro	0.30	[m]
Spessore piedritto destro	0.30	[m]
Spessore fondazione	0.40	[m]
Spessore trasverso	0.30	[m]

### Caratteristiche strati terreno

#### Strato di ricoprimento

Descrizione	Terreno di ricoprimento	
Spessore dello strato	3.00	[m]
Peso di volume	20.0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20.0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	30.00	[°]
Coesione	0	[kPa]

#### Strato di rinfiacco

Descrizione	Terreno di rinfiacco	
-------------	----------------------	--

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	44 di 144

Peso di volume	20.0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20.0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	38.00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	25.33	[°]
Coesione	0	[kPa]
Costante di Winkler	10000	[kPa/m]

Strato di base

Descrizione	Terreno di base	
Peso di volume	19.0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	19.0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	25.00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	25.00	[°]
Coesione	0	[kPa]
Costante di Winkler	23337	[kPa/m]
Tensione limite	875	[kPa]

Falda

Quota falda (rispetto al piano di posa)	0.00	[m]
---	------	-----

Caratteristiche materiali utilizzati

*Materiale calcestruzzo*

R <sub>ck</sub> calcestruzzo	37000	[kPa]
Peso specifico calcestruzzo	24.5170	[kN/mc]
Modulo elastico E	32532520	[kPa]
Tensione di snervamento acciaio	450000	[kPa]

Coeff. omogeneizzazione cls teso/compresso (n')	0.50
Coeff. omogeneizzazione acciaio/cls (n)	15.00
Coefficiente dilatazione termica	0.0000120

## Condizioni di carico

### Convenzioni adottate

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Carichi verticali positivi se diretti verso il basso

Carichi orizzontali positivi se diretti verso destra

Coppie concentrate positive se antiorarie

Ascisse X (espresse in m) positive verso destra

Ordinate Y (espresse in m) positive verso l'alto

Carichi concentrati espressi in kN

Coppie concentrate espressi in kNm

Carichi distribuiti espressi in kN/m

### Simbologia adottata e unità di misura

#### Forze concentrate

X	ascissa del punto di applicazione dei carichi verticali concentrati
Y	ordinata del punto di applicazione dei carichi orizzontali concentrati
F <sub>y</sub>	componente Y del carico concentrato
F <sub>x</sub>	componente X del carico concentrato
M	momento

#### Forze distribuite

X <sub>i</sub> , X <sub>f</sub>	ascisse del punto iniziale e finale per carichi distribuiti verticali
Y <sub>i</sub> , Y <sub>f</sub>	ordinate del punto iniziale e finale per carichi distribuiti orizzontali
V <sub>ni</sub>	componente normale del carico distribuito nel punto iniziale
V <sub>nf</sub>	componente normale del carico distribuito nel punto finale
V <sub>ti</sub>	componente tangenziale del carico distribuito nel punto iniziale
V <sub>tf</sub>	componente tangenziale del carico distribuito nel punto finale
D <sub>te</sub>	variazione termica lembo esterno espressa in gradi centigradi
D <sub>ti</sub>	variazione termica lembo interno espressa in gradi centigradi

Condizione di carico n°1 (Peso Proprio)

Condizione di carico n°2 (Spinta terreno sinistra)

Condizione di carico n°3 (Spinta terreno destra)

Condizione di carico n°4 (Sisma da sinistra)

Condizione di carico n°5 (Sisma da destra)

Condizione di carico n°6 (Spinta falda)

Condizione di carico n° 7 (LM71)

Distr	Terreno	$X_i = -2.56$	$X_f = 5.32$	$V_{ni} = 35.45$	$V_{nf} = 35.45$
-------	---------	---------------	--------------	------------------	------------------

Condizione di carico n° 8 (AVVIAMENTO)

Distr	Traverso	$X_i = 0.00$	$X_f = 2.76$	$V_{ni} = 0.00$	$V_{nf} = 0.00$	$V_{ti} = 4.95$ $V_{tf} = 4.95$
-------	----------	--------------	--------------	-----------------	-----------------	---------------------------------

Condizione di carico n° 9 (SERPEGGIO)

Distr	Traverso	$X_i = 0.00$	$X_f = 2.76$	$V_{ni} = 0.00$	$V_{nf} = 0.00$	$V_{ti} = 0.00$ $V_{tf} = 0.00$
-------	----------	--------------	--------------	-----------------	-----------------	---------------------------------

Condizione di carico n° 10 (TERMICA UNIFORME)

Term	Traverso	$D_{ic} = 15.00$	$D_{if} = 15.00$
------	----------	------------------	------------------

Condizione di carico n° 11 (RITIRO)

Term	Traverso	$D_{ic} = -8.55$	$D_{if} = -8.55$
------	----------	------------------	------------------

Impostazioni di progetto

Verifica materiali:

**Stato Limite Ultimo**

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\gamma_c$	1.50
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$$V_{Rd} = [0.18 * k * (100.0 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}] * b_w * d > (v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

$$V_{Rsd} = 0.9 * d * A_{sw} / s * f_{yd} * (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) * \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 * d * b_w * \alpha_c * f_{cd} * (\text{ctg}(\theta) + \text{ctg}(\alpha) / (1.0 + \text{ctg} \theta^2))$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
$b_w$	larghezza minima sezione [mm]
$\sigma_{cp}$	tensione media di compressione [N/mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$	rapporto geometrico di armatura
$A_{sw}$	area armatura trasversale [mm <sup>2</sup> ]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo, funzione di $f_{cd}$ e $\sigma_{cp}$

$$f_{cd} = 0.5 * f_{cd}$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

$$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$$

**Stato Limite di Esercizio**

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	48 di 144

Criteri di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente moderatamente aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare)  $0.55 f_{ck}$

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.)  $0.40 f_{ck}$

Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare)  $0.75 f_{yk}$

Criteri verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure  $w_1=0.20$   $w_2=0.20$   $w_3=0.20$

Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2018 - Approccio 2

Copriferro sezioni 0.0840 [m]

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\psi$	Coefficiente di combinazione della condizione
$C$	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

### Norme Tecniche 2018

### Simbologia adottata

$\gamma_{G1sfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{G1fav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{G2sfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti non strutturali
$\gamma_{G2fav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti non strutturali
$\gamma_Q$	Coefficiente parziale sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_c$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo

### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1.35	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1.50	1.30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1fav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q1sfav}$	1.50	1.30

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	50 di 144

Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.45	1.25
Termici	Favorevole	$\gamma_{e.fav}$	0.00	0.00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{e.sfav}$	1.20	1.20

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00

**Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0.00	0.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qisfav}$	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.00	1.00
Termici	Favorevole	$\gamma_{e.fav}$	0.00	0.00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{e.sfav}$	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	51 di 144

*Parametri*

		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
LM71	Sfavorevole	1.45	1.00	1.45
AVVIAMENTO	Sfavorevole	1.45	1.00	1.45
SERPEGGIO	Sfavorevole	1.45	0.69	1.00

Combinazione n° 2 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.35	0.74	1.00
LM71	Sfavorevole	1.45	1.00	1.45
AVVIAMENTO	Sfavorevole	1.45	1.00	1.45
SERPEGGIO	Sfavorevole	1.45	0.69	1.00
TERMICA UNIFORME	Sfavorevole	1.50	0.60	0.90
RITIRO	Sfavorevole	1.20	1.00	1.20

Combinazione n° 3 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
LM71	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
AVVIAMENTO	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
SERPEGGIO	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
TERMICA UNIFORME	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
LM71	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
AVVIAMENTO	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
SERPEGGIO	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
TERMICA UNIFORME	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	53 di 144

LM71	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
AVVIAMENTO	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
SERPEGGIO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
TERMICA UNIFORME	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
LM71	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
AVVIAMENTO	Sfavorevole	1.00	0.20	0.20
SERPEGGIO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
TERMICA UNIFORME	Sfavorevole	1.00	0.50	0.50
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLE (Quasi Permanente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	54 di 144

LM71	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
AVVIAMENTO	Sfavorevole	1.00	0.80	0.80
SERPEGGIO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
TERMICA UNIFORME	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
AVVIAMENTO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
LM71	Sfavorevole	1.00	0.80	0.80
SERPEGGIO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
TERMICA UNIFORME	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
SERPEGGIO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
LM71	Sfavorevole	1.00	0.80	0.80
AVVIAMENTO	Sfavorevole	1.00	0.80	0.80
TERMICA UNIFORME	Sfavorevole	1.00	0.60	0.60
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 SLE (Rara)

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	55 di 144

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
TERMICA UNIFORME	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
LM71	Sfavorevole	1.00	0.80	0.80
AVVIAMENTO	Sfavorevole	1.00	0.80	0.80
SERPEGGIO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
RITIRO	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

## Analisi della spinta e verifiche

### *Simbologia adottata ed unità di misura*

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti verso il basso

$X$	ascisse (espresse in m) positive verso destra
$Y$	ordinate (espresse in m) positive verso l'alto
$M$	momento espresso in kNm
$V$	taglio espresso in kN
$SN$	sforzo normale espresso in kN
$ux$	spostamento direzione X espresso in m
$uy$	spostamento direzione Y espresso in m
$\sigma$	pressione sul terreno espressa in kPa

### Tipo di analisi

Pressione in calotta

I carichi applicati sul terreno sono stati diffusi secondo **valore 0.00**

Metodo di calcolo della portanza

Pressione geostatica

Hansen

### Spinta sui piedritti

- a Riposo [combinazione 1]
- a Riposo [combinazione 2]
- a Riposo [combinazione 3]
- a Riposo [combinazione 4]
- a Riposo [combinazione 5]
- a Riposo [combinazione 6]
- a Riposo [combinazione 7]
- a Riposo [combinazione 8]
- a Riposo [combinazione 9]
- a Riposo [combinazione 10]
- a Riposo [combinazione 11]

Sisma

**Identificazione del sito**

Latitudine 45.159632

Longitudine 10.784886

Comune

Provincia

Regione

Punti di interpolazione del reticolo 13837 - 13615 - 13614 - 13836

**Tipo di opera**

Tipo di costruzione Opera ordinaria

Vita nominale 50 anni

Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose

Vita di riferimento 50 anni

**Combinazioni SLU**

Accelerazione al suolo  $a_g =$  0.91 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.50

Coefficiente di amplificazione topografica (St) 1.00

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ ) 1.00

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)  $k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S_s) = 13.91$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)  $k_v = 0.50 * k_h = 6.96$

**Combinazioni SLE**

Accelerazione al suolo  $a_g =$  0.39 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.50

Coefficiente di amplificazione topografica (St) 1.00

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	58 di 144

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*Ss) = 5.95$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 2.98$
Forma diagramma incremento sismico	Rettangolare
Spinta sismica	Wood
Angolo diffusione sovraccarico	0.00 [°]

Coefficienti di spinta

N°combinazione	Statico	Sismico
1	0.384	0.000
2	0.384	0.000
3	0.384	0.516
4	0.384	0.516
5	0.384	0.516
6	0.384	0.516
7	0.384	0.000
8	0.384	0.000
9	0.384	0.000
10	0.384	0.000
11	0.384	0.000

