

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA**

OPERE CIVILI

Opere D'Arte Minori – Sottovia e interferenze idrauliche – Tombini

IN14 – Tombino alla pk 0+379,23 – RAMO B

Relazione di calcolo opera esistente ai sensi delle NTC 2018

SCALA:

-

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

I A 5 F 0 1 D 7 8 C L I N 1 4 0 0 0 0 2 A


Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	E.SELLARI	07/2019	N.MANCUSO <i>N. Mancuso</i>	07/2019	F.GERNONE <i>F. Gernone</i>	07/2019	D. TIBERTI 07/2019 <i>D. Tiberti</i>

File: IA5F01D78CLIN140002A

n. Elab.:


ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Tecnica  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Denis Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10878



	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale  <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
<b>Relazione di calcolo opera esistente ai          sensi delle NTC 2018</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL IN1400 002	REV. A	FOGLIO <b>3 DI 35</b>	

INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....</b>	<b>6</b>
<b>3. TOMBINO ESISTENTE .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1. VERIFICHE SECONDO LE NTC18 .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.1.  NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.2.  GEOMETRIA .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.3.  MATERIALI .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.4.  ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.5.  COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.6.  MODELLAZIONE ADOTTATA .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.7.  CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.7.1.  INVILUPPO SLV .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.8.  VERIFICHE .....</b>	<b>28</b>

	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>					
	<b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
<b>Relazione di calcolo opera esistente ai sensi delle NTC 2018</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN1400 002	REV. A	FOGLIO 4 DI 35

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione di calcolo sono condotte le verifiche, **ai sensi delle norme attualmente vigenti NTC18 agli SLV**, relativamente ad un sottopasso esistente lungo la linea ferroviaria “Ferrandina-Matera La Martella”, già realizzato con una struttura scatolare in c.a.. Lo scatolare in oggetto è situato alla progressiva 0+379,23 (progressiva storica 0+502,00).

In generale le verifiche dei manufatti esistenti sono svolte secondo i seguenti criteri:

- verifica del manufatto esistente in conformità alle norme vigenti all’epoca della progettazione/costruzione: la verifica è già stata eseguita in una precedente relazione e risulta soddisfatta, per cui si procede alla verifica dello scatolare esistente ai sensi delle norme attualmente vigenti NTC18 agli SLV (punto b));
- verifica del manufatto esistente in conformità al D.M. 17/01/2018 e alla Circolare 21/01/2019 n. 7 agli SLV, che è oggetto della presente relazione: se la verifica risulta soddisfatta non si rendono necessari interventi sull’opera; se la verifica non risulta soddisfatta si procede alla progettazione di un nuovo scatolare in c.a. ai sensi delle NTC2018 (punto c));
- dimensionamento del manufatto ex-novo con stesse dimensioni nette interne, in conformità al D.M. 17/01/2018 e alla Circolare 21/01/2019 n. 7, qualora le verifiche di cui al punto b) non risultassero soddisfatte.

Si riportano di seguito una sezione longitudinale e una trasversale dello scatolare tipo, volte ad individuare le grandezze impiegate nelle verifiche e nel successivo dimensionamento.

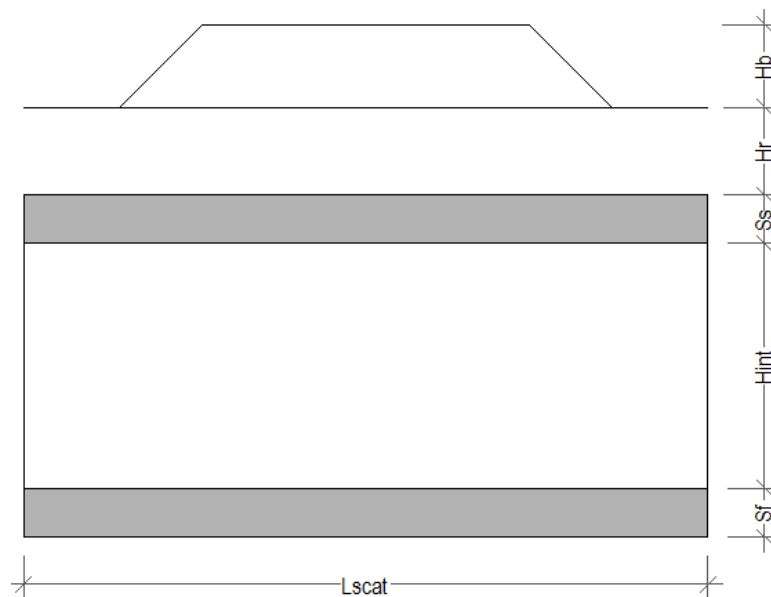


Figura 1. Sezione longitudinale dello scatolare

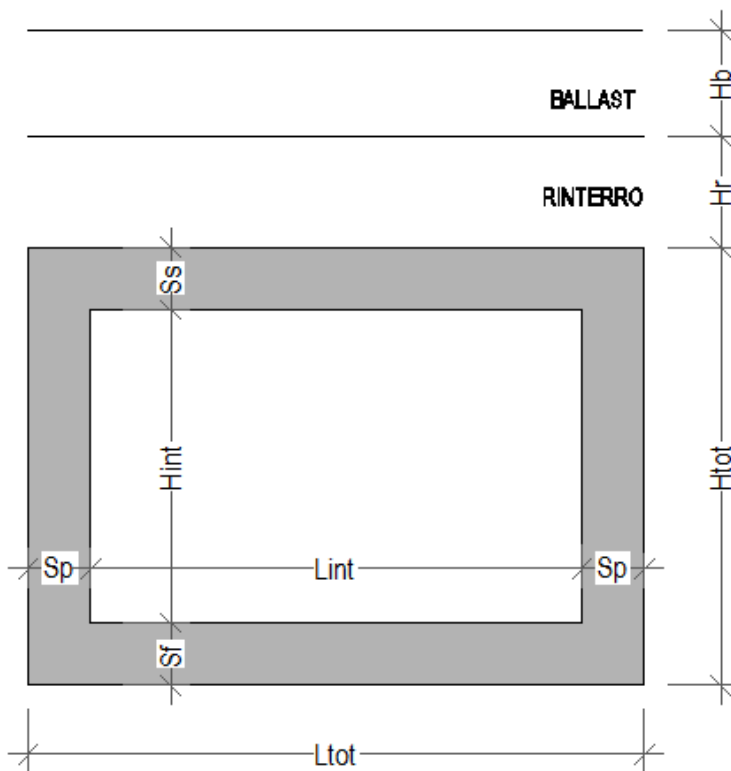


Figura 2. Sezione trasversale dello scatolare

## 2. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

Il tombino esistente sottopassa la linea ferroviaria ad una distanza fra piano ferro ed estradosso soletta pari a 1.30 m, di cui spessore medio ballast più armamento pari a 0.80 m e la rimanente parte il rinterro. Esso ha dimensioni interne  $5.00 \times 2.25$  (h max) m, con piedritti, soletta superiore e soletta inferiore di spessore 60 cm. Nel seguito verrà esaminata una striscia di scatolare avente lunghezza di 1.00 m. Nella figura [Fig. 2] di cui al paragrafo precedente sono riportate schematicamente la geometria dell'opera e la simbologia adottata.

