

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO**

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA**

**QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2<sup>A</sup>  
FASE LATO ROMA  
QUADRUPPLICAMENTO LINEA**

OPERE CIVILI - IN02 - Tombino idraulico – km 0+857.59  
Relazione di calcolo della struttura esistente

SCALA:

-


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

NR45 11 R 29 CL IN0200 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	Cons. INTEGRA	Feb. 2021	M. Arcangeli	Feb. 2021	T. Paoletti	Feb. 2021	F. Arduini Feb. 2021


ITALFERR S.p.A.  
Direzione Ferrovie Roma  
Amministrazione  
Ufficio Tecnico Roma

File: NR4511R29CLIN0200002A


 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E LIVELLO DI CONOSCENZA.....</b>	<b>6</b>
4.1 Risultati delle prove di laboratorio .....	6
4.1.1 Calcestruzzo .....	6
4.1.2 Acciaio armatura lenta.....	7
4.2 Dettagli costruttivi .....	7
4.3 Livello di conoscenza e fattore di confidenza .....	7
4.4 Caratteristiche dei Materiali .....	8
4.4.1 Calcestruzzi .....	8
4.4.2 Acciai da armatura lenta.....	9
<b>5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....</b>	<b>11</b>
5.1 Profondità della falda.....	11
<b>6. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>12</b>
6.1 Pesì propri.....	12
6.2 Permanenti non strutturali.....	12
6.3 Carichi mobili (traffico ferroviario).....	13
6.4 Azione di avviamento / frenatura .....	16
6.5 Azione di serpeggio .....	16
6.6 Azione del sisma.....	16
6.7 Ritiro del calcestruzzo .....	19
6.8 Variazione termica.....	19
6.9 Spinta statica del terreno.....	19
6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale .....	20
6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche .....	20
<b>7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....</b>	<b>21</b>

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

<b>8. VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>23</b>
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....	23
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	23
8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio.....	25
<b>9. ANALISI STRUTTURALE .....</b>	<b>26</b>
9.1 Modellazione strutturale : Scatolare .....	26
9.2 Analisi dei carichi .....	28
9.3 Combinazioni.....	31
9.4 Sollecitazioni .....	34
9.5 Verifiche strutturali.....	37
9.5.1 Verifica piedritti .....	38
9.5.2 Verifica soletta superiore.....	41
9.5.3 Verifica soletta inferiore.....	44
<b>10.INTERVENTI DI RINFORZO.....</b>	<b>47</b>
<b>11.DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2) .....</b>	<b>48</b>
11.1 Tipo di analisi svolte.....	48
11.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo.....	48
11.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	48

	<b>QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA</b>					
	<b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A	FOGLIO 3 di 49

## 1. PREMESSA


Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi al progetto di fattibilità tecnico – economica del quadruplicamento ferroviario della tratta Capannelle – Ciampino sulla linea Roma - Cassino e del PRG di Ciampino.

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale del tombino idraulico esistente IN02 al km 0+857.59.

L'ubicazione della tratta in questione segue la linea rossa rappresentata nella figura seguente.



Figura 1: Tracciato oggetto di quadruplicamento ferroviario – Google Maps

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

## 2. DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale dell'opera scatolare IN02 alla progressiva 0+857.59 utilizzabile per attraversamenti ferroviari, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:


Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	7.20	m
Altezza totale	Htot	6.89	m
Spessore soletta superiore	ss	0.60	m
Spessore piedritti	sp	0.60	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.64	m
Luce libera	Lint	6.00	m
Altezza libera media	Hint	5.65	m

Il tombino presenta un ricoprimento di circa 0.96 m in asse binario di progetto.

La struttura sarà realizzata in c.a. gettato in opera senza giunti intermedi.