Discretizzazione strutturale

Numero elementi fondazione	26
Numero elementi trasverso	20
Numero elementi piedritto sinistro	22
Numero elementi piedritto destro	22

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	59 di 144

Numero molle fondazione 27

Numero molle piedritto sinistro 23

Numero molle piedritto destro 23

## Spostamenti

### Spostamenti fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00008	0.00701
0.75	0.00007	0.00718
1.30	0.00007	0.00739
1.85	0.00007	0.00771
2.45	0.00006	0.00815

### Spostamenti traverso (Combinazione n° 1)

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00120	0.00705
0.68	0.00119	0.00749
1.30	0.00119	0.00791
1.93	0.00119	0.00810
2.45	0.00118	0.00819

### Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00008	0.00701
1.28	0.00055	0.00703
2.35	0.00120	0.00705

### Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 1)

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	61 di 144

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00006	0.00815
1.28	0.00069	0.00817
2.35	0.00118	0.00819

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 2)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00130	0.00697
0.75	0.00130	0.00715
1.30	0.00129	0.00739
1.85	0.00129	0.00773
2.45	0.00129	0.00820

**Spostamenti traverso (Combinazione n° 2)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00247	0.00700
0.68	0.00249	0.00746
1.30	0.00251	0.00791
1.93	0.00253	0.00813
2.45	0.00255	0.00824

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 2)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00130	0.00697
1.28	0.00180	0.00699
2.35	0.00247	0.00700

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 2)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00129	0.00820
1.28	0.00199	0.00822
2.35	0.00255	0.00824

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 3)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00222	0.00406
0.75	0.00221	0.00415
1.30	0.00221	0.00426
1.85	0.00221	0.00442
2.45	0.00220	0.00462

**Spostamenti traverso (Combinazione n° 3)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00278	0.00408
0.68	0.00277	0.00428
1.30	0.00276	0.00448
1.93	0.00275	0.00458
2.45	0.00274	0.00464

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 3)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
-------	-----------	-----------

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	63 di 144

0.20	0.00222	0.00406
1.28	0.00251	0.00407
2.35	0.00278	0.00408

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 3)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00220	0.00462
1.28	0.00247	0.00463
2.35	0.00274	0.00464

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 4)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00222	0.00387
0.75	0.00222	0.00397
1.30	0.00221	0.00408
1.85	0.00221	0.00423
2.45	0.00221	0.00443

**Spostamenti trasverso (Combinazione n° 4)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00279	0.00389
0.68	0.00278	0.00409
1.30	0.00276	0.00429
1.93	0.00275	0.00439
2.45	0.00274	0.00445

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 4)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00222	0.00387
1.28	0.00251	0.00388
2.35	0.00279	0.00389

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 4)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00221	0.00443
1.28	0.00247	0.00444
2.35	0.00274	0.00445

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 5)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	-0.00218	0.00446
0.75	-0.00218	0.00434
1.30	-0.00218	0.00426
1.85	-0.00219	0.00423
2.45	-0.00219	0.00422

**Spostamenti trasverso (Combinazione n° 5)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	-0.00240	0.00448
0.68	-0.00241	0.00450
1.30	-0.00242	0.00448
1.93	-0.00243	0.00436
2.45	-0.00244	0.00424

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 5)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	-0.00218	0.00446
1.28	-0.00229	0.00447
2.35	-0.00240	0.00448

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 5)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	-0.00219	0.00422
1.28	-0.00232	0.00423
2.35	-0.00244	0.00424

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 6)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	-0.00218	0.00427
0.75	-0.00218	0.00416
1.30	-0.00218	0.00408
1.85	-0.00219	0.00404
2.45	-0.00219	0.00403

**Spostamenti trasverso (Combinazione n° 6)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	-0.00240	0.00429
0.68	-0.00241	0.00431

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	66 di 144

1.30	-0.00242	0.00429
1.93	-0.00243	0.00417
2.45	-0.00244	0.00405

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 6)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	-0.00218	0.00427
1.28	-0.00229	0.00428
2.35	-0.00240	0.00429

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 6)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	-0.00219	0.00403
1.28	-0.00233	0.00404
2.35	-0.00244	0.00405

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 7)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00000	0.00395
0.75	0.00000	0.00389
1.30	0.00000	0.00386
1.85	0.00000	0.00389
2.45	0.00000	0.00395

**Spostamenti trasverso (Combinazione n° 7)**

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	67 di 144

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00000	0.00397
0.68	0.00000	0.00406
1.30	0.00000	0.00411
1.93	0.00000	0.00406
2.45	0.00000	0.00397

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 7)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00000	0.00395
1.28	-0.00003	0.00396
2.35	0.00000	0.00397

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 7)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00000	0.00395
1.28	0.00003	0.00396
2.35	0.00000	0.00397

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 8)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00003	0.00519
0.75	0.00003	0.00525
1.30	0.00003	0.00536
1.85	0.00003	0.00555
2.45	0.00003	0.00581

**Spostamenti traverso (Combinazione n° 8)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00064	0.00522
0.68	0.00064	0.00549
1.30	0.00064	0.00574
1.93	0.00064	0.00582
2.45	0.00064	0.00584

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 8)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00003	0.00519
1.28	0.00028	0.00520
2.35	0.00064	0.00522

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 8)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00003	0.00581
1.28	0.00039	0.00583
2.35	0.00064	0.00584

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 9)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00005	0.00480
0.75	0.00005	0.00491

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	69 di 144

1.30	0.00005	0.00506
1.85	0.00005	0.00528
2.45	0.00004	0.00558

**Spostamenti trasverso (Combinazione n° 9)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00082	0.00483
0.68	0.00082	0.00513
1.30	0.00082	0.00541
1.93	0.00082	0.00554
2.45	0.00082	0.00561

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 9)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00005	0.00480
1.28	0.00038	0.00481
2.35	0.00082	0.00483

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 9)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00004	0.00558
1.28	0.00048	0.00560
2.35	0.00082	0.00561

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 10)**

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	70 di 144

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00004	0.00488
0.75	0.00003	0.00495
1.30	0.00003	0.00506
1.85	0.00003	0.00525
2.45	0.00003	0.00550

**Spostamenti trasverso (Combinazione n° 10)**

X [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.15	0.00065	0.00491
0.68	0.00065	0.00517
1.30	0.00065	0.00541
1.93	0.00065	0.00550
2.45	0.00065	0.00553

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 10)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00004	0.00488
1.28	0.00029	0.00489
2.35	0.00065	0.00491

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 10)**

Y [m]	$u_x$ [m]	$u_y$ [m]
0.20	0.00003	0.00550
1.28	0.00039	0.00552
2.35	0.00065	0.00553

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 11)**

X [m]	u <sub>x</sub> [m]	u <sub>y</sub> [m]
0.15	0.00002	0.00490
0.75	0.00001	0.00496
1.30	0.00001	0.00506
1.85	0.00001	0.00524
2.45	0.00001	0.00549

**Spostamenti traverso (Combinazione n° 11)**

X [m]	u <sub>x</sub> [m]	u <sub>y</sub> [m]
0.15	0.00051	0.00493
0.68	0.00055	0.00517
1.30	0.00059	0.00540
1.93	0.00064	0.00549
2.45	0.00068	0.00552

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 11)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [m]	u <sub>y</sub> [m]
0.20	0.00002	0.00490
1.28	0.00021	0.00492
2.35	0.00051	0.00493

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 11)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [m]	u <sub>y</sub> [m]
0.20	0.00001	0.00549



## Sollecitazioni

### Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-40.1513	-175.6062	71.1807
0.75	42.0106	-82.0628	71.1807
1.30	67.7695	3.5392	71.1807
1.85	46.0995	92.6578	71.1807
2.45	-36.0340	181.1867	71.1807

### Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 1)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-42.2615	160.3946	65.3628
0.68	22.3306	85.6704	69.1310
1.30	48.0754	-3.2871	73.6170
1.93	18.2218	-92.2445	78.1029
2.45	-49.8217	-166.9687	81.8711

### Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-40.1513	71.3706	181.7428
1.28	-4.4605	-2.9870	171.0687
2.35	-42.2615	-65.3628	160.3946

### Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 1)

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	74 di 144

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-36.0340	-71.0220	188.3169
1.28	-2.2187	7.7342	177.6428
2.35	-49.8217	79.5230	166.9687

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 2)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-38.8076	-175.9088	66.9748
0.75	43.6793	-82.8502	66.9748
1.30	69.9152	2.5976	66.9748
1.85	48.7391	91.8668	66.9748
2.45	-33.0437	180.8746	66.9748

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 2)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-43.4158	160.6573	66.5247
0.68	21.3142	85.9331	70.2929
1.30	47.2231	-3.0244	74.7789
1.93	17.5337	-91.9818	79.2648
2.45	-50.3719	-166.7060	83.0330

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 2)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-38.8076	70.2089	182.0055
1.28	-4.3658	-4.1489	171.3314
2.35	-43.4158	-66.5247	160.6573

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 2)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-33.0437	-63.7702	188.0542
1.28	-3.0485	9.3700	177.3801
2.35	-50.3719	77.9699	166.7060

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 3)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-31.0022	-98.7835	65.8393
0.75	15.3421	-46.3487	66.6643
1.30	30.0599	1.5501	67.4086
1.85	18.2854	51.1777	68.1529
2.45	-27.0217	99.8521	68.9779

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 3)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-26.8851	85.4199	61.6222
0.68	7.6304	46.0676	62.6793
1.30	21.7826	-0.7805	63.9377
1.93	6.6548	-47.6285	65.1961
2.45	-28.6801	-86.9808	66.2531

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 3)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
-------	---------	--------	--------

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	76 di 144

0.20	-31.0022	71.3564	102.3336
1.28	6.7935	0.4293	93.8767
2.35	-26.8851	-61.6222	85.4199

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 3)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-27.0217	-63.4905	103.8945
1.28	6.1896	2.9828	95.4376
2.35	-28.6801	60.8039	86.9808

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 4)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-30.5411	-95.5705	65.7100
0.75	14.3057	-44.9588	66.5350
1.30	28.5925	1.3545	67.2793
1.85	17.2510	49.3946	68.0237
2.45	-26.5574	96.6378	68.8486

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 4)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-26.6953	84.2435	61.7484
0.68	7.3436	45.4284	62.8055
1.30	21.2962	-0.7799	64.0639
1.93	6.3687	-46.9883	65.3223
2.45	-28.4891	-85.8033	66.3793

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 4)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-30.5411	71.2302	98.9567
1.28	7.1189	0.3031	91.6001
2.35	-26.6953	-61.7484	84.2435

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 4)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-26.5574	-63.3580	100.5166
1.28	6.5126	3.1087	93.1599
2.35	-28.4891	60.9272	85.8033

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 5)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-27.3623	-99.0840	68.2477
0.75	17.9549	-42.6229	67.4227
1.30	30.3070	6.2745	66.6784
1.85	16.1689	54.4956	65.9341
2.45	-30.1623	99.5506	65.1091