Le caratteristiche geometriche hanno la seguente simbologia:

Spessore medio del ballast + armamento	$H_b$	[m]
Spessore traversina + rotaie (35 cm)	$H_{tb}$	[m]
Larghezza traversina	$L_{tb}$	[m]
Spessore del rinterro	$H_r$	[m]
Larghezza totale del sottopasso	$L_{tot}$	[m]
Larghezza utile del sottopasso	$L_{int}$	[m]
Spessore della soletta	$S_s$	[m]
Spessore piedritti	$S_p$	[m]
Spessore fondazione	$S_f$	[m]
Altezza libera del sottopasso	$H_{int}$	[m]
Altezza totale del sottopasso	$H_{tot}$	[m]
Larghezza striscia di calcolo	$b$	[m]

### 3. TOMBINO ESISTENTE

#### 3.1. VERIFICHE SECONDO LE NTC18

Nel presente paragrafo si riportano i calcoli sismici relativi allo scatolare esistente, di cui in premessa, eseguiti secondo la norma attualmente vigente NTC18.

##### 3.1.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutte le calcolazioni sono state eseguite nel rispetto delle normativa NTC18 attualmente vigente.. In particolare si è fatto riferimento:

- D.M. 17.01.2018 Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 Istruzione per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sottobinario
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules of building

##### 3.1.2. GEOMETRIA

Larghezza utile	Lint	5,00 m	<i>luce interna scatolare</i>
Altezza libera	Hint	2,25 m	<i>altezza interna scatolare</i>
Spessore piedritti	Sp	0,60 m	
Spessore soletta	Ss	0,60 m	
Spessore fondazione	Sf	0,60 m	
Altezza ballast	Hb	0,80 m	
Rinterro (superiore)	Hr	0,50 m	
Altezza pacchetto stradale	Hs	0,00 m	
Lunghezza traversa	Ltb	2,30 m	
Altezza traversa	Htb	0,35 m	
Ricoprimento	Hric	1,30 m	<i>Hb+Hr</i>
Larghezza totale	Ltot	6,20 m	<i>Lint+2xSPp</i>
Altezza totale	Htot	3,45 m	<i>Hint+SPs+SPf</i>

### 3.1.3. MATERIALI

Per le opere in c.a. si adotta:

- un calcestruzzo C (20/25) le cui caratteristiche principali sono:

Resistenza cilindrica caratteristica:  $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico:  $E_c = 32300 \text{ Nmm}^2$

- acciaio da cemento armato normale FeB 38K (controllato) ad aderenza migliorata:

tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 375 \text{ Nmm}^2$

Modulo di elasticità:  $E_s = 206000 \text{ Nmm}^2$

**Sulla base delle conoscenze dell'opera esistente ai fini delle verifiche si è adottato un "livello di conoscenza" LC1, con corrispondente fattore di confidenza pari a  $FC=1,35$ , con il quale vengono ridotte le resistenze dei materiali esistenti.**

### 3.1.4. ANALISI DEI CARICHI

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

#### **Peso proprio della struttura (condizione DEAD)**

Il *peso proprio* delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il calcestruzzo  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ .

Il peso proprio della struttura viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

Peso specifico calcestruzzo armato	$\gamma_{ds}$	25	$\text{kN/m}^3$	
peso singolo piedritto	$P_p$	15,00	$\text{kN/m}$	$\gamma_{cls} \times S_p$
peso soletta superiore	$P_{ss}$	15,00	$\text{kN/m}$	$\gamma_{cls} \times S_s$
peso soletta inferiore	$P_{si}$	15,00	$\text{kN/m}$	$\gamma_{cls} \times S_f$



### Carichi permanenti portati (condizione PERM)

peso specifico ballast	$\gamma_b$	18 kN/m <sup>3</sup>	
altezza ballast	H <sub>b</sub>	0,80 m	
peso ballast	P <sub>b</sub>	14,40 kN/m	$\gamma_b \times H_b$
peso specifico rinterro	$\gamma_r$	19 kN/m <sup>3</sup>	
altezza rinterro	H <sub>r</sub>	0,50 m	
peso rinterro	P <sub>r</sub>	9,50 kN/m	$\gamma_r \times H_r$
Permanente totale	G <sub>2p</sub>	23,90 kN/m	$P_b + P_r$
Permanente nodi 1 e 2	G <sub>2P</sub>	7,17 kN	$G_{2p} \times S_p / 2$

I carichi concentrati nei nodi 1 e 2 (i nodi tra la soletta superiore e i piedritti), rappresentano il carico permanente sulla soletta di copertura dovuto al peso della zona sovrastante la metà dello spessore del piedritto (la modellazione dello scatolare è stata fatta in asse piedritto).

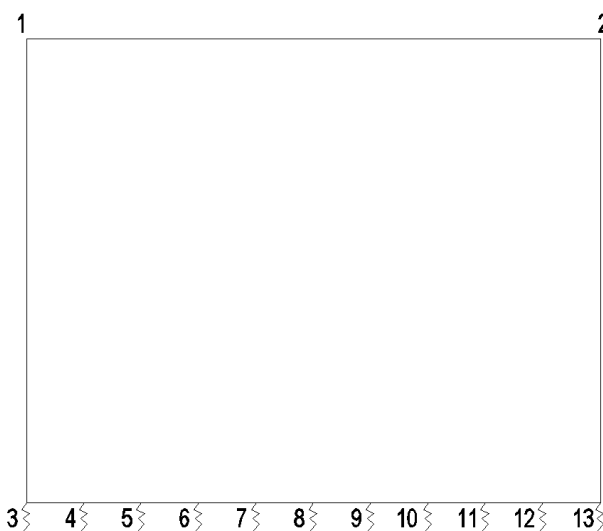


Figura 3. Numerazione dei nodi nel modello strutturale.

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

Le caratteristiche del rinterro, di seguito riportate, sono state determinate con indagini in sito SPT:

$\phi = 38^\circ$       angolo di attrito

$\gamma_r = 19 \text{ kN/m}^3$       peso specifico rinterro

$C_u = 0$       coesione non drenata

angolo di attrito rinterro	$\varnothing'$	38 [°]	0,663 [rad]
coefficiente spinta attiva $k_a$	$k_a$	0,238	$(1 - \text{sen}\varnothing) / (1 + \text{sen}\varnothing)$
coefficiente spinta riposo $k_o$	$k_o$	0,384	$(1 - \text{sen}\varnothing)$
coefficiente spinta passiva $k_p$	$k_p$	4,204	$(1 + \text{sen}\varnothing) / (1 - \text{sen}\varnothing)$
Pressione estradosso soletta superiore	P1	9,19 kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times (P_b + P_r)$
Pressione asse soletta superiore	P2	11,38 kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times (P_b + P_r + \gamma_r \times S_s / 2)$
Pressione asse soletta inferiore	P3	32,19 kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times [P_b + P_r + \gamma_r \times (S_s + H_{int} + S_f / 2)]$
Pressione intradosso soletta inferiore	P4	34,38 kN/m <sup>2</sup>	$k_o \times (P_b + P_r + \gamma_r \times H_{tot})$
Forza concentrata asse soletta superiore	F1	3,08 kN/m	$(P1 + P2) / 2 \times S_s / 2$
Forza concentrata asse soletta inferiore	F2	9,99 kN/m	$(P3 + P4) / 2 \times S_f / 2$

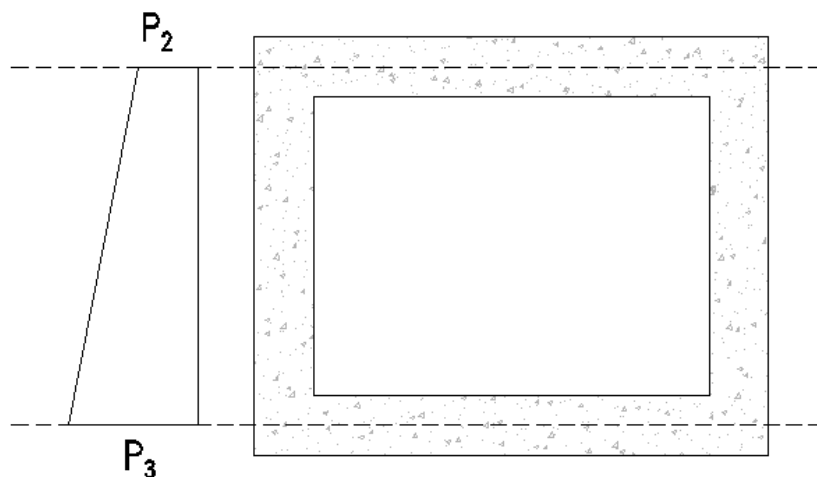


Figura 4. Spinte del terreno

I carichi concentrati nei nodi 1 e 3 (per la SPTSX) oppure 2 e 13 (per la SPTDX) rappresentano la parte di spinta del terreno esercitata su 1/2 spessore della soletta sup. e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

### Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACCM)

In funzione delle caratteristiche geometriche dell'opera risulta più sfavorevole il carico dovuto al treno LM 71 rispetto al carico dovuto al treno SW/2.