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.91	m
Ricoprimento	Hsc	0.00	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.05	m

Si trascura a favore di sicurezza la presenza del riempimento interno.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A


### 3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture

Riferimenti STI:

- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

#### 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E LIVELLO DI CONOSCENZA

Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si è basati sulla documentazione eventualmente già disponibile, su verifiche in situ e su indagini sperimentali.

Nella tabella che segue si riepilogano il tipo e le quantità di indagini previste per il tombino in esame.

Test: Manufatto:	Prove con sclerometro (N. 2 sezioni a manufatto)	Prove con pacometro (N. 2 sezioni a manufatto)	Prelievo provini, confezionamento e invio a laboratorio
Sottovia esistente viale Gamiana pk 0+752.10	N. 6 prove con risultati, su 3 sezioni	N. 8 prove, su 4 sezioni, con risultati	N. 9 totali, su 4 sezioni


#### 4.1 Risultati delle prove di laboratorio

La resistenza di calcestruzzo e acciaio di armatura lenta utilizzata nei calcoli è stata determinata sulla base delle prove di laboratorio eseguite sui campioni di materiali prelevati in situ.

Di seguito si riportano, per tipologia di materiale e di elemento, il numero totale di provini testati e il relativo valore della resistenza ottenuta dal test.

##### 4.1.1 Calcestruzzo

Pk	Rapporto	Sezione	Campion	Tipo di prova	Risulta
0+752	17083	Piedritto lato Capannelle	C1	Rottura a compressione [MPa]	37.98
0+752	17083	Estradosso soletta	C6	Rottura a compressione [MPa]	23.39
0+752	17083	Soletta fondazione	C7	Rottura a compressione [MPa]	25.68

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

#### 4.1.2 Acciaio armatura lenta

Pk	Rapporto	Sezione	Campion	Tipo di prova	Risulta
0+752	17083	Piedritto lato Capannelle	PB1	Tensione di snervamento barra [MPa]	452.8
0+752	17083	Piedritto lato Capannelle	PB2	Tensione di snervamento barra [MPa]	488.4
0+752	17083	Piedritto lato Capannelle	PB3	Tensione di snervamento barra [MPa]	443.9
0+752	17083	Piedritto lato Capannelle	PB4	Tensione di snervamento barra [MPa]	489.1
0+752	17083	Piedritto lato Ciampino	PB5	Tensione di snervamento barra [MPa]	441.4
0+752	17083	Piedritto lato Ciampino	PB6	Tensione di snervamento barra [MPa]	483.4
0+752	17083	Piedritto lato Ciampino	PB7	Tensione di snervamento barra [MPa]	444.2
0+752	17083	Piedritto lato Ciampino	PB8	Tensione di snervamento barra [MPa]	477
0+752	17083	Estradosso soletta	PB9	Tensione di snervamento barra [MPa]	406.7
0+752	17083	Estradosso soletta	PB10	Tensione di snervamento barra [MPa]	428.7
0+752	17083	Estradosso soletta	PB11	Tensione di snervamento barra [MPa]	424.9
0+752	17083	Estradosso soletta	PB12	Tensione di snervamento barra [MPa]	428.5
0+752	17083	Soletta fondazione	PB13	Tensione di snervamento barra [MPa]	324.2
0+752	17083	Soletta fondazione	PB14	Tensione di snervamento barra [MPa]	423.4
0+752	17083	Soletta fondazione	PB15	Tensione di snervamento barra [MPa]	477.8
0+752	17083	Soletta fondazione	PB16	Tensione di snervamento barra [MPa]	461.6

Nel capitolo “Materiali e azioni agenti”, sulla base delle resistenze dei provini analizzati in laboratorio saranno determinate le resistenze di progetto.

#### 4.2 Dettagli costruttivi

Nella tabella successiva si riepilogano i risultati dei rilievi.