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 5)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-27.4748	86.0742	62.4990
0.68	7.3842	46.7219	62.4815
1.30	21.9454	-0.1261	62.4606
1.93	7.2265	-46.9741	62.4396
2.45	-27.7649	-86.3265	62.4221

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 5)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-27.3623	62.8297	102.9879
1.28	5.5728	-2.4553	94.5311
2.35	-27.4748	-57.7275	86.0742

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 5)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-30.1623	-70.5565	103.2402
1.28	6.7735	0.3705	94.7833
2.35	-27.7649	62.4221	86.3265

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 6)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-26.8980	-95.8697	68.1184
0.75	16.9205	-41.2299	67.2935
1.30	28.8397	6.0825	66.5491
1.85	15.1325	52.7155	65.8048
2.45	-29.7012	96.3376	64.9799

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 6)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-27.2838	84.8967	62.6252
0.68	7.0980	46.0817	62.6077

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	79 di 144

1.30	21.4590	-0.1267	62.5867
1.93	6.9397	-46.3350	62.5658
2.45	-27.5751	-85.1500	62.5483

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 6)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-26.8980	62.6972	99.6100
1.28	5.8958	-2.5812	92.2534
2.35	-27.2838	-57.8508	84.8967

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 6)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-29.7012	-70.4303	99.8633
1.28	7.0989	0.4967	92.5067
2.35	-27.5751	62.5483	85.1500

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 7)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-19.3785	-89.8109	37.0316
0.75	22.0325	-39.7739	37.0316
1.30	33.9874	4.0938	37.0316
1.85	22.0325	48.0195	37.0316
2.45	-19.3785	89.8109	37.0316

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 7)**

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	80 di 144

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-21.7081	77.4584	33.3159
0.68	9.6752	42.0969	33.3159
1.30	22.8305	0.0000	33.3159
1.93	9.6752	-42.0969	33.3159
2.45	-21.7081	-77.4584	33.3159

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 7)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-19.3785	37.0397	93.2718
1.28	-1.6048	-2.5792	85.3651
2.35	-21.7081	-33.3159	77.4584

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 7)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-19.3785	-37.0397	93.2718
1.28	-1.6048	2.5792	85.3651
2.35	-21.7081	33.3159	77.4584

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 8)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-28.3748	-127.6869	51.0908
0.75	31.1355	-58.9186	51.0908
1.30	49.4302	3.3381	51.0908
1.85	33.3690	67.5442	51.0908
2.45	-26.1355	130.7633	51.0908

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 8)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-31.2385	116.4152	47.9369
0.68	15.7117	62.4426	50.0159
1.30	34.6591	-1.8106	52.4909
1.93	13.4484	-66.0638	54.9659
2.45	-35.4030	-120.0365	57.0449

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 8)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-28.3748	51.1773	132.2287
1.28	-3.1706	-2.8176	124.3220
2.35	-31.2385	-47.9369	116.4152

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 8)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-26.1355	-51.0269	135.8500
1.28	-1.9228	5.4161	127.9432
2.35	-35.4030	55.7641	120.0365

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 9)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-27.2610	-119.4226	48.8430
0.75	28.6371	-55.8144	48.8430

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	82 di 144

1.30	46.1762	2.4141	48.8430
1.85	31.4474	63.0599	48.8430
2.45	-24.4327	123.2626	48.8430

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 9)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-28.5675	107.8107	44.2833
0.68	14.8424	57.5603	46.8821
1.30	32.1232	-2.2616	49.9758
1.93	12.0153	-62.0836	53.0696
2.45	-33.7693	-112.3340	55.6683

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 9)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-27.2610	48.9722	123.6242
1.28	-2.8527	-2.0933	115.7175
2.35	-28.5675	-44.2833	107.8107

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 9)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-24.4327	-48.7353	128.1475
1.28	-1.3089	5.3525	120.2408
2.35	-33.7693	54.0423	112.3340

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 10)**

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	83 di 144

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-26.8441	-119.8050	48.4836
0.75	29.0484	-55.4077	48.4836
1.30	46.3004	3.0158	48.4836
1.85	31.2855	63.3847	48.4836
2.45	-24.5988	122.8797	48.4836

**Sollecitazioni trasverso (Combinazione n° 10)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-29.0051	108.2624	44.6808
0.68	14.6419	58.0119	46.7598
1.30	32.2050	-1.8100	49.2348
1.93	12.3794	-61.6319	51.7098
2.45	-33.1681	-111.8824	53.7888

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 10)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-26.8441	48.5748	124.0758
1.28	-2.8631	-2.4907	116.1691
2.35	-29.0051	-44.6808	108.2624

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 10)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-24.5988	-48.4137	127.6958
1.28	-1.6190	5.0910	119.7891
2.35	-33.1681	52.5020	111.8824

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 11)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-23.7951	-119.8516	46.1187
0.75	32.0623	-55.2601	46.1187
1.30	49.2280	3.1651	46.1187
1.85	34.1497	63.4422	46.1187
2.45	-21.7345	122.8201	46.1187

**Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 11)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.15	-31.1550	108.3300	47.0988
0.68	12.5275	58.0796	49.1778
1.30	30.1329	-1.7424	51.6528
1.93	10.3495	-61.5643	54.1278
2.45	-35.1625	-111.8147	56.2068

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 11)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-23.7951	46.1566	124.1435
1.28	-2.4136	-4.9088	116.2367
2.35	-31.1550	-47.0988	108.3300

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 11)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.20	-21.7345	-46.1010	127.6282

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	85 di 144

1.28	-1.1778	7.3000	119.7215
2.35	-35.1625	54.8631	111.8147

## Pressioni terreno

### Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.15	164
0.75	167
1.30	172
1.85	180
2.45	190

### Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.15	163
0.75	167
1.30	172
1.85	180
2.45	191

### Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 3)

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.15	95
0.75	97
1.30	99
1.85	103
2.45	108

### Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 4)

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
-------	------------------

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	87 di 144

0.15	90
0.75	93
1.30	95
1.85	99
2.45	103

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 5)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.15	104
0.75	101
1.30	99
1.85	99
2.45	98

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 6)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.15	100
0.75	97
1.30	95
1.85	94
2.45	94

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 7)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.15	92
0.75	91
1.30	90
1.85	91
2.45	92

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 8)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.15	121
0.75	123
1.30	125
1.85	129
2.45	136

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 9)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.15	112
0.75	115
1.30	118
1.85	123
2.45	130

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 10)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.15	114
0.75	116
1.30	118
1.85	122
2.45	128

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 11)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.15	114

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	89 di 144

0.75	116
1.30	118
1.85	122
2.45	128

## Verifiche combinazioni SLU

Simbologia adottata ed unità di misura

$N^\circ$	Indice sezione
$X$	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m
$M$	Momento flettente, espresso in kNm
$V$	Taglio, espresso in kN
$N$	Sforzo normale, espresso in kN
$N_u$	Sforzo normale ultimo, espressa in kN
$M_u$	Momento ultimo, espressa in kNm
$A_{fi}$	Area armatura inferiore, espressa in mq
$A_{fs}$	Area armatura superiore, espressa in mq
$CS$	Coeff. di sicurezza sezione
$V_{rd}$	Aliquota taglio assorbita dal calcestruzzo in elementi senza armature trasversali, espressa in kN
$V_{r,c,d}$	Aliquota taglio assorbita dal calcestruzzo in elementi con armature trasversali, espressa in kN
$V_{Rsd}$	Aliquota taglio assorbita armature trasversali, espressa in kN
$A_{sv}$	Area armature trasversali nella sezione, espressa in mq

### Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)]

Base sezione      B = 100 cm

Altezza sezione      H = 0.4000 m

### Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$N_u$	$M_u$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	CS
1	0.15	40.15 (40.15)	71.18	439.71	248.03	0.001571	0.001571	6.18
2	0.75	-42.01 (-65.35)	71.18	242.89	-222.99	0.001571	0.001571	3.41
3	1.30	-67.77 (-67.77)	71.18	232.88	-221.72	0.001571	0.001571	3.27
4	1.85	-46.10 (-67.77)	71.18	232.88	-221.72	0.001571	0.001571	3.27
5	2.45	36.03 (40.15)	71.18	439.71	248.03	0.001571	0.001571	6.18

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	91 di 144

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.15	0.000000	-175.61	178.56	0.00	0.00	1.017
2	0.75	0.000000	-82.06	178.56	0.00	0.00	2.176
3	1.30	0.000000	3.54	178.56	0.00	0.00	50.451
4	1.85	0.000000	92.66	178.56	0.00	0.00	1.927
5	2.45	0.000314	181.19	0.00	372.96	1231.24	2.058

Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.15	-42.26 (-49.82)	65.36	194.46	-148.22	0.001571	0.001571	2.98
2	0.68	22.33 (38.98)	69.13	273.33	154.14	0.001571	0.001571	3.95
3	1.30	48.08 (48.08)	73.62	231.19	150.98	0.001571	0.001571	3.14
4	1.93	18.22 (36.15)	78.10	344.52	159.48	0.001571	0.001571	4.41
5	2.45	-49.82 (-49.82)	81.87	250.48	-152.43	0.001571	0.001571	3.06

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.15	0.000314	160.39	0.00	448.06	843.48	2.794
2	0.68	0.000000	85.67	151.73	0.00	0.00	1.771
3	1.30	0.000000	-3.29	152.22	0.00	0.00	46.308
4	1.93	0.000000	-92.24	152.70	0.00	0.00	1.655
5	2.45	0.000314	-166.97	0.00	448.06	846.06	2.684

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	-40.15 (-42.26)	181.74	842.82	-195.98	0.001571	0.001571	4.64
2	1.28	-4.46 (-5.04)	171.07	4936.09	-145.46	0.001571	0.001571	28.85
3	2.35	-42.26 (-42.26)	160.39	709.05	-186.82	0.001571	0.001571	4.42

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.20	0.000000	71.37	163.89	0.00	0.00	2.296
2	1.28	0.000000	-2.99	162.74	0.00	0.00	54.483
3	2.35	0.000000	-65.36	161.59	0.00	0.00	2.472

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	-36.03 (-49.82)	188.32	705.01	-186.52	0.001571	0.001571	3.74
2	1.28	-2.22 (-3.72)	177.64	5122.51	-107.33	0.001571	0.001571	28.84
3	2.35	-49.82 (-49.82)	166.97	598.25	-178.51	0.001571	0.001571	3.58

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.20	0.000000	-71.02	164.60	0.00	0.00	2.318
2	1.28	0.000000	7.73	163.45	0.00	0.00	21.134
3	2.35	0.000000	79.52	162.30	0.00	0.00	2.041

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.4000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.15	38.81 (38.81)	66.97	424.78	246.13	0.001571	0.001571	6.34
2	0.75	-43.68 (-67.24)	66.97	219.09	-219.97	0.001571	0.001571	3.27
3	1.30	-69.92 (-69.92)	66.97	209.55	-218.75	0.001571	0.001571	3.13
4	1.85	-48.74 (-69.92)	66.97	209.55	-218.75	0.001571	0.001571	3.13
5	2.45	33.04 (38.81)	66.97	424.78	246.13	0.001571	0.001571	6.34