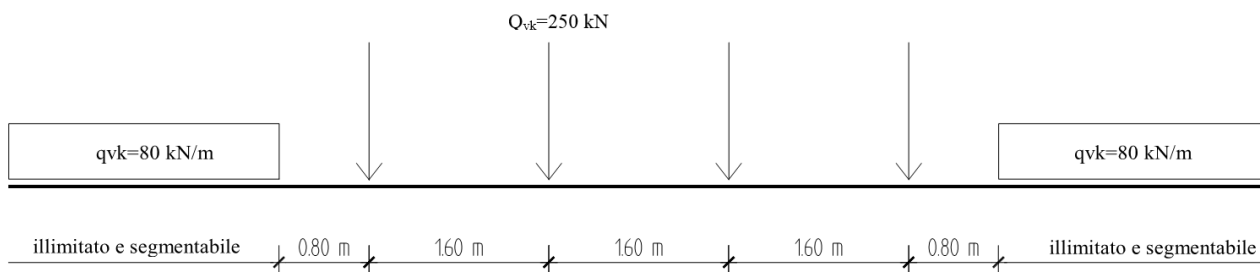


Figura 5. Treno LM71

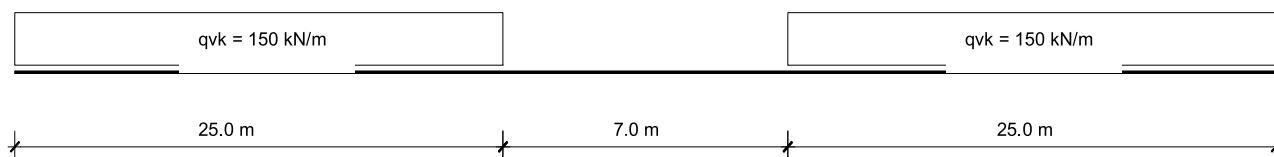


Figura 6. Treno SW/2

Per il calcolo del coefficiente dinamico  $\Phi$  si fa riferimento al paragrafo 1.4.2 “effetti dinamici” delle istruzioni per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari.

poiché risulta:  $H_{int} < 5 \text{ m}$

$L_{int} < 8 \text{ m}$

Si ottiene considerando un ridotto standar manutentivo  $\Phi_3 = 1.35$ . In accordo al §5.2.2.2.3 NTC18 tale coefficiente dinamico nei casi di scatolari, con o senza solettone, aventi copertura  $h > 1,0$  può essere ridotto nella seguente maniera:

$$\Phi_{rid} = \Phi - \frac{h - 1,00}{10} \geq 1,0$$

dove  $h$ , in metri, è l’altezza della copertura dall’estradosso della struttura alla faccia superiore delle traverse  $[H_{ric}]$ . Per le strutture dotate di una copertura maggiore di  $2,50 \text{ m}$  può assumersi un coefficiente di incremento dinamico unitario.

Si riporta di seguito una schematizzazione della diffusione dei carichi ferroviari (LM71 e SW2) rispettivamente attraverso ballast, rinterro e soletta.