Sezione	Spessore	Armatura longitudinale/verticale			Staffa/orizzontale		
		Diametro	Copriferro	Spaziatura	Diametro	Copriferro	Spaziatura
<b>Piedritto lato Capannelle</b>	600	20	45	250	14	25	300
<b>Piedritto lato Ciampino</b>	600	20	60	250	14	45	300
Sezione	Spessore	Armatura longitudinale			Armatura trasversale		
		Diametro	Copriferro	Spaziatura	Diametro	Copriferro	Spaziatura
<b>Soletta superiore</b>	600	14	45	250	24	55	250
<b>Soletta fondazione</b>	640	14	55	300	20	40	250


#### 4.3 Livello di conoscenza e fattore di confidenza

Le informazioni progettuali disponibili, integrate dalle indagini svolte hanno permesso di raggiungere un **livello di conoscenza LC2**, secondo la definizione contenuta nelle NTC 2018 (LC2, §8.5.4).

Il fattore di confidenza “**FC**” corrispondente a tale livello di conoscenza è, pertanto, pari a **1.20**.

Il Fattore di confidenza FC viene utilizzato nelle verifiche di sicurezza modificando le resistenze dei materiali secondo i criteri indicati al §8.5.4.2 della *Circolare*.



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

#### 4.4 Caratteristiche dei Materiali

I valori delle resistenze dei materiali da utilizzare nelle verifiche delle strutture esistenti sono determinati con l'espressione di seguito riportata.

$$f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M}$$

dove:

- $f_m$  : è la resistenza media valutata in base ai risultati sperimentali ottenuti da prove su un numero di campioni  $n$ ;
- $FC$  : è il fattore di confidenza;
- $\gamma_M$  : coefficiente di sicurezza del materiale;


##### 4.4.1 Calcestruzzi

**Resistenza a compressione di calcolo**

$$f_{cd} = \frac{f_{cm}}{FC \cdot \gamma_c}$$

con  $\gamma_c = 1,5$

Dati i valori di resistenza sopra riportati si è ottenuto  $f_{cd}=13.4 \text{ MPa}$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

#### 4.4.2 Acciai da armatura lenta


#### Resistenza a compressione di calcolo

$$f_{yd} = \frac{f_{ym}}{FC \cdot \gamma_s}$$

con  $\gamma_s = 1,15$

Dati i valori di snervamento prima riportati si è ottenuto  $f_{yd}=321.38 \text{ Mpa}$ .

<b>Calcestruzzo</b>				
Resistenza a compressione cubica media	$R_{ck}$		29.00	MPa
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	$=0.83 R_{ck}$	24.07	MPa
Resistenza cilindrica da usare a flessione	$f_{ck}$	$=f_{ck}/FC$	20.06	MPa
Fattore di confidenza	FC		1.20	
Resistenza cilindrica media (da usare a flessione)	$f_{ck}$	$=f_{ck} + 8$	28.06	MPa
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	$=0.3 f_{ck}^{2/3}$	2.21	MPa
Resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	$f_{ctk}$	$=0.7 f_{ctm}$	1.55	[MPa]
Resistenza caratteristica a trazione (fratt. 95%)	$f_{ctk}$	$=1.3 f_{ctm}$	2.88	[MPa]
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm}$	$=1.2 * f_{ctm}$	2.66	MPa
Coefficiente di sicurezza parziale del calcestruzzo	$\gamma_c$		1.5	[-]
Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine	$a_{cc}$		1	[-]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	$=a_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	13.37	[MPa]
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	$=f_{ctk} / \gamma_c$	1.03	[MPa]
Tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata (rara)	$\sigma_{cti}$	$= f_{ctm} / 1.2$	1.85	MPa
Modulo elastico	$E_{cm}$	$=22000(f_{cm}/10)^{0.3}$	29980.66	MPa
<b>Acciaio</b>				
Tensioni di snervamento (flessione)	$f_{yk}$		443.5	Mpa
Modulo elastico	$E_s$		210000	Mpa
Fattore di Confidenza	FC		1.20	
Coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio	$\gamma_s$		1.15	
Tensione di snervamento utilizzata	$f_{yk}/FC$		321.38	Mpa