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.15	0.000000	-175.91	178.06	0.00	0.00	1.012
2	0.75	0.000000	-82.85	178.06	0.00	0.00	2.149
3	1.30	0.000000	2.60	178.06	0.00	0.00	68.549
4	1.85	0.000000	91.87	178.06	0.00	0.00	1.938
5	2.45	0.000314	180.87	0.00	372.96	1230.51	2.062

**Verifica sezioni trasverso [Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.15	-43.42 (-50.37)	66.52	195.90	-148.33	0.001571	0.001571	2.94
2	0.68	21.31 (38.02)	70.29	286.86	155.16	0.001571	0.001571	4.08
3	1.30	47.22 (47.22)	74.78	240.14	151.65	0.001571	0.001571	3.21
4	1.93	17.53 (35.41)	79.26	359.45	160.60	0.001571	0.001571	4.53
5	2.45	-50.37 (-50.37)	83.03	251.37	-152.49	0.001571	0.001571	3.03

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.15	0.000314	160.66	0.00	448.06	843.66	2.789
2	0.68	0.000000	85.93	151.86	0.00	0.00	1.767
3	1.30	0.000000	-3.02	152.34	0.00	0.00	50.372
4	1.93	0.000000	-91.98	152.83	0.00	0.00	1.661
5	2.45	0.000314	-166.71	0.00	448.06	846.24	2.688

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	95 di 144

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	-38.81 (-43.42)	182.01	813.16	-193.97	0.001571	0.001571	4.47
2	1.28	-4.37 (-5.17)	171.33	4904.35	-148.06	0.001571	0.001571	28.62
3	2.35	-43.42 (-43.42)	160.66	684.51	-184.98	0.001571	0.001571	4.26

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.20	0.000000	70.21	163.92	0.00	0.00	2.335
2	1.28	0.000000	-4.15	162.77	0.00	0.00	39.232
3	2.35	0.000000	-66.52	161.62	0.00	0.00	2.429

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	-33.04 (-45.44)	188.05	798.67	-192.99	0.001571	0.001571	4.25
2	1.28	-3.05 (-4.87)	177.38	5027.01	-138.02	0.001571	0.001571	28.34
3	2.35	-50.37 (-50.37)	166.71	588.32	-177.77	0.001571	0.001571	3.53

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.20	0.000000	-63.77	164.58	0.00	0.00	2.581
2	1.28	0.000000	9.37	163.42	0.00	0.00	17.441
3	2.35	0.000000	77.97	162.27	0.00	0.00	2.081

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.4000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.15	31.00 (31.00)	65.84	558.96	263.20	0.001571	0.001571	8.49
2	0.75	-15.34 (-28.52)	66.66	638.91	-273.37	0.001571	0.001571	9.58
3	1.30	-30.06 (-30.06)	67.41	602.70	-268.77	0.001571	0.001571	8.94
4	1.85	-18.29 (-30.06)	68.15	612.05	-269.95	0.001571	0.001571	8.98
5	2.45	27.02 (31.00)	68.98	596.12	267.93	0.001571	0.001571	8.64

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.15	0.000000	-98.78	177.93	0.00	0.00	1.801
2	0.75	0.000000	-46.35	178.02	0.00	0.00	3.841
3	1.30	0.000000	1.55	178.11	0.00	0.00	114.902
4	1.85	0.000000	51.18	178.20	0.00	0.00	3.482
5	2.45	0.000314	99.85	0.00	372.96	1230.86	3.735

**Verifica sezioni trasverso [Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	97 di 144

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.15	-26.89 (-28.68)	61.62	342.30	-159.31	0.001571	0.001571	5.55
2	0.68	7.63 (16.59)	62.68	704.81	186.50	0.001571	0.001571	11.24
3	1.30	21.78 (21.78)	63.94	503.01	171.37	0.001571	0.001571	7.87
4	1.93	6.65 (15.91)	65.20	787.55	192.23	0.001571	0.001571	12.08
5	2.45	-28.68 (-28.68)	66.25	373.42	-161.65	0.001571	0.001571	5.64

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.15	0.000314	85.42	0.00	448.06	842.89	5.245
2	0.68	0.000000	46.07	151.04	0.00	0.00	3.279
3	1.30	0.000000	-0.78	151.17	0.00	0.00	193.697
4	1.93	0.000000	-47.63	151.31	0.00	0.00	3.177
5	2.45	0.000314	-86.98	0.00	448.06	843.62	5.151

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	-31.00 (-31.00)	102.33	586.28	-177.61	0.001571	0.001571	5.73
2	1.28	6.79 (6.79)	93.88	3272.10	236.79	0.001571	0.001571	34.86
3	2.35	-26.89 (-31.00)	85.42	464.13	-168.45	0.001571	0.001571	5.43

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
----	---	-----------------	---	-----------------	------------------	------------------	----

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	98 di 144

1	0.20	0.000000	71.36	155.32	0.00	0.00	2.177
2	1.28	0.000000	0.43	154.40	0.00	0.00	359.634
3	2.35	0.000000	-61.62	153.49	0.00	0.00	2.491

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	-27.02 (-28.68)	103.89	664.73	-183.50	0.001571	0.001571	6.40
2	1.28	6.19 (6.19)	95.44	3522.08	228.42	0.001571	0.001571	36.90
3	2.35	-28.68 (-28.68)	86.98	524.65	-172.99	0.001571	0.001571	6.03

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.20	0.000000	-63.49	155.49	0.00	0.00	2.449
2	1.28	0.000000	2.98	154.57	0.00	0.00	51.822
3	2.35	0.000000	60.80	153.66	0.00	0.00	2.527

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 4 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.4000 m

Verifiche presso-flessione

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	99 di 144

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.15	30.54 (30.54)	65.71	569.04	264.48	0.001571	0.001571	8.66
2	0.75	-14.31 (-27.09)	66.53	686.12	-279.38	0.001571	0.001571	10.31
3	1.30	-28.59 (-28.59)	67.28	645.11	-274.16	0.001571	0.001571	9.59
4	1.85	-17.25 (-28.59)	68.02	655.34	-275.46	0.001571	0.001571	9.63
5	2.45	26.56 (30.54)	68.85	607.15	269.33	0.001571	0.001571	8.82

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.15	0.000000	-95.57	177.91	0.00	0.00	1.862
2	0.75	0.000000	-44.96	178.01	0.00	0.00	3.959
3	1.30	0.000000	1.35	178.10	0.00	0.00	131.486
4	1.85	0.000000	49.39	178.18	0.00	0.00	3.607
5	2.45	0.000314	96.64	0.00	372.96	1230.84	3.859

Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 4 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.15	-26.70 (-28.49)	61.75	345.89	-159.58	0.001571	0.001571	5.60
2	0.68	7.34 (16.17)	62.81	731.71	188.44	0.001571	0.001571	11.65
3	1.30	21.30 (21.30)	64.06	519.16	172.58	0.001571	0.001571	8.10
4	1.93	6.37 (15.50)	65.32	818.95	194.36	0.001571	0.001571	12.54
5	2.45	-28.49 (-28.49)	66.38	377.32	-161.94	0.001571	0.001571	5.68

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.15	0.000314	84.24	0.00	448.06	842.91	5.319
2	0.68	0.000000	45.43	151.05	0.00	0.00	3.325
3	1.30	0.000000	-0.78	151.18	0.00	0.00	193.846
4	1.93	0.000000	-46.99	151.32	0.00	0.00	3.220
5	2.45	0.000314	-85.80	0.00	448.06	843.64	5.222

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 4 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	-30.54 (-30.54)	98.96	572.03	-176.54	0.001571	0.001571	5.78
2	1.28	7.12 (7.12)	91.60	3099.75	240.90	0.001571	0.001571	33.84
3	2.35	-26.70 (-30.54)	84.24	464.79	-168.50	0.001571	0.001571	5.52

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.20	0.000000	71.23	154.95	0.00	0.00	2.175
2	1.28	0.000000	0.30	154.16	0.00	0.00	508.531
3	2.35	0.000000	-61.75	153.36	0.00	0.00	2.484

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 4 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	101 di 144

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	-26.56 (-28.49)	100.52	641.20	-181.73	0.001571	0.001571	6.38
2	1.28	6.51 (6.51)	93.16	3349.89	234.18	0.001571	0.001571	35.96
3	2.35	-28.49 (-28.49)	85.80	519.95	-172.64	0.001571	0.001571	6.06

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.20	0.000000	-63.36	155.12	0.00	0.00	2.448
2	1.28	0.000000	3.11	154.33	0.00	0.00	49.643
3	2.35	0.000000	60.93	153.53	0.00	0.00	2.520

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 5 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.4000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.15	27.36 (30.16)	68.25	610.33	269.74	0.001571	0.001571	8.94
2	0.75	-17.95 (-30.08)	67.42	602.40	-268.73	0.001571	0.001571	8.93
3	1.30	-30.31 (-30.31)	66.68	586.88	-266.75	0.001571	0.001571	8.80
4	1.85	-16.17 (-30.31)	65.93	577.82	-265.60	0.001571	0.001571	8.76
5	2.45	30.16 (30.16)	65.11	571.63	264.81	0.001571	0.001571	8.78

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.15	0.000000	-99.08	178.21	0.00	0.00	1.799
2	0.75	0.000000	-42.62	178.11	0.00	0.00	4.179
3	1.30	0.000000	6.27	178.02	0.00	0.00	28.373
4	1.85	0.000000	54.50	177.94	0.00	0.00	3.265
5	2.45	0.000314	99.55	0.00	372.96	1230.19	3.746

Verifica sezioni trasverso [Combinazione n° 5 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.15	-27.47 (-27.76)	62.50	361.93	-160.79	0.001571	0.001571	5.79
2	0.68	7.38 (16.47)	62.48	708.80	186.80	0.001571	0.001571	11.34
3	1.30	21.95 (21.95)	62.46	483.60	169.91	0.001571	0.001571	7.74
4	1.93	7.23 (16.36)	62.44	714.73	187.25	0.001571	0.001571	11.45
5	2.45	-27.76 (-27.76)	62.42	361.39	-160.75	0.001571	0.001571	5.79

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.15	0.000314	86.07	0.00	448.06	843.03	5.206
2	0.68	0.000000	46.72	151.01	0.00	0.00	3.232
3	1.30	0.000000	-0.13	151.01	0.00	0.00	1197.288
4	1.93	0.000000	-46.97	151.01	0.00	0.00	3.215
5	2.45	0.000314	-86.33	0.00	448.06	843.02	5.190

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 5 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	-27.36 (-27.47)	102.99	696.87	-185.91	0.001571	0.001571	6.77
2	1.28	5.57 (5.57)	94.53	3733.35	220.09	0.001571	0.001571	39.49
3	2.35	-27.47 (-27.47)	86.07	547.27	-174.69	0.001571	0.001571	6.36

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.20	0.000000	62.83	155.39	0.00	0.00	2.473
2	1.28	0.000000	-2.46	154.48	0.00	0.00	62.916
3	2.35	0.000000	-57.73	153.56	0.00	0.00	2.660