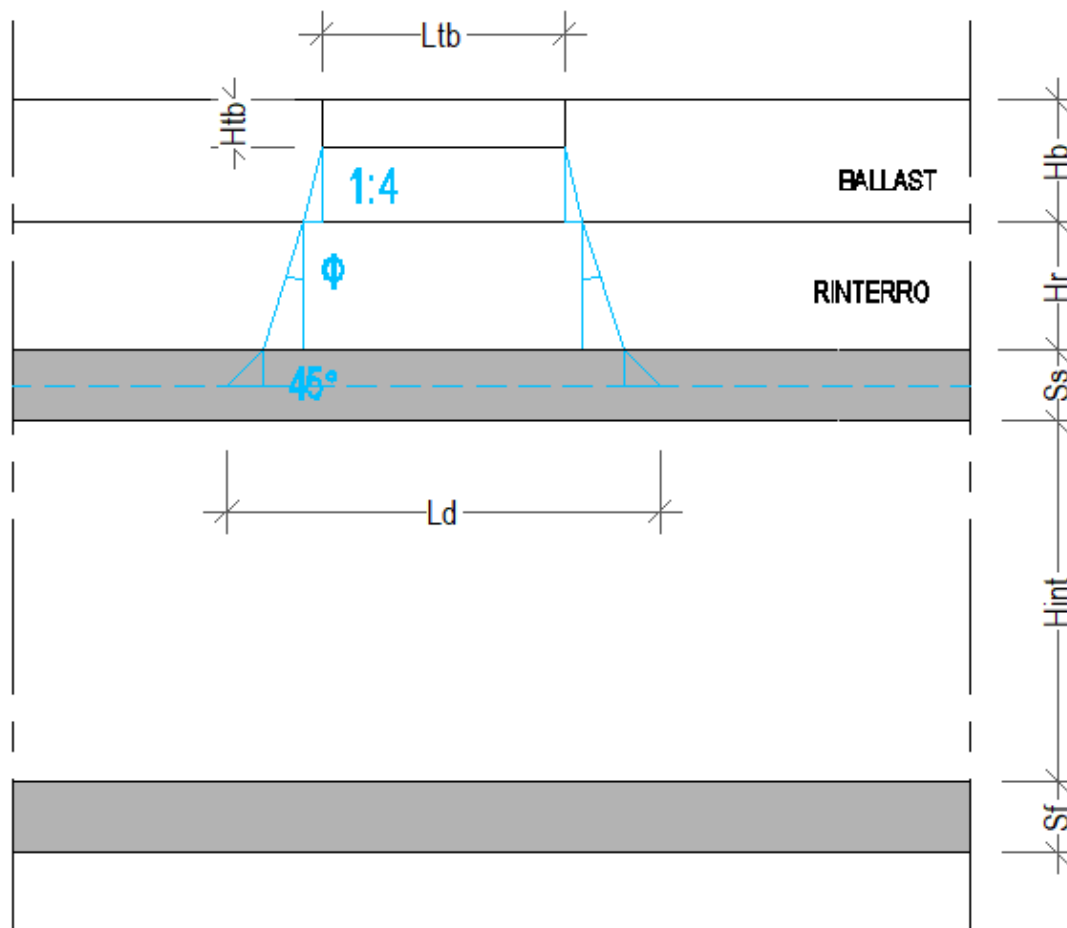


Figura 7. Schema modalità di diffusione dei carichi ferroviari

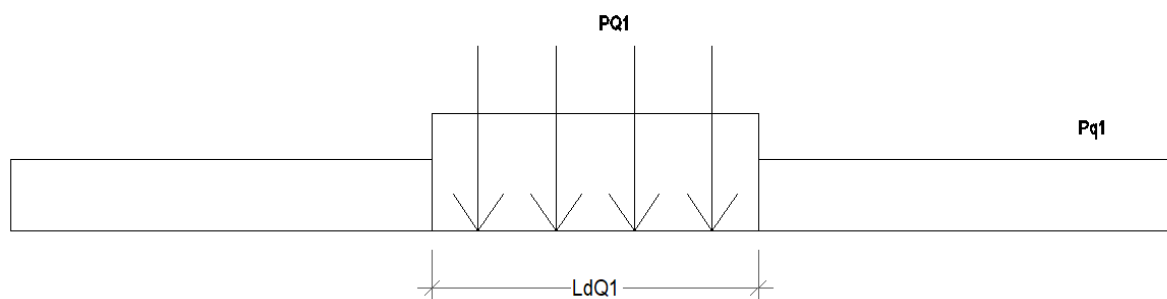


Figura 8. Carichi Treno LM71 su  $L_d$

Sia per il calcolo delle sollecitazioni massime in mezzzeria della soletta superiore che per quelle massime all'incastro con i piedritti di detta soletta, il carico dovuto al treno LM71 viene distribuito per tutta la larghezza  $L_{dQ1}$  del treno di carico.

Incremento dinamico	$\Phi 3^*$	1,35	<i>* valido per <math>H_{int} &lt; 5m</math>, <math>L_{int} &lt; 8m</math></i>
Incremento dinamico con ricoprimento	$\Phi 3$	1,32	<i><math>\Phi 3 = 1</math> per <math>H_{ric} &gt; 2,5m</math></i>
Coefficiente di adattamento	$\alpha$	1,10	
Larghezza di diffusione nel ballast	Ldb	0,23 m	<i>Diffusione 1:4 nel ballast</i>
Larghezza di diffusione nel rinterro	Ldr	0,78 m	<i>Diffusione secondo angolo attrito</i>
Larghezza di diffusione nel cls	Ldc	0,60 m	<i>Diffusione 45° nel cls</i>
Larghezza trasv. di diffusione del carico	Ld	3,91 m	<i><math>L_{tb} + L_{db} + L_{dr} + L_{dc}</math></i>
Carico distribuito per treno LM71	q1	80,00 kN/m	
Carico concentrato per treno LM71	Q1	250,00 kN	
N°. carichi concentrati per treno LM71	NQ1	4	
Larghezza applicazione carichi conc. Q1	LaQ1	6,40 m	
Larghezza distribuzione carichi conc. Q1	LdQ1	6,40 m	
Carico ripartito verticale per LM71 (q1)	Pq1	29,74 kN/m <sup>2</sup>	<i><math>q1 \times \Phi 3 \times \alpha / Ld</math></i>
Carico ripartito verticale per LM71 (Q1)	PQ1	58,08 kN/m <sup>2</sup>	<i><math>Q1 \times NQ1 \times \Phi 3 \times \alpha / (Ld \times LdQ1)</math></i>

### Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico (condizioni SPACCSX e SPACCDX)

Carico distribuito per treno LM71	Sq1	8,66 kN/m <sup>2</sup>	<i><math>(q1 \times \alpha / Ld) \times K0</math></i>
Carico concentrato per treno LM71	SQ1	16,91 kN/m <sup>2</sup>	<i><math>Q1 \times NQ1 \times \alpha / (Ld \times LdQ1) \times K0</math></i>
Spinta semispessore soletta superiore	Fq1sup	5,07 kN/m	<i><math>SPQ1 \times SPs / 2</math></i>
spinta semispessore soletta inferiore	Fq1inf	5,07 kN/m	<i><math>SPQ1 \times SPi / 2</math></i>

### Frenatura e avviamento (condizione AVV)

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

Avviamento e frenatura LM71	Av	33,00 kN/m	
Avviamento e frenatura LM71 distribuiti	qAv	8,45 kN/m	<i><math>Av / Ld</math></i>

### Azioni termiche (condizione:TERM)

Alla soletta superiore si applica una variazione termica uniforme pari a  $\Delta t = \pm 15^\circ C$  ed una variazione nello spessore tra estradosso ed intradosso pari a  $\Delta t = \pm 5^\circ C$ .

Variazione termica uniforme	$\Delta T_{unif}$	+15,00 [°]	<i>Sulla soletta superiore</i>
Variazione termica differenziale	$\Delta T_{diff}$	+5,00 [°]	<i>Sulla soletta superiore</i>
Gradiente		+8,33 [°/m]	<i><math>\Delta T_{diff} / Ss</math></i>

### Ritiro (condizione: RITIRO)

Gli effetti del ritiro vanno valutati a “lungo termine” attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale  $\epsilon_{cs}(t, t_0)$  e di viscosità  $\phi(t, t_0)$ , come definiti nell’EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005 e D. M. 17-01-2018.

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:  $\Delta T_{\text{ritiro}} = -10.89^\circ\text{C}$ .

Variazione termica uniforme equivalente  $\Delta T_{\text{ritiro}} = -[10,89^\circ]$  *Sulla soletta superiore*

### Azioni sismiche

Per il calcolo dell’azione sismica si utilizza il metodo dell’analisi pseudostatica 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:

$$\text{Forza sismica orizzontale } F_h = k_h * W$$

$$\text{Forza sismica verticale } F_v = k_v * W$$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$

$$k_h = a_{\text{max}} / g$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

Con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, ai fini del calcolo dell’azione sismica secondo il DM 17/01/2018 viene assegnata all’opera una vita nominale  $V_N \geq 50$  anni ed una II classe d’uso  $C_U = 1$ ;

segue un periodo di riferimento  $V_R = V_N * C_U = 50$  anni

A seguito di tale assunzione si ottiene allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame un valore dell’accelerazione pari a  $a_g = 0.148 g$ , come desunto anche dalla relazione geotecnica.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l’accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{\text{max}} = S * a = S_s * S_t * a_g$$

dove assumendo un terreno di tipo C ed in base al fattore di amplificazione del sito  $F_0$  si ottiene:

$$S_s = 1.48 \quad \text{Coefficiente di amplificazione stratigrafica}$$

$$S_t = 1 \quad \text{Coefficiente di amplificazione topografica ne deriva che:}$$

$$a_{\text{max}} = 0.219g$$

Le forze di inerzia sullo **scatolare** (masse di peso proprio soletta superiore e piedritti, rinterro e ballast, 20% treno di carico,...) sono pari alle masse moltiplicate per **kh** e **kv** ove:  $kh = \beta M \times S \times ag/g$  e  $kv = kh / 2$ . Essendo lo scatolare non libero di subire spostamenti relativi rispetto al terreno,  $\beta M = 1$ .

vita nominale	$V_N$	50 anni
classe d'uso	CL	II
coefficiente d'uso	$C_U$	1,00
vita di riferimento = $C_U * V_N$	$V_R$	50 anni
probabilità di superamento nel periodo di riferimento	$P_{VR}$	10%
periodo di ritorno del sisma	$T_R$	475 anni

#### spettro di risposta in accelerazione della componente orizzontale

accelerazione massima orizzontale al bedrock	ago	0,148 g
fattore amplificazione massima spettro accelerazione	Fo	2,501 sec
periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc. orizz.	$T^*c$	0,345
categoria sottosuolo		C
categoria topografica		T1
amplificazione topografica	$S_T$	1,000
smorzamento viscoso convenzionale	$\xi$	5%
fattore di correzione per $\xi <> 5\%$	$\eta$	1,000