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 5 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo ]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	-30.16 (-30.16)	103.24	615.42	-179.80	0.001571	0.001571	5.96
2	1.28	6.77 (6.77)	94.78	3300.25	235.85	0.001571	0.001571	34.82
3	2.35	-27.76 (-30.16)	86.33	487.04	-170.17	0.001571	0.001571	5.64

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.20	0.000000	-70.56	155.42	0.00	0.00	2.203
2	1.28	0.000000	0.37	154.50	0.00	0.00	416.964
3	2.35	0.000000	62.42	153.59	0.00	0.00	2.460

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 6 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.4000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.15	26.90 (29.70)	68.12	622.05	271.23	0.001571	0.001571	9.13
2	0.75	-16.92 (-28.65)	67.29	643.58	-273.97	0.001571	0.001571	9.56
3	1.30	-28.84 (-28.84)	66.55	627.46	-271.91	0.001571	0.001571	9.43
4	1.85	-15.13 (-28.84)	65.80	617.57	-270.66	0.001571	0.001571	9.38
5	2.45	29.70 (29.70)	64.98	582.33	266.17	0.001571	0.001571	8.96

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.15	0.000000	-95.87	178.20	0.00	0.00	1.859
2	0.75	0.000000	-41.23	178.10	0.00	0.00	4.320
3	1.30	0.000000	6.08	178.01	0.00	0.00	29.266
4	1.85	0.000000	52.72	177.92	0.00	0.00	3.375
5	2.45	0.000314	96.34	0.00	372.96	1230.17	3.871

**Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 6 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.15	-27.28 (-27.58)	62.63	365.82	-161.08	0.001571	0.001571	5.84
2	0.68	7.10 (16.06)	62.61	735.90	188.73	0.001571	0.001571	11.75
3	1.30	21.46 (21.46)	62.59	498.91	171.06	0.001571	0.001571	7.97
4	1.93	6.94 (15.95)	62.57	742.09	189.15	0.001571	0.001571	11.86
5	2.45	-27.58 (-27.58)	62.55	365.28	-161.04	0.001571	0.001571	5.84

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.15	0.000314	84.90	0.00	448.06	843.05	5.278
2	0.68	0.000000	46.08	151.03	0.00	0.00	3.277
3	1.30	0.000000	-0.13	151.03	0.00	0.00	1192.370
4	1.93	0.000000	-46.34	151.02	0.00	0.00	3.259
5	2.45	0.000314	-85.15	0.00	448.06	843.04	5.262

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 6 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	106 di 144

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	-26.90 (-27.28)	99.61	671.89	-184.04	0.001571	0.001571	6.75
2	1.28	5.90 (5.90)	92.25	3556.29	227.28	0.001571	0.001571	38.55
3	2.35	-27.28 (-27.28)	84.90	542.43	-174.33	0.001571	0.001571	6.39

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.20	0.000000	62.70	155.02	0.00	0.00	2.473
2	1.28	0.000000	-2.58	154.23	0.00	0.00	59.750
3	2.35	0.000000	-57.85	153.43	0.00	0.00	2.652

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 6 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.20	-29.70 (-29.70)	99.86	600.86	-178.71	0.001571	0.001571	6.02
2	1.28	7.10 (7.10)	92.51	3130.44	240.23	0.001571	0.001571	33.84
3	2.35	-27.58 (-29.70)	85.15	488.08	-170.25	0.001571	0.001571	5.73

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.20	0.000000	-70.43	155.05	0.00	0.00	2.201
2	1.28	0.000000	0.50	154.26	0.00	0.00	310.542
3	2.35	0.000000	62.55	153.46	0.00	0.00	2.453



**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA  
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	107 di 144

## Verifiche combinazioni SLE

Simbologia adottata ed unità di misura

$N^\circ$	Indice sezione
$X$	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m
$M$	Momento flettente, espresso in kNm
$V$	Taglio, espresso in kN
$N$	Sforzo normale, espresso in kN
$A_{fi}$	Area armatura inferiore, espressa in mq
$A_{fs}$	Area armatura superiore, espressa in mq
$\sigma_{fi}$	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore, espresse in kPa
$\sigma_{fs}$	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore, espresse in kPa
$\sigma_c$	Tensione nel calcestruzzo, espresse in kPa
$\tau_c$	Tensione tangenziale nel calcestruzzo, espresse in kPa
$A_{sw}$	Area armature trasversali nella sezione, espressa in mq

### Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 7 - SLE (Quasi Permanente)]

Base sezione       $B = 100 \text{ cm}$

Altezza sezione       $H = 0.4000 \text{ m}$

### Verifiche presso-flessione

$N^\circ$	$X$	$M$	$N$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.15	19.38	37.03	0.001571	0.001571	5845	31956	1302
2	0.75	-22.03	37.03	0.001571	0.001571	37945	6267	1485
3	1.30	-33.99	37.03	0.001571	0.001571	65019	8101	2305
4	1.85	-22.03	37.03	0.001571	0.001571	37945	6267	1485
5	2.45	19.38	37.03	0.001571	0.001571	5845	31956	1302

### Verifiche taglio

$N^\circ$	$X$	$A_{sw}$	$V$	$\tau_c$
-----------	-----	----------	-----	----------

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	109 di 144

1	0.15	0.000000	-89.81	-334
2	0.75	0.000000	-39.77	-148
3	1.30	0.000000	4.09	15
4	1.85	0.000000	48.02	179
5	2.45	0.000314	89.81	334

**Verifica sezioni trasverso [Combinazione n° 7 - SLE (Quasi Permanente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.15	-21.71	33.32	0.001571	0.001571	61077	2243	2836
2	0.68	9.68	33.32	0.001571	0.001571	3037	21061	1225
3	1.30	22.83	33.32	0.001571	0.001571	2159	64823	2986
4	1.93	9.68	33.32	0.001571	0.001571	3037	21061	1225
5	2.45	-21.71	33.32	0.001571	0.001571	61077	2243	2836

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.15	0.000314	77.46	422
2	0.68	0.000000	42.10	229
3	1.30	0.000000	0.00	0
4	1.93	0.000000	-42.10	-229
5	2.45	0.000314	-77.46	-422

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 7 - SLE (Quasi Permanente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.20	-19.38	93.27	0.001571	0.001571	33753	8739	2385
2	1.28	-1.60	85.37	0.001571	0.001571	3042	4336	344
3	2.35	-21.71	77.46	0.001571	0.001571	46375	7096	2742

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.20	0.000000	37.04	202
2	1.28	0.000000	-2.58	-14
3	2.35	0.000000	-33.32	-181

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 7 - SLE (Quasi Permanente)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.20	-19.38	93.27	0.001571	0.001571	33753	8739	2385
2	1.28	-1.60	85.37	0.001571	0.001571	3042	4336	344
3	2.35	-21.71	77.46	0.001571	0.001571	46375	7096	2742

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	111 di 144

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.20	0.000000	-37.04	-202
2	1.28	0.000000	2.58	14
3	2.35	0.000000	33.32	181

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.4000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.15	28.37	51.09	0.001571	0.001571	8327	47785	1910
2	0.75	-31.14	51.09	0.001571	0.001571	54019	8763	2100
3	1.30	-49.43	51.09	0.001571	0.001571	95464	11559	3354
4	1.85	-33.37	51.09	0.001571	0.001571	59068	9112	2253
5	2.45	26.14	51.09	0.001571	0.001571	7968	42736	1755

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.15	0.000000	-127.69	-475
2	0.75	0.000000	-58.92	-219
3	1.30	0.000000	3.34	12
4	1.85	0.000000	67.54	251
5	2.45	0.000314	130.76	487

**Verifica sezioni trasverso [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.15	-31.24	47.94	0.001571	0.001571	87894	3227	4081
2	0.68	15.71	50.02	0.001571	0.001571	4500	35536	1999
3	1.30	34.66	52.49	0.001571	0.001571	3500	97755	4529
4	1.93	13.45	54.97	0.001571	0.001571	5109	26487	1681
5	2.45	-35.40	57.04	0.001571	0.001571	98686	3970	4620

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.15	0.000314	116.42	634
2	0.68	0.000000	62.44	340
3	1.30	0.000000	-1.81	-10
4	1.93	0.000000	-66.06	-360
5	2.45	0.000314	-120.04	-654

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.20	-28.37	132.23	0.001571	0.001571	50769	12380	3504

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	113 di 144

2	1.28	-3.17	124.32	0.001571	0.001571	4094	6651	552
3	2.35	-31.24	116.42	0.001571	0.001571	65134	10723	3933

Verifiche taglio

N°	X	$A_{sw}$	V	$\tau_c$
1	0.20	0.000000	51.18	279
2	1.28	0.000000	-2.82	-15
3	2.35	0.000000	-47.94	-261

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.20	-26.14	135.85	0.001571	0.001571	42446	12730	3189
2	1.28	-1.92	127.94	0.001571	0.001571	4753	6304	486
3	2.35	-35.40	120.04	0.001571	0.001571	77675	10916	4486

Verifiche taglio

N°	X	$A_{sw}$	V	$\tau_c$
1	0.20	0.000000	-51.03	-278
2	1.28	0.000000	5.42	29
3	2.35	0.000000	55.76	304

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 9 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.4000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.15	27.26	48.84	0.001571	0.001571	7982	45986	1835
2	0.75	-28.64	48.84	0.001571	0.001571	49093	8200	1930
3	1.30	-46.18	48.84	0.001571	0.001571	88816	10889	3133
4	1.85	-31.45	48.84	0.001571	0.001571	55444	8640	2123
5	2.45	24.43	48.84	0.001571	0.001571	7528	39611	1640

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.15	0.000000	-119.42	-445
2	0.75	0.000000	-55.81	-208
3	1.30	0.000000	2.41	9
4	1.85	0.000000	63.06	235
5	2.45	0.000314	123.26	459

**Verifica sezioni traverso [Combinazione n° 9 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.15	-28.57	44.28	0.001571	0.001571	80227	3002	3731

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	115 di 144

2	0.68	14.84	46.88	0.001571	0.001571	4212	33690	1889
3	1.30	32.12	49.98	0.001571	0.001571	3397	90151	4195
4	1.93	12.02	53.07	0.001571	0.001571	4958	22412	1492
5	2.45	-33.77	55.67	0.001571	0.001571	93705	3932	4404

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.15	0.000314	107.81	587
2	0.68	0.000000	57.56	314
3	1.30	0.000000	-2.26	-12
4	1.93	0.000000	-62.08	-338
5	2.45	0.000314	-112.33	-612

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 9 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.20	-27.26	123.62	0.001571	0.001571	49841	11564	3376
2	1.28	-2.85	115.72	0.001571	0.001571	3850	6151	508
3	2.35	-28.57	107.81	0.001571	0.001571	59130	9945	3593

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.20	0.000000	48.97	267
2	1.28	0.000000	-2.09	-11

3      2.35      0.000000      -44.28      -241

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 9 - SLE (Rara)]**

Base sezione      B = 100 cm

Altezza sezione      H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.20	-24.43	128.15	0.001571	0.001571	39332	12007	2978
2	1.28	-1.31	120.24	0.001571	0.001571	4668	5724	426
3	2.35	-33.77	112.33	0.001571	0.001571	74796	10185	4284

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.20	0.000000	-48.74	-265
2	1.28	0.000000	5.35	29
3	2.35	0.000000	54.04	294

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 10 - SLE (Rara)]**

Base sezione      B = 100 cm

Altezza sezione      H = 0.4000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.15	26.84	48.48	0.001571	0.001571	7889	45159	1806

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	117 di 144

2	0.75	-29.05	48.48	0.001571	0.001571	50136	8237	1958
3	1.30	-46.30	48.48	0.001571	0.001571	89215	10878	3141
4	1.85	-31.29	48.48	0.001571	0.001571	55193	8587	2112
5	2.45	24.60	48.48	0.001571	0.001571	7528	40098	1651

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.15	0.000000	-119.81	-446
2	0.75	0.000000	-55.41	-206
3	1.30	0.000000	3.02	11
4	1.85	0.000000	63.38	236
5	2.45	0.000314	122.88	457

Verifica sezioni trasverso [Combinazione n° 10 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.15	-29.01	44.68	0.001571	0.001571	81552	3016	3789
2	0.68	14.64	46.76	0.001571	0.001571	4210	33067	1862
3	1.30	32.21	49.23	0.001571	0.001571	3305	90676	4207
4	1.93	12.38	51.71	0.001571	0.001571	4815	24028	1545
5	2.45	-33.17	53.79	0.001571	0.001571	92339	3759	4328

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
----	---	-----------------	---	----------------

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	118 di 144

1	0.15	0.000314	108.26	590
2	0.68	0.000000	58.01	316
3	1.30	0.000000	-1.81	-10
4	1.93	0.000000	-61.63	-336
5	2.45	0.000314	-111.88	-609

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 10 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>ri</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>ri</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.20	-26.84	124.08	0.001571	0.001571	48348	11614	3318
2	1.28	-2.86	116.17	0.001571	0.001571	3865	6174	510
3	2.35	-29.01	108.26	0.001571	0.001571	60423	9974	3651

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.20	0.000000	48.57	265
2	1.28	0.000000	-2.49	-14
3	2.35	0.000000	-44.68	-243

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 10 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	119 di 144

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.20	-24.60	127.70	0.001571	0.001571	40000	11966	3002
2	1.28	-1.62	119.79	0.001571	0.001571	4524	5829	444
3	2.35	-33.17	111.88	0.001571	0.001571	72959	10166	4204

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.20	0.000000	-48.41	-264
2	1.28	0.000000	5.09	28
3	2.35	0.000000	52.50	286

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 11 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.4000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.15	23.80	46.12	0.001571	0.001571	7225	39035	1598
2	0.75	-32.06	46.12	0.001571	0.001571	57711	8526	2167
3	1.30	-49.23	46.12	0.001571	0.001571	96631	11126	3343
4	1.85	-34.15	46.12	0.001571	0.001571	62437	8847	2310
5	2.45	21.73	46.12	0.001571	0.001571	6889	34397	1456

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
----	---	-----------------	---	----------------

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	120 di 144

1	0.15	0.000000	-119.85	-446
2	0.75	0.000000	-55.26	-206
3	1.30	0.000000	3.17	12
4	1.85	0.000000	63.44	236
5	2.45	0.000314	122.82	457

**Verifica sezioni trasverso [Combinazione n° 11 - SLE (Rara)]**

Base sezione      B = 100 cm

Altezza sezione    H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.15	-31.15	47.10	0.001571	0.001571	87901	3136	4071
2	0.68	12.53	49.18	0.001571	0.001571	4555	25320	1571
3	1.30	30.13	51.65	0.001571	0.001571	3735	82942	3926
4	1.93	10.35	54.13	0.001571	0.001571	5072	16708	1262
5	2.45	-35.16	56.21	0.001571	0.001571	98169	3891	4589

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.15	0.000314	108.33	590
2	0.68	0.000000	58.08	316
3	1.30	0.000000	-1.74	-9
4	1.93	0.000000	-61.56	-335
5	2.45	0.000314	-111.81	-609

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 11 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.20	-23.80	124.14	0.001571	0.001571	38506	11633	2903
2	1.28	-2.41	116.24	0.001571	0.001571	4050	5996	482
3	2.35	-31.15	108.33	0.001571	0.001571	67477	9889	3941

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.20	0.000000	46.16	251
2	1.28	0.000000	-4.91	-27
3	2.35	0.000000	-47.10	-257

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 11 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.20	-21.73	127.63	0.001571	0.001571	30938	11902	2611
2	1.28	-1.18	119.72	0.001571	0.001571	4699	5648	417
3	2.35	-35.16	111.81	0.001571	0.001571	79568	10059	4473

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	122 di 144

Verifiche taglio

N°	X	$A_{sw}$	V	$\tau_c$
1	0.20	0.000000	-46.10	-251
2	1.28	0.000000	7.30	40
3	2.35	0.000000	54.86	299

## Verifiche fessurazione

Simbologia adottata ed unità di misura

$N^{\circ}$	Indice sezione
$X_i$	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m
$M_p$	Momento, espresse in kNm
$M_n$	Momento, espresse in kNm
$w_t$	Ampiezza fessure, espresse in mm
$w_{lim}$	Apertura limite fessure, espresse in mm
$s$	Distanza media tra le fessure, espresse in mm
$\epsilon_{sm}$	Deformazione nelle fessure, espresse in [%]

### Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 7 - SLE (Quasi Permanente)]

$N^{\circ}$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0.15	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	19.38	0.00	0.20	0.00	0.000
2	0.75	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-22.03	0.00	0.20	0.00	0.000
3	1.30	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-33.99	0.00	0.20	0.00	0.000
4	1.85	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-22.03	0.00	0.20	0.00	0.000
5	2.45	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	19.38	0.00	0.20	0.00	0.000

### Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 7 - SLE (Quasi Permanente)]

$N^{\circ}$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0.15	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-21.71	0.00	0.20	0.00	0.000
2	0.68	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	9.68	0.00	0.20	0.00	0.000
3	1.30	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	22.83	0.00	0.20	0.00	0.000
4	1.93	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	9.68	0.00	0.20	0.00	0.000
5	2.45	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-21.71	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 7 - SLE (Quasi Permanente)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	w <sub>lim</sub>	s <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.20	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-19.38	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.28	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-1.60	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.35	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-21.71	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 7 - SLE (Quasi Permanente)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	w <sub>lim</sub>	s <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.20	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-19.38	0.00	0.20	0.00	0.000
2	1.28	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-1.60	0.00	0.20	0.00	0.000
3	2.35	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-21.71	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	w <sub>lim</sub>	s <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.15	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	28.37	0.00	100.00	0.00	0.000
2	0.75	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-31.14	0.00	100.00	0.00	0.000
3	1.30	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-49.43	0.00	100.00	0.00	0.000
4	1.85	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-33.37	0.00	100.00	0.00	0.000
5	2.45	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	26.14	0.00	100.00	0.00	0.000

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.15	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-31.24	0.00	100.00	0.00	0.000
2	0.68	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	15.71	0.00	100.00	0.00	0.000
3	1.30	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	34.66	0.00	100.00	0.00	0.000
4	1.93	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	13.45	0.00	100.00	0.00	0.000
5	2.45	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-35.40	0.00	100.00	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.20	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-28.37	0.00	100.00	0.00	0.000
2	1.28	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-3.17	0.00	100.00	0.00	0.000
3	2.35	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-31.24	0.00	100.00	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.20	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-26.14	0.00	100.00	0.00	0.000
2	1.28	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-1.92	0.00	100.00	0.00	0.000
3	2.35	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-35.40	0.00	100.00	0.00	0.000

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 9 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
----	---	-----------------	-----------------	----------------	----------------	---	---	------------------	----------------	-----------------

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	126 di 144

1	0.15	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	27.26	0.00	100.00	0.00	0.000
2	0.75	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-28.64	0.00	100.00	0.00	0.000
3	1.30	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-46.18	0.00	100.00	0.00	0.000
4	1.85	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-31.45	0.00	100.00	0.00	0.000
5	2.45	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	24.43	0.00	100.00	0.00	0.000

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 9 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.15	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-28.57	0.00	100.00	0.00	0.000
2	0.68	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	14.84	0.00	100.00	0.00	0.000
3	1.30	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	32.12	0.00	100.00	0.00	0.000
4	1.93	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	12.02	0.00	100.00	0.00	0.000
5	2.45	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-33.77	0.00	100.00	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 9 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.20	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-27.26	0.00	100.00	0.00	0.000
2	1.28	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-2.85	0.00	100.00	0.00	0.000
3	2.35	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-28.57	0.00	100.00	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 9 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.20	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-24.43	0.00	100.00	0.00	0.000

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	127 di 144

2	1.28	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-1.31	0.00	100.00	0.00	0.000
3	2.35	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-33.77	0.00	100.00	0.00	0.000

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 10 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>iim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.15	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	26.84	0.00	100.00	0.00	0.000
2	0.75	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-29.05	0.00	100.00	0.00	0.000
3	1.30	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-46.30	0.00	100.00	0.00	0.000
4	1.85	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-31.29	0.00	100.00	0.00	0.000
5	2.45	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	24.60	0.00	100.00	0.00	0.000

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 10 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>iim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.15	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-29.01	0.00	100.00	0.00	0.000
2	0.68	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	14.64	0.00	100.00	0.00	0.000
3	1.30	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	32.21	0.00	100.00	0.00	0.000
4	1.93	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	12.38	0.00	100.00	0.00	0.000
5	2.45	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-33.17	0.00	100.00	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 10 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>iim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.20	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-26.84	0.00	100.00	0.00	0.000
2	1.28	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-2.86	0.00	100.00	0.00	0.000

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	128 di 144

3	2.35	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-29.01	0.00	100.00	0.00	0.000
---	------	----------	----------	-------	--------	--------	------	--------	------	-------

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 10 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.20	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-24.60	0.00	100.00	0.00	0.000
2	1.28	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-1.62	0.00	100.00	0.00	0.000
3	2.35	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-33.17	0.00	100.00	0.00	0.000

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 11 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.15	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	23.80	0.00	100.00	0.00	0.000
2	0.75	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-32.06	0.00	100.00	0.00	0.000
3	1.30	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-49.23	0.00	100.00	0.00	0.000
4	1.85	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	-34.15	0.00	100.00	0.00	0.000
5	2.45	0.001571	0.001571	84.56	-84.56	21.73	0.00	100.00	0.00	0.000

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 11 - SLE (Rara)]**

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.15	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-31.15	0.00	100.00	0.00	0.000
2	0.68	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	12.53	0.00	100.00	0.00	0.000
3	1.30	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	30.13	0.00	100.00	0.00	0.000
4	1.93	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	10.35	0.00	100.00	0.00	0.000
5	2.45	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-35.16	0.00	100.00	0.00	0.000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 11 - SLE (Rara)]

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.20	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-23.80	0.00	100.00	0.00	0.000
2	1.28	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-2.41	0.00	100.00	0.00	0.000
3	2.35	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-31.15	0.00	100.00	0.00	0.000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 11 - SLE (Rara)]