Tab.3.2.V	$S_s$	$C_c$	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00	1,48	1,49
B	1,20	1,36		
C	1,48	1,49		
D	1,80	2,13		
E	1,59	1,76		

coefficiente amplificazione stratigrafica	$S_s$	1,478
coefficiente di amplificazione	S	1,478
coefficiente categoria sottosuolo	$C_c$	1,492
periodo inizio tratto a accelerazione costante = $T_c / 3$	$T_B$	0,172 sec
periodo inizio tratto a velocità costante = $C_c * T^*c$	$T_C$	0,515 sec
periodo inizio tratto a spostamento costante = $4 * ag/g + 1,6$	$T_D$	2,192 sec
accelerazione massima orizzontale al suolo = $S_s \times S_t \times ag/g$	ago,max	0,219 g

#### accelerazioni per il calcolo delle forze di inerzia agenti sullo scatolare

$ao = kh = ago,max = S \times ag/g$	valore PGA x scatolare	$ao = kh$	0,2187 g
$av = kv = kh / 2$	valore PGA x scatolare	$av = kv$	0,1094 g

### Forze di inerzia (condizione SismaH)

Forza di inerzia treno di carico - (%)	%	20%	
Forza orizzontale sulla soletta di copertura	$F'h$	11,05 kN/m	$(P_{ss}+P_b+P_r+\%PQ1) \times k_b$
Forza orizzontale su singolo piedritto	$F''h$	3,28 kN/m	$P_p \times k_b$

### Forze di inerzia (condizione SismaV)

Forza di inerzia treno di carico - (%)	%	20%	
Forza verticale sulla soletta di copertura	$F'v$	5,52 kN/m	$(P_{ss}+P_b+P_r+\%PQ1) \times k_v$



Figura 9. Forze sismiche agenti sulla struttura

### Spinta sismica terreno - Teoria di WOOD (condizioni SPSPDX e SPSSX)

Forza distribuita su uno solo dei piedritti	$qW$	22,11 kN/m	$(\%PQ1+G2p+\gamma r \times H_{tot}) \times (a_{go,max})$
Forza concentrata nodo superiore piedritto	$QW_{sup}$	6,63 kN	$qW \times S_s / 2$
Forza concentrata nodo inferiore piedritto	$QW_{inf}$	6,63 kN	$qW \times S_f / 2$



### 3.1.5. COMBINAZIONI DI CARICO

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

Tab. 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

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
2	Primo	1,0 (LM 71"++SW/0)	-	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71"++SW/0)	-	1,0 (LM 71"++SW/0)
≥3	Primo	1,0 (LM 71"++SW/0)	0,75 (LM 71"++SW/0)	1,0 SW/2
	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

Tab. 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e 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

(1) Includendo tutti i valori (F; a; etc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1.0), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1,2 e 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

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.

In fase di combinazione, ai fini delle verifiche degli SLV, si sono considerati i soli Gruppo 1 e 3.

Nella tabella 5.2.III vengono riportati i carichi da utilizzare in caso di impalcati con due, tre o più binari caricati.

I Gruppi definiscono le azioni che nelle diverse combinazioni sono generalmente definite come  $Q_{ki}$ .

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 fa riferimento alla combinazione A1 STR.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ced}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

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

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

<sup>(5)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(6)</sup> 1,20 per effetti locali

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>(1)</sup>	-
carico	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</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.

Le azioni descritte nel paragrafo precedente ed utilizzate nelle combinazioni di carico vengono di seguito riassunte:

Peso proprio	DEAD
Carichi permanenti	PERM
Spinta del terreno sulla parete sinistra	SPTSX
Spinta del terreno sulla parete destra	SPTDX
Carico Accidentale LM71	ACCM
Spinta del carico acc. (LM71)Sulla parete	SPACCSX
Spinta del carico acc. (LM71)Sulla parete	SPACCDX
Avviamento e frenatura	AVV
Variazione termica sulla soletta superiore	ENV_TERM
Ritiro	RITIRO
Azione sismica orizzontale	Sisma H
Azione sismica Verticale	Sisma V
Incremento sismico della spinta sul terreno	SPSDX/SX

La 4 condizioni di carico:

$$\Delta T_{\text{uniforme}} = \pm 15^\circ$$

$$\Delta T_{\text{differenziale}} = \pm 5^\circ$$

e le loro 4 combinazioni sono state preventivamente involuppate nella condizione ENV\_TERM, la quale viene impiegata nelle successive combinazioni di carico per massimizzare gli effetti termici.

**Si procede alla determinazione delle sole combinazioni di carico SLV:**

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

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

Combinazioni di Carico Sismiche								
	SH1	SH2	SH3	SH4	SV1	SV2	SV3	SV4
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1	1	1	1
ACCM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SPACCSX	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCDX	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
AVV	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ENV_TERM	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
RITIRO	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma H	1	1	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
Sisma V	0.3	-0.3	0.3	-0.3	-1	1	-1	1
SPSDX	0	0	1	1	0	0	0.3	0.3
SPSSX	1	1	0	0	0.3	0.3	0	0

Le combinazioni sismiche vanno eseguite in entrambe le direzioni pertanto le combinazioni SH sono ripetute per Sisma H = -1 e le combinazioni SV per Sisma V=-0.3.

### 3.1.6. MODELLAZIONE ADOTTATA

Il modello di calcolo attraverso il quale viene schematizzata la struttura è quello di telaio chiuso su letto di molle alla Winkler. Il programma di calcolo utilizzato è un programma ad elementi finiti, il Sap 2000.

Le caratteristiche delle aste modellate con elementi frame sono le seguenti:

Asta 1 = Sezione 100 x 60 cmq (soletta superiore)

Aste 2,3 = Sezione 100 x 60 cmq (piedritti)

Aste 4,5 = Sezione 100 x 60 cmq (soletta inferiore)

L'opera è stata considerata vincolata alla base mediante dei vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno di sottofondo.

La soletta inferiore viene divisa in 10 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno-struttura. Per la rigidità delle molle, nel caso in esame, si assume il valore del Modulo di reazione verticale desunto dalla relazione geotecnica:

$$K_s = 10000 \text{ kN/m}^3$$

#### Rigidità molle nodali SAP

ks		10000 kN/m <sup>3</sup>
nodi centrali (6,7,8,9,10)		
L <sub>infl</sub>		0,560 m
K <sub>centrale</sub>	ks x L <sub>infl</sub> x 1	5600 kN/m
nodi intermedi (4,5,11,12)		
L <sub>infl</sub>		0,560 m
K <sub>intermedio</sub>	1,5 x ks x L <sub>infl</sub> x 1	8400 kN/m
nodi estremità (3,13)		
L <sub>infl</sub>		0,580 m
K <sub>estremità</sub>	2,0 x ks x L <sub>infl</sub> x 1	11600 kN/m

#### Nodi

N.nodi	13
N.nodi sup	2
N.nodi inf	11
N.spazi inf	10
Linterasse	5,60 m
Hinterasse	2,85 m

Nodo	X	Z
1	0,000	2,850
2	5,600	2,850
3	0,000	0,000
4	0,560	0,000
5	1,120	0,000
6	1,680	0,000
7	2,240	0,000
8	2,800	0,000
9	3,360	0,000
10	3,920	0,000
11	4,480	0,000
12	5,040	0,000
13	5,600	0,000