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0.20	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-21.73	0.00	100.00	0.00	0.000
2	1.28	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-1.18	0.00	100.00	0.00	0.000
3	2.35	0.001571	0.001571	47.06	-47.06	-35.16	0.00	100.00	0.00	0.000

## Inviluppo spostamenti nodali

### Inviluppo spostamenti fondazione

X [m]	$u_{Xmin}$ [m]	$u_{Xmax}$ [m]	$u_{Ymin}$ [m]	$u_{Ymax}$ [m]
0.15	-0.002178	0.002218	0.003869	0.007012
0.75	-0.002182	0.002215	0.003887	0.007176
1.30	-0.002184	0.002212	0.003859	0.007389
1.85	-0.002187	0.002209	0.003887	0.007734
2.38	-0.002190	0.002206	0.003955	0.008204

### Inviluppo spostamenti traverso

X [m]	$u_{Xmin}$ [m]	$u_{Xmax}$ [m]	$u_{Ymin}$ [m]	$u_{Ymax}$ [m]
0.15	-0.002401	0.002786	0.003890	0.007050
0.68	-0.002411	0.002776	0.004058	0.007490
1.30	-0.002423	0.002764	0.004113	0.007911
1.93	-0.002435	0.002752	0.004058	0.008128
2.45	-0.002445	0.002742	0.003974	0.008243

### Inviluppo spostamenti piedritto sinistro

Y [m]	$u_{Xmin}$ [m]	$u_{Xmax}$ [m]	$u_{Ymin}$ [m]	$u_{Ymax}$ [m]
0.20	-0.002178	0.002218	0.003869	0.007012
1.28	-0.002288	0.002511	0.003880	0.007032
2.35	-0.002401	0.002786	0.003890	0.007050

### Inviluppo spostamenti piedritto destro

Y [m]	u <sub>Xmin</sub> [m]	u <sub>Xmax</sub> [m]	u <sub>Ymin</sub> [m]	u <sub>Ymax</sub> [m]
0.20	-0.002190	0.002206	0.003955	0.008204
1.28	-0.002326	0.002469	0.003965	0.008224
2.35	-0.002445	0.002742	0.003974	0.008243

### Inviluppo sollecitazioni nodali

#### Inviluppo sollecitazioni fondazione

X [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0.15	-40.15	-19.38	-175.91	-89.81	37.03	71.18
0.75	14.31	43.68	-82.85	-39.77	37.03	71.18
1.30	28.59	69.92	1.35	6.27	37.03	71.18
1.85	15.13	48.74	48.02	92.66	37.03	71.18
2.45	-36.03	-19.38	89.81	181.19	37.03	71.18

#### Inviluppo sollecitazioni traverso

X [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0.15	-43.42	-21.71	77.46	160.66	33.32	66.52
0.68	7.10	22.33	42.10	85.93	33.32	70.29
1.30	21.30	48.08	-3.29	0.00	33.32	74.78
1.93	6.37	18.22	-92.24	-42.10	33.32	79.26
2.45	-50.37	-21.71	-166.97	-77.46	33.32	83.03

#### Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro

Y [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0.20	-40.15	-19.38	37.04	71.37	93.27	182.01
1.28	-4.46	7.12	-4.91	0.43	85.37	171.33
2.35	-43.42	-21.71	-66.52	-33.32	77.46	160.66

**Inviluppo sollecitazioni piedritto destro**

Y [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0.20	-36.03	-19.38	-71.02	-37.04	93.27	188.32
1.28	-3.05	7.10	0.37	9.37	85.37	177.64
2.35	-50.37	-21.71	33.32	79.52	77.46	166.97

**Inviluppo pressioni terreno**

**Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione**

X [m]	$\sigma_{tmin}$ [kPa]	$\sigma_{tmax}$ [kPa]
0.15	90	164
0.75	91	167
1.30	90	172
1.85	91	180
2.45	92	191

**Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)**

**Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)**

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	133 di 144

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.4000 m

X	A <sub>n</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0.15	0.001571	0.001571	6.18
0.75	0.001571	0.001571	3.27
1.30	0.001571	0.001571	3.13
1.85	0.001571	0.001571	3.13
2.45	0.001571	0.001571	6.18

X	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0.15	178.56	0.00	0.00	0.000000
0.75	178.56	0.00	0.00	0.000000
1.30	178.56	0.00	0.00	0.000000
1.85	178.56	0.00	0.00	0.000000
2.45	0.00	372.96	1231.24	0.000314

#### Verifica sezioni traverso (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

X	A <sub>n</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0.15	0.001571	0.001571	2.94
0.68	0.001571	0.001571	3.95
1.30	0.001571	0.001571	3.14
1.93	0.001571	0.001571	4.41
2.45	0.001571	0.001571	3.03

X	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0.15	0.00	448.06	843.48	0.000314
0.68	151.73	0.00	0.00	0.000000
1.30	152.22	0.00	0.00	0.000000
1.93	152.70	0.00	0.00	0.000000
2.45	0.00	448.06	846.06	0.000314

**Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0.20	0.001571	0.001571	4.47
1.28	0.001571	0.001571	28.62
2.35	0.001571	0.001571	4.26

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0.20	163.89	0.00	0.00	0.000000
1.28	162.74	0.00	0.00	0.000000
2.35	161.59	0.00	0.00	0.000000

**Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Y	A <sub>ri</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0.20	0.001571	0.001571	3.74
1.28	0.001571	0.001571	28.34
2.35	0.001571	0.001571	3.53

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0.20	164.60	0.00	0.00	0.000000
1.28	163.45	0.00	0.00	0.000000
2.35	162.30	0.00	0.00	0.000000

### Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE)

#### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.4000 m

X	A <sub>ri</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>ri</sub>	σ <sub>fs</sub>
0.15	0.001571	0.001571	1910	47785	8327
0.75	0.001571	0.001571	2167	8763	57711
1.30	0.001571	0.001571	3354	11559	96631
1.85	0.001571	0.001571	2310	9112	62437
2.45	0.001571	0.001571	1755	42736	7968

X	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
---	----------------	-----------------

0.15	-475	0.000000
0.75	-219	0.000000
1.30	15	0.000000
1.85	251	0.000000
2.45	487	0.000314

**Verifica sezioni trasverso (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

X	$A_{fl}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\sigma_{fl}$	$\sigma_{fs}$
0.15	0.001571	0.001571	4081	3227	87901
0.68	0.001571	0.001571	1999	35536	4555
1.30	0.001571	0.001571	4529	97755	3735
1.93	0.001571	0.001571	1681	26487	5109
2.45	0.001571	0.001571	4620	3970	98686

X	$\tau_c$	$A_{sv}$
0.15	634	0.000314
0.68	340	0.000000
1.30	-12	0.000000
1.93	-360	0.000000
2.45	-654	0.000314

**Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)**

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	137 di 144

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Y	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0.20	0.001571	0.001571	3504	12380	50769
1.28	0.001571	0.001571	552	6651	4094
2.35	0.001571	0.001571	3941	10723	67477

Y	$\tau_c$	$A_{sw}$
0.20	279	0.000000
1.28	-27	0.000000
2.35	-261	0.000000

**Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 0.3000 m

Y	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0.20	0.001571	0.001571	3189	12730	42446
1.28	0.001571	0.001571	486	6304	4753
2.35	0.001571	0.001571	4486	10916	79568

Y	$\tau_c$	$A_{sw}$
0.20	-278	0.000000
1.28	40	0.000000
2.35	304	0.000000

## Verifiche geotecniche

### Simbologia adottata

<i>IC</i>	Indice della combinazione
<i>N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub></i>	Fattori di capacità portante
<i>N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub></i>	Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.
<i>q<sub>u</sub></i>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]
<i>Q<sub>U</sub></i>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kN]/m
<i>Q<sub>γ</sub></i>	Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN]/m
<i>FS</i>	Fattore di sicurezza a carico limite

IC	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>	N' <sub>c</sub>	N' <sub>q</sub>	N' <sub>γ</sub>	q <sub>u</sub>	Q <sub>U</sub>	Q <sub>γ</sub>	FS
1	20.72	10.66	6.76	26.80	12.98	5.84	1537	3995.78	400.51	9.98
2	20.72	10.66	6.76	20.61	10.29	4.19	1206	3135.08	400.51	7.83
3	20.72	10.66	6.76	11.96	6.54	2.15	758	1970.89	230.35	8.56
4	20.72	10.66	6.76	11.39	6.30	2.03	728	1892.23	220.46	8.58
5	20.72	10.66	6.76	12.86	6.93	2.35	813	2115.07	230.35	9.18
6	20.72	10.66	6.76	12.30	6.69	2.23	784	2038.03	220.46	9.24

## Schema Strutturale

### Area ed Inerzia elementi

Destinazione	Area [mq]	Inerzia [m <sup>4</sup> ]
Fondazione	0.400000	0.0053333333
Piedritto sinistro	0.300000	0.0022500000
Piedritto destro	0.300000	0.0022500000
Traverso	0.300000	0.0022500000

### Simbologia adottata ed unità di misura

$N$	indice elemento
$N_i$	indice nodo iniziale elemento
$N_j$	indice nodo finale elemento
$(X_i, Y_i)$	coordinate nodo iniziale, espresse in m
$(X_j, Y_j)$	coordinate nodo finale, espresse in m
$Dest$	appartenenza elemento

N	$N_i$	$N_j$	$X_i$	$Y_i$	$X_j$	$Y_j$	Dest
1	1	2	0.1500	0.2000	0.2250	0.2000	Fond
2	2	3	0.2250	0.2000	0.3000	0.2000	Fond
3	3	4	0.3000	0.2000	0.3909	0.2000	Fond
4	4	5	0.3909	0.2000	0.4818	0.2000	Fond
5	5	6	0.4818	0.2000	0.5727	0.2000	Fond
6	6	7	0.5727	0.2000	0.6636	0.2000	Fond
7	7	8	0.6636	0.2000	0.7545	0.2000	Fond
8	8	9	0.7545	0.2000	0.8455	0.2000	Fond
9	9	10	0.8455	0.2000	0.9364	0.2000	Fond
10	10	11	0.9364	0.2000	1.0273	0.2000	Fond
11	11	12	1.0273	0.2000	1.1182	0.2000	Fond