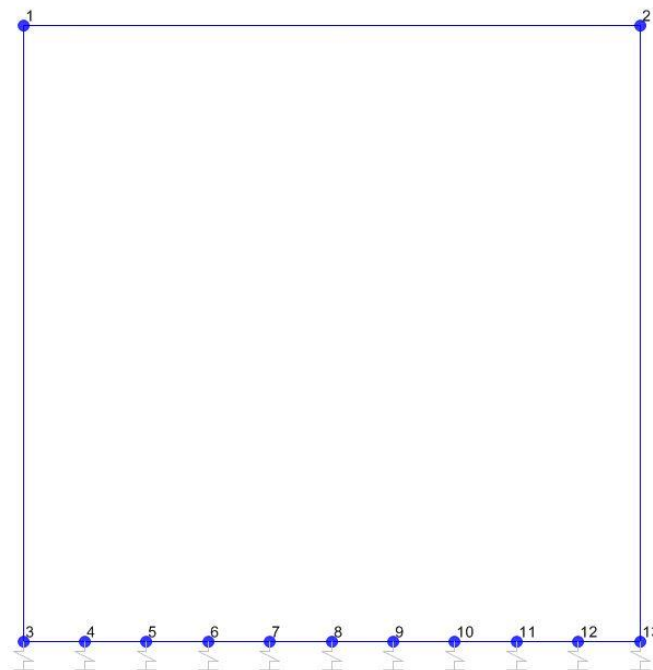


Figura 10. Numerazione nodi modello SAP

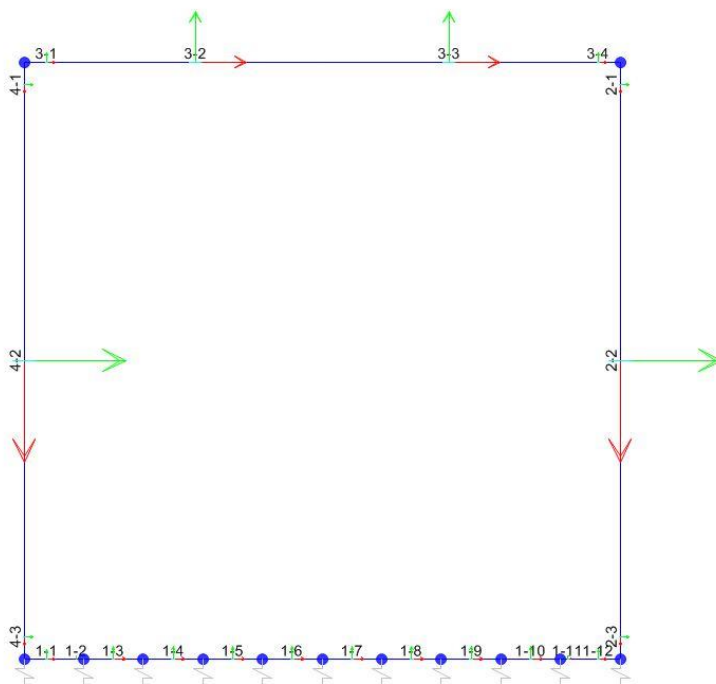


Figura 11: Individuazione elementi modello SAP

### 3.1.7. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI

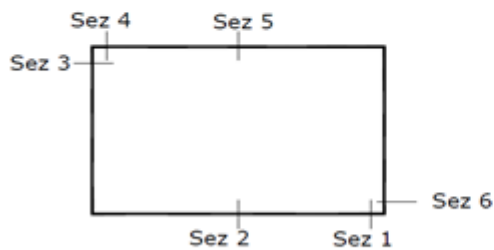
#### 3.1.7.1. Inviluppo SLV

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3
1	0,3	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	142,4	153,9
1	0,56	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	146,3	117,6
1	0,56	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	112,1	117,6
1	0,84	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	116,3	86,4
1	1,12	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	120,5	54,5
1	1,12	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	86,8	54,5
1	1,4	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	91,0	30,4
1	1,68	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	95,2	5,2
1	1,68	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	70,1	5,2
1	1,96	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	74,3	-14,5
1	2,24	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	78,5	-35,4
1	2,24	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	50,8	-35,4
1	2,52	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	55,0	-50,1
1	2,8	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	59,2	-62,0
1	2,8	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	29,7	-62,0
1	3,08	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	33,9	-59,9
1	3,36	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	38,1	-59,0
1	3,36	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	6,5	-59,0
1	3,64	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	10,7	-51,4
1	3,92	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	14,9	-44,9
1	3,92	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	-20,0	-44,9
1	4,2	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	-15,8	-31,5
1	4,48	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	-11,6	-19,3
1	4,48	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	-69,7	-19,3
1	4,76	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	-65,5	4,2
1	5,04	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	-61,3	28,4
1	5,04	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	-120,8	28,4
1	5,3	ENVELOPE SLV	Combination	Max	0,0	-116,9	65,8
1	0,3	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	117,7	42,0
1	0,56	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	121,6	10,9
1	0,56	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	79,8	10,9
1	0,84	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	84,0	-14,5
1	1,12	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	88,2	-43,1
1	1,12	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	47,0	-43,1
1	1,4	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	51,2	-59,5
1	1,68	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	55,4	-77,1
1	1,68	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	28,3	-77,1
1	1,96	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	32,5	-87,3
1	2,24	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	36,7	-98,6

1	2,24	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	9,6	-98,6
1	2,52	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	13,8	-102,4
1	2,8	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	18,0	-107,4
1	2,8	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-11,4	-107,4
1	3,08	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-7,2	-108,4
1	3,36	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-3,0	-118,3
1	3,36	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-35,2	-118,3
1	3,64	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-31,0	-120,3
1	3,92	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-26,8	-123,4
1	3,92	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-59,6	-123,4
1	4,2	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-55,4	-117,5
1	4,48	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-51,2	-112,9
1	4,48	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-101,8	-112,9
1	4,76	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-97,6	-92,6
1	5,04	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-93,4	-74,1
1	5,04	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-145,6	-74,1
1	5,3	ENVELOPE SLV	Combination	Min	0,0	-141,7	-42,0
2	0,3	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-141,9	-24,9	-63,2
2	1,425	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-158,8	5,2	-48,7
2	2,55	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-175,6	47,0	-6,9
2	0,3	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-185,8	-98,4	-184,4
2	1,425	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-202,6	-78,4	-88,6
2	2,55	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-219,5	-49,2	-93,2
3	0,3	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-5,7	-94,1	40,0
3	0,8	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-12,0	-69,7	80,9
3	1,3	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-15,9	-45,2	112,5
3	1,8	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-18,4	-20,8	131,1
3	2,3	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-20,9	3,6	136,7
3	2,8	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-23,4	28,0	138,6
3	3,3	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-25,9	54,1	129,5
3	3,8	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-28,4	80,2	106,3
3	4,3	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-30,9	106,3	69,2
3	4,8	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-33,4	132,4	18,1
3	5,3	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-35,9	158,5	-34,6
3	0,3	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-45,8	-135,8	-86,5
3	0,8	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-48,3	-107,8	-25,6
3	1,3	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-51,5	-79,8	11,7
3	1,8	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-57,9	-51,8	37,7
3	2,3	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-64,3	-23,8	52,4
3	2,8	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-70,6	4,3	55,9

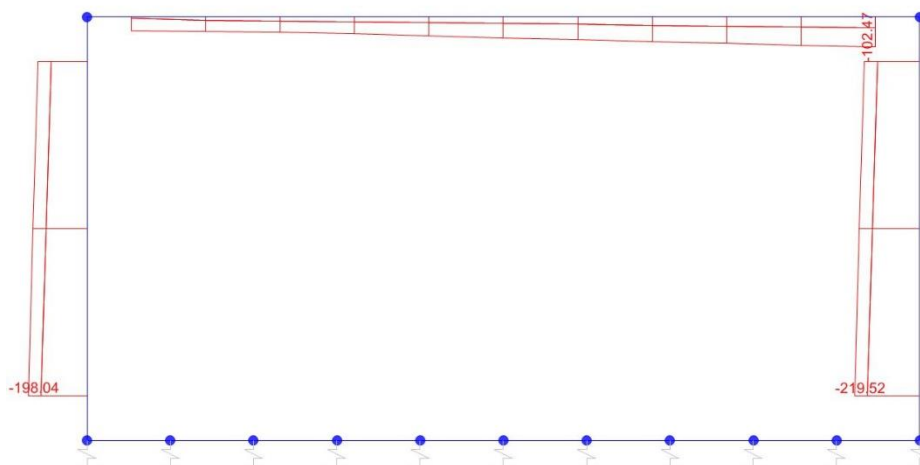


3	3,3	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-77,0	26,8	41,8
3	3,8	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-83,4	49,3	9,4
3	4,3	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-89,7	71,7	-35,1
3	4,8	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-96,1	94,2	-91,9
3	5,3	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-102,5	116,7	-164,6
4	0,3	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-120,4	37,1	118,0
4	1,425	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-137,3	16,2	87,7
4	2,55	ENVELOPE SLV	Combination	Max	-154,2	-14,1	154,7
4	0,3	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-164,3	-19,2	-5,5
4	1,425	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-181,2	-67,7	42,0
4	2,55	ENVELOPE SLV	Combination	Min	-198,0	-125,4	70,3

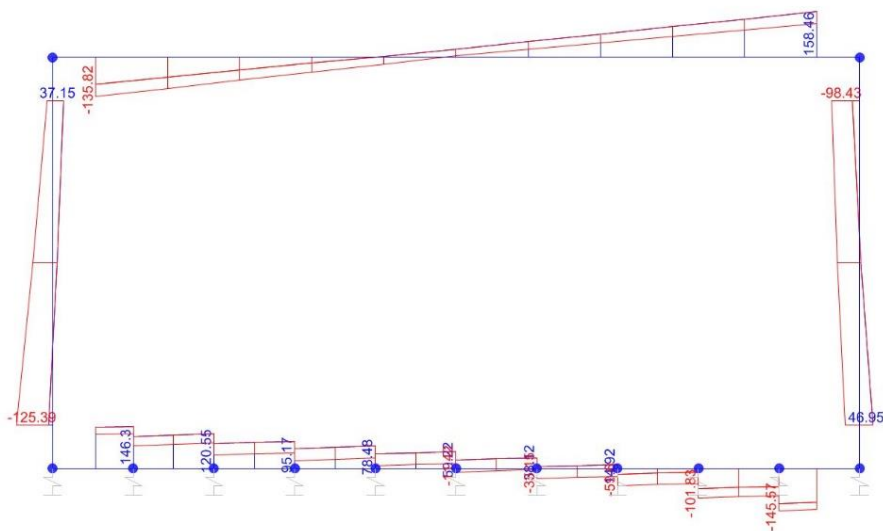


SEZIONE	P	V2	M3
01	0,0	146,3	153,9
02	0,0	0,0	123,4
03	-141,9	98,4	184,4
04	0,0	158,5	164,6
05	0,0	0,0	138,6
06	-120,4	125,4	154,7

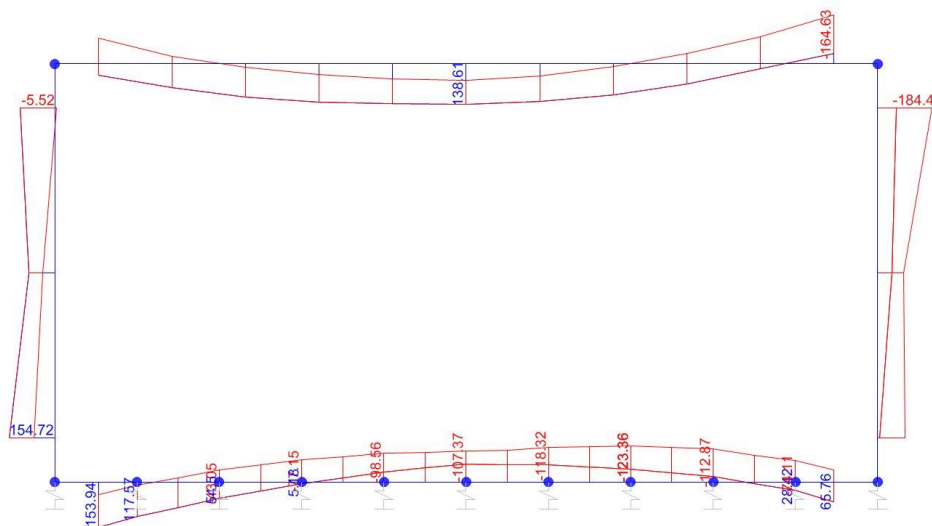
Diagrammi di involucro delle sollecitazioni: ENVELOPE SLV



Sforzo normale



Taglio



*Momento Flettente*

I valori V e M dei diagrammi corrispondono a quelli riportati nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

### 3.1.8. VERIFICHE

Nel seguito si riportano gli esiti delle verifiche ai sensi del D. M. 17 gennaio 2018.

Le verifiche sono state utilizzate le seguenti resistenze:

- Acciaio

$$f_y = 375 \text{ N/mm}^2$$

- Calcestruzzo

$$f_c = 18.52 \text{ N/mm}^2$$

Per quanto riguarda i coefficienti di sicurezza si è fatto riferimento, coerentemente a quanto previsto al capitolo 8 e C8 del D.M 17 gennaio 2018 e relative istruzioni per l'applicazione (Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del C.S.LL.PP.)

Per le verifiche nei confronti di meccanismi duttili (pressoflessione):

- Acciaio

$$\gamma_s = 1.00$$

- Calcestruzzo

$$\gamma_c = 1.00$$

Per le verifiche nei confronti di meccanismi fragili (taglio):

- Acciaio

$$\gamma_s = 1.15$$

- Calcestruzzo

$$\gamma_c = 1.50$$

Per maggiori dettagli si rimanda sulla caratterizzazione delle resistenze dei materiali in sito si rimanda agli elaborati IA5F01D78ROOC0000001 e IA5F01D78RGOC0000001.

Funzioni SLU( N-M-V) + SLE per Sezione Rettangolare					
<b>Oggetto:</b>					
TOMBINO IN14 - Esistente NTC18					
Sezione n°. 01					
<b>Dati di Input:</b>					
B	Base sezione rettangolare	1000	mm	<b>Geometria della Sezione:</b>	
H	Altezza sezione rettangolare	600	mm	H	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	50	mm	As' c'	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	50	mm	B	
d	Altezza utile = H-c	550	mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	18.52	MPa		
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	375.0	MPa		
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0	kN	As c	
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	153.9	kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	146.3	kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0	kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	16			
Fi2	2° diametro armatura tesa	20			
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	4			
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	4			
As'	Armatura superiore compressa	2512	mmq		
As	Armatura inferiore tesa	2061	mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	0	mm		
s. Staffe	Passo staffe	200	mm		
bracci	Numero Bracci staffe	0			
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	1.0	[range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°			
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0	mmq/m	0.00	cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R			
Msle	Momento di esercizio [(+)]	0.0	kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0	kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60	fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45	fck		
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80	fyk		
<b>Dati di Output:</b>					
<b>SLU - Momento e Taglio resistenti</b>					
Mrd	Momento ultimo resistente	405	kNm	Coeff.Sfrutt.	38%
Vrd	Taglio ultimo resistente	202	kN	Coeff.Sfrutt.	72%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0	kNm	Coeff.Sfrutt.	