12	12	13	1.1182	0.2000	1.2091	0.2000	Fond
13	13	14	1.2091	0.2000	1.3000	0.2000	Fond
14	14	15	1.3000	0.2000	1.3909	0.2000	Fond
15	15	16	1.3909	0.2000	1.4818	0.2000	Fond
16	16	17	1.4818	0.2000	1.5727	0.2000	Fond
17	17	18	1.5727	0.2000	1.6636	0.2000	Fond
18	18	19	1.6636	0.2000	1.7545	0.2000	Fond
19	19	20	1.7545	0.2000	1.8455	0.2000	Fond
20	20	21	1.8455	0.2000	1.9364	0.2000	Fond
21	21	22	1.9364	0.2000	2.0273	0.2000	Fond
22	22	23	2.0273	0.2000	2.1182	0.2000	Fond
23	23	24	2.1182	0.2000	2.2091	0.2000	Fond
24	24	25	2.2091	0.2000	2.3000	0.2000	Fond
25	25	26	2.3000	0.2000	2.3750	0.2000	Fond
26	26	27	2.3750	0.2000	2.4500	0.2000	Fond
27	1	57	0.1500	0.2000	0.1500	0.2977	PiedL
28	57	58	0.1500	0.2977	0.1500	0.3955	PiedL
29	58	59	0.1500	0.3955	0.1500	0.4932	PiedL
30	59	60	0.1500	0.4932	0.1500	0.5909	PiedL
31	60	61	0.1500	0.5909	0.1500	0.6886	PiedL
32	61	62	0.1500	0.6886	0.1500	0.7864	PiedL
33	62	63	0.1500	0.7864	0.1500	0.8841	PiedL
34	63	64	0.1500	0.8841	0.1500	0.9818	PiedL
35	64	65	0.1500	0.9818	0.1500	1.0795	PiedL
36	65	66	0.1500	1.0795	0.1500	1.1773	PiedL
37	66	67	0.1500	1.1773	0.1500	1.2750	PiedL
38	67	68	0.1500	1.2750	0.1500	1.3727	PiedL
39	68	69	0.1500	1.3727	0.1500	1.4705	PiedL
40	69	70	0.1500	1.4705	0.1500	1.5682	PiedL
41	70	71	0.1500	1.5682	0.1500	1.6659	PiedL
42	71	72	0.1500	1.6659	0.1500	1.7636	PiedL
43	72	73	0.1500	1.7636	0.1500	1.8614	PiedL

44	73	74	0.1500	1.8614	0.1500	1.9591	PiedL
45	74	75	0.1500	1.9591	0.1500	2.0568	PiedL
46	75	76	0.1500	2.0568	0.1500	2.1545	PiedL
47	76	77	0.1500	2.1545	0.1500	2.2523	PiedL
48	77	141	0.1500	2.2523	0.1500	2.3500	PiedL
49	27	99	2.4500	0.2000	2.4500	0.2977	PiedR
50	99	100	2.4500	0.2977	2.4500	0.3955	PiedR
51	100	101	2.4500	0.3955	2.4500	0.4932	PiedR
52	101	102	2.4500	0.4932	2.4500	0.5909	PiedR
53	102	103	2.4500	0.5909	2.4500	0.6886	PiedR
54	103	104	2.4500	0.6886	2.4500	0.7864	PiedR
55	104	105	2.4500	0.7864	2.4500	0.8841	PiedR
56	105	106	2.4500	0.8841	2.4500	0.9818	PiedR
57	106	107	2.4500	0.9818	2.4500	1.0795	PiedR
58	107	108	2.4500	1.0795	2.4500	1.1773	PiedR
59	108	109	2.4500	1.1773	2.4500	1.2750	PiedR
60	109	110	2.4500	1.2750	2.4500	1.3727	PiedR
61	110	111	2.4500	1.3727	2.4500	1.4705	PiedR
62	111	112	2.4500	1.4705	2.4500	1.5682	PiedR
63	112	113	2.4500	1.5682	2.4500	1.6659	PiedR
64	113	114	2.4500	1.6659	2.4500	1.7636	PiedR
65	114	115	2.4500	1.7636	2.4500	1.8614	PiedR
66	115	116	2.4500	1.8614	2.4500	1.9591	PiedR
67	116	117	2.4500	1.9591	2.4500	2.0568	PiedR
68	117	118	2.4500	2.0568	2.4500	2.1545	PiedR
69	118	119	2.4500	2.1545	2.4500	2.2523	PiedR
70	119	161	2.4500	2.2523	2.4500	2.3500	PiedR
71	141	142	0.1500	2.3500	0.2250	2.3500	Trav
72	142	143	0.2250	2.3500	0.3000	2.3500	Trav
73	143	144	0.3000	2.3500	0.4250	2.3500	Trav
74	144	145	0.4250	2.3500	0.5500	2.3500	Trav
75	145	146	0.5500	2.3500	0.6750	2.3500	Trav

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	142 di 144

76	146	147	0.6750	2.3500	0.8000	2.3500	Trav
77	147	148	0.8000	2.3500	0.9250	2.3500	Trav
78	148	149	0.9250	2.3500	1.0500	2.3500	Trav
79	149	150	1.0500	2.3500	1.1750	2.3500	Trav
80	150	151	1.1750	2.3500	1.3000	2.3500	Trav
81	151	152	1.3000	2.3500	1.4250	2.3500	Trav
82	152	153	1.4250	2.3500	1.5500	2.3500	Trav
83	153	154	1.5500	2.3500	1.6750	2.3500	Trav
84	154	155	1.6750	2.3500	1.8000	2.3500	Trav
85	155	156	1.8000	2.3500	1.9250	2.3500	Trav
86	156	157	1.9250	2.3500	2.0500	2.3500	Trav
87	157	158	2.0500	2.3500	2.1750	2.3500	Trav
88	158	159	2.1750	2.3500	2.3000	2.3500	Trav
89	159	160	2.3000	2.3500	2.3750	2.3500	Trav
90	160	161	2.3750	2.3500	2.4500	2.3500	Trav
91	1	28	0.1500	0.2000	0.1500	-0.8000	MollaF
92	2	29	0.2250	0.2000	0.2250	-0.8000	MollaF
93	3	30	0.3000	0.2000	0.3000	-0.8000	MollaF
94	4	31	0.3909	0.2000	0.3909	-0.8000	MollaF
95	5	32	0.4818	0.2000	0.4818	-0.8000	MollaF
96	6	33	0.5727	0.2000	0.5727	-0.8000	MollaF
97	7	34	0.6636	0.2000	0.6636	-0.8000	MollaF
98	8	35	0.7545	0.2000	0.7545	-0.8000	MollaF
99	9	36	0.8455	0.2000	0.8455	-0.8000	MollaF
100	10	37	0.9364	0.2000	0.9364	-0.8000	MollaF
101	11	38	1.0273	0.2000	1.0273	-0.8000	MollaF
102	12	39	1.1182	0.2000	1.1182	-0.8000	MollaF
103	13	40	1.2091	0.2000	1.2091	-0.8000	MollaF
104	14	41	1.3000	0.2000	1.3000	-0.8000	MollaF
105	15	42	1.3909	0.2000	1.3909	-0.8000	MollaF
106	16	43	1.4818	0.2000	1.4818	-0.8000	MollaF
107	17	44	1.5727	0.2000	1.5727	-0.8000	MollaF

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2,0x1,5

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	CL	IN 00 03 003	A	143 di 144

108	18	45	1.6636	0.2000	1.6636	-0.8000	MollaF
109	19	46	1.7545	0.2000	1.7545	-0.8000	MollaF
110	20	47	1.8455	0.2000	1.8455	-0.8000	MollaF
111	21	48	1.9364	0.2000	1.9364	-0.8000	MollaF
112	22	49	2.0273	0.2000	2.0273	-0.8000	MollaF
113	23	50	2.1182	0.2000	2.1182	-0.8000	MollaF
114	24	51	2.2091	0.2000	2.2091	-0.8000	MollaF
115	25	52	2.3000	0.2000	2.3000	-0.8000	MollaF
116	26	53	2.3750	0.2000	2.3750	-0.8000	MollaF
117	27	54	2.4500	0.2000	2.4500	-0.8000	MollaF
118	1	55	0.1500	0.2000	-0.8500	0.2000	MollaPL
119	57	78	0.1500	0.2977	-0.8500	0.2977	MollaPL
120	58	79	0.1500	0.3955	-0.8500	0.3955	MollaPL
121	59	80	0.1500	0.4932	-0.8500	0.4932	MollaPL
122	60	81	0.1500	0.5909	-0.8500	0.5909	MollaPL
123	61	82	0.1500	0.6886	-0.8500	0.6886	MollaPL
124	62	83	0.1500	0.7864	-0.8500	0.7864	MollaPL
125	63	84	0.1500	0.8841	-0.8500	0.8841	MollaPL
126	64	85	0.1500	0.9818	-0.8500	0.9818	MollaPL
127	65	86	0.1500	1.0795	-0.8500	1.0795	MollaPL
128	66	87	0.1500	1.1773	-0.8500	1.1773	MollaPL
129	67	88	0.1500	1.2750	-0.8500	1.2750	MollaPL
130	68	89	0.1500	1.3727	-0.8500	1.3727	MollaPL
131	69	90	0.1500	1.4705	-0.8500	1.4705	MollaPL
132	70	91	0.1500	1.5682	-0.8500	1.5682	MollaPL
133	71	92	0.1500	1.6659	-0.8500	1.6659	MollaPL
134	72	93	0.1500	1.7636	-0.8500	1.7636	MollaPL
135	73	94	0.1500	1.8614	-0.8500	1.8614	MollaPL
136	74	95	0.1500	1.9591	-0.8500	1.9591	MollaPL
137	75	96	0.1500	2.0568	-0.8500	2.0568	MollaPL
138	76	97	0.1500	2.1545	-0.8500	2.1545	MollaPL
139	77	98	0.1500	2.2523	-0.8500	2.2523	MollaPL

140	141	162	0.1500	2.3500	-0.8500	2.3500	MollaPL
141	27	56	2.4500	0.2000	3.4500	0.2000	MollaPR
142	99	120	2.4500	0.2977	3.4500	0.2977	MollaPR
143	100	121	2.4500	0.3955	3.4500	0.3955	MollaPR
144	101	122	2.4500	0.4932	3.4500	0.4932	MollaPR
145	102	123	2.4500	0.5909	3.4500	0.5909	MollaPR
146	103	124	2.4500	0.6886	3.4500	0.6886	MollaPR
147	104	125	2.4500	0.7864	3.4500	0.7864	MollaPR
148	105	126	2.4500	0.8841	3.4500	0.8841	MollaPR
149	106	127	2.4500	0.9818	3.4500	0.9818	MollaPR
150	107	128	2.4500	1.0795	3.4500	1.0795	MollaPR
151	108	129	2.4500	1.1773	3.4500	1.1773	MollaPR
152	109	130	2.4500	1.2750	3.4500	1.2750	MollaPR
153	110	131	2.4500	1.3727	3.4500	1.3727	MollaPR
154	111	132	2.4500	1.4705	3.4500	1.4705	MollaPR
155	112	133	2.4500	1.5682	3.4500	1.5682	MollaPR
156	113	134	2.4500	1.6659	3.4500	1.6659	MollaPR
157	114	135	2.4500	1.7636	3.4500	1.7636	MollaPR
158	115	136	2.4500	1.8614	3.4500	1.8614	MollaPR
159	116	137	2.4500	1.9591	3.4500	1.9591	MollaPR
160	117	138	2.4500	2.0568	3.4500	2.0568	MollaPR
161	118	139	2.4500	2.1545	3.4500	2.1545	MollaPR
162	119	140	2.4500	2.2523	3.4500	2.2523	MollaPR
163	161	163	2.4500	2.3500	3.4500	2.3500	MollaPR