Funzioni SLU( N-M-V) + SLE per Sezione Rettangolare					
<b>Oggetto:</b>					
TOMBINO IN14 - Esistente NTC18					
Sezione n°. 02					
<b>Dati di Input:</b>					
B	Base sezione rettangolare	1000	mm	<b>Geometria della Sezione:</b>	
H	Altezza sezione rettangolare	600	mm	H	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	50	mm	As' c'	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	50	mm	B	
d	Altezza utile = H-c	550	mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	18.52	MPa	As c	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	375.0	MPa		
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0	kN		
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	123.4	kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0.0	kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0	kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	20			
Fi2	2° diametro armatura tesa				
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	8			
n2	N°. Barre 2° armatura tesa				
As'	Armatura superiore compressa	804	mmq		
As	Armatura inferiore tesa	2513	mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	0	mm		
s. Staffe	Passo staffe	200	mm		
bracci	Numero Bracci staffe	0			
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	1.0	[range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°			
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0	mmq/m	0.00	cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R			
Msle	Momento di esercizio [(+)]	0.0	kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0	kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60	fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45	fck		
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80	fyk		
<b>Dati di Output:</b>					
<b>SLU - Momento e Taglio resistenti</b>					
Mrd	Momento ultimo resistente	490	kNm	Coeff.Sfrutt.	25%
Vrd	Taglio ultimo resistente	216	kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0	kNm	Coeff.Sfrutt.	

Funzioni SLU( N-M-V) + SLE per Sezione Rettangolare					
<b>Oggetto:</b>					
TOMBINO IN14 - Esistente NTC18					
Sezione n°. 03					
<b>Dati di Input:</b>					
B	Base sezione rettangolare	1000	mm	<b>Geometria della Sezione:</b>	
H	Altezza sezione rettangolare	600	mm	H	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	50	mm	As'	c'
c	Copriferro armatura inf. Tesa	50	mm	B	
d	Altezza utile = H-c	550	mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	18.52	MPa	As	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	375.0	MPa	c	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	-141.9	kN		
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	184.4	kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	98.4	kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0	kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	16			
Fi2	2° diametro armatura tesa	20			
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	4			
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	4			
As'	Armatura superiore compressa	804	mmq		
As	Armatura inferiore tesa	2061	mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	0	mm		
s. Staffe	Passo staffe	200	mm		
bracci	Numero Bracci staffe	0			
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	1.0	[range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°			
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0	mmq/m	0.00	cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R			
Msle	Momento di esercizio [(+)]	0.0	kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0	kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60	fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45	fck		
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80	fyk		
<b>Dati di Output:</b>					
<b>SLU - Momento e Taglio resistenti</b>					
Mrd	Momento ultimo resistente	441	kNm	Coeff.Sfrutt.	42%
Vrd	Taglio ultimo resistente	221	kN	Coeff.Sfrutt.	44%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0	kNm	Coeff.Sfrutt.	

Funzioni SLU( N-M-V) + SLE per Sezione Rettangolare					
<b>Oggetto:</b>					
TOMBINO IN14 - Esistente NTC18					
Sezione n°. 04					
<b>Dati di Input:</b>					
B	Base sezione rettangolare	1000	mm	<b>Geometria della Sezione:</b>	
H	Altezza sezione rettangolare	600	mm	H	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	50	mm	As' c'	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	50	mm	B	
d	Altezza utile = H-c	550	mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	18.52	MPa	As c	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	375.0	MPa		
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0	kN		
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	164.6	kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	158.5	kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0	kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	16			
Fi2	2° diametro armatura tesa	20			
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	4			
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	4			
As'	Armatura superiore compressa	2512	mmq		
As	Armatura inferiore tesa	2061	mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	0	mm		
s. Staffe	Passo staffe	200	mm		
bracci	Numero Bracci staffe	0			
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	1.0	[range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°			
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0	mmq/m	0.00	cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R			
Msle	Momento di esercizio [(+)]	0.0	kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0	kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60	fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45	fck		
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80	fyk		
<b>Dati di Output:</b>					
<b>SLU - Momento e Taglio resistenti</b>					
Mrd	Momento ultimo resistente	405	kNm	Coeff.Sfrutt.	41%
Vrd	Taglio ultimo resistente	209	kN	Coeff.Sfrutt.	76%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0	kNm	Coeff.Sfrutt.	



Funzioni SLU( N-M-V) + SLE per Sezione Rettangolare					
<b>Oggetto:</b>					
TOMBINO IN14 - Esistente NTC18					
Sezione n°. 05					
<b>Dati di Input:</b>					
B	Base sezione rettangolare	1000	mm	<b>Geometria della Sezione:</b>	
H	Altezza sezione rettangolare	600	mm	H	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	50	mm	As' c'	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	50	mm	B	
d	Altezza utile = H-c	550	mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	18.52	MPa	As c	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	375.0	MPa		
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0	kN		
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	138.6	kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0.0	kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0	kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	20			
Fi2	2° diametro armatura tesa				
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	8			
n2	N°. Barre 2° armatura tesa				
As'	Armatura superiore compressa	804	mmq		
As	Armatura inferiore tesa	2513	mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	0	mm		
s. Staffe	Passo staffe	200	mm		
bracci	Numero Bracci staffe	0			
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	1.0	[range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°			
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0	mmq/m	0.00	cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R			
Msle	Momento di esercizio [(+)]	0.0	kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0	kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60	fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45	fck		
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80	fyk		
<b>Dati di Output:</b>					
<b>SLU - Momento e Taglio resistenti</b>					
Mrd	Momento ultimo resistente	490	kNm	Coeff.Sfrutt.	28%
Vrd	Taglio ultimo resistente	216	kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0	kNm	Coeff.Sfrutt.	

Funzioni SLU( N-M-V) + SLE per Sezione Rettangolare					
<b>Oggetto:</b>					
TOMBINO IN14 - Esistente NTC18					
Sezione n°. 06					
<b>Dati di Input:</b>					
B	Base sezione rettangolare	1000	mm	<b>Geometria della Sezione:</b>	
H	Altezza sezione rettangolare	600	mm	H	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	50	mm	As'	c'
c	Copriferro armatura inf. Tesa	50	mm	B	
d	Altezza utile = H-c	550	mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	18.52	MPa	As	
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	375.0	MPa	c	
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	-120.4	kN		
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	154.7	kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	125.4	kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0	kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	16			
Fi2	2° diametro armatura tesa	20			
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	4			
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	4			
As'	Armatura superiore compressa	804	mmq		
As	Armatura inferiore tesa	2061	mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	12	mm		
s. Staffe	Passo staffe	150	mm		
bracci	Numero Bracci staffe	2			
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.5	[range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°			
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	1508	mmq/m	15.08	cmq/m
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R			
Msle	Momento di esercizio [(+)]	0.0	kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0	kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60	fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45	fck		
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80	fyk		
<b>Dati di Output:</b>					
<b>SLU - Momento e Taglio resistenti</b>					
Mrd	Momento ultimo resistente	436	kNm	Coeff.Sfrutt.	36%
Vrd	Taglio ultimo resistente	218	kN	Coeff.Sfrutt.	57%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	7	kNm	Coeff.Sfrutt.	



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di  
Matera con la rete ferroviaria nazionale

**NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA**

**Relazione di calcolo opera esistente ai  
sensi delle NTC 2018**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN1400 002	A	35 DI 35

**SINTESI VERIFICHE SEZIONI NOTEVOLI:**

SL	VERIF	SEZ01	SEZ02	SEZ03	SEZ04	SEZ05	SEZ06
SLU	Med/Mrd	38%	25%	42%	41%	28%	36%
SLU	Ved/Vrd	72%	0%	44%	76%	0%	57%
	MAX	72%	25%	44%	76%	28%	57%
	MAX	76%					

**IL TOMBINO OGGETTO DELLA PRESENTE RELAZIONE RISULTA IDONEO ALLE AZIONI  
SISMICHE DI PROGETTO PREVISTE DALLE NTC 2018, PERTANTO NON SE NE PREVEDE LA  
DEMOLIZIONE.**