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare 21.01.2019, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p elementi a piastra		cavi da c.a.p altri elementi	
Cmin	Co	ambiente	C $\geq$ Co	Cmin $\leq$ C $<$ Co	C $\geq$ Co	Cmin $\leq$ C $<$ Co	C $\geq$ Co	Cmin $\leq$ C $<$ Co	C $\geq$ Co	Cmin $\leq$ C $<$ Co
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

Classe di esposizione: XA1

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

L'apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica RARA per gli SLE dovrà risultare:


- $\delta_f \leq w_1$  per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 17.01.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 17.01.2018.

Con  $\delta_f$  apertura delle fessure e  $w_1$  valore limite dell'apertura delle fessure.

$w_1 = 0.2$  mm

$w_2 = 0.3$  mm

$w_3 = 0.4$  mm

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

## 5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Si prende a riferimento la relazione geotecnica generale.

Sulla base delle indagini svolte, sintetizzate nei profili geotecnici lungo linea, in corrispondenza della progressiva si evince la seguente stratigrafia:

Terreno di fondazione


DA PK 0 A PK 2+000							
AREA GEOTECNICA	PROFONDITÀ	UNITÀ GEOTECNICA	$\gamma_t$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c' (kPa)	$\Phi'$ (°)	$\Phi'_{cv}$ (°)	E'op (kPa)
			di calcolo	di calcolo	di calcolo	di calcolo	di calcolo
<b>1</b>	da 0 m a 15 m	S(L) <sub>1</sub>	17.5	-	35	29	50 000
	da 15 m a 22 m	R <sub>A</sub>	13.5	135	43	-	980 000
	oltre 22 m	S(L) <sub>2</sub>	17.5	-	37	30	100 000

Rilevati ferroviari

STRATO	Spess. [m]	Peso di volume	Angolo di resistenza al taglio			Coesione efficace/Coesione non drenata			Modulo di Young operativo	Permeab.
		$\gamma_d$	$\phi'_k$	$\phi'_d$ M1	$\phi'_d$ M2	(1)c' <sub>k</sub> (2)Cu <sub>k</sub>	(1)c' <sub>k</sub> (2)Cu <sub>k</sub> M1	(1)c' <sub>k</sub> (2)Cu <sub>k</sub> M2	E <sub>op.</sub>	k.
		[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[m/s]
SUB-BALLAST	0.12	20								
SUPER-COMPATTATO	0.30	20	42	42	35.8	0	0	0	60	1x10 <sup>-9</sup>
INERBIMENTO	0.30	19	26	26	21.3	(1)10	(1)10	(1)8	8	1x10 <sup>-5</sup>
RILEVATO	<u>Variab.</u>	20	38	38	32	(1)0	(1)0	(1)0	30	1x10 <sup>-5</sup>
STRATO BONIFICA SCOTICO	DI E <u>Variab.</u>	19	38	38	32	(1)0	(1)0	(1)0	15	1x10 <sup>-5</sup>

### 5.1 Profondità della falda

Ai fini dell'analisi dell'opera non si è considerata la presenza della falda idrica in quanto il livello di falda è posto al di sotto del piano di fondazione dell'opera.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

## 6. ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio e in presenza dell'evento sismico. Tutti i carichi elementari si riferiscono a un concio longitudinale di larghezza unitaria, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

### 6.1 Pesì propri

Il peso dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

- Soletta di copertura;
- Soletta di fondazione;
- Piedritti.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

Calcestruzzo armato:	$\gamma_{c.a.}$	= 25.00 kN/m <sup>3</sup>
Rilevato:	$\gamma_{ril}$	= 20.00 kN/m <sup>3</sup>
Ballast + armamento:	$\gamma_{ballast}$	= 18.00 kN/m <sup>3</sup>


### 6.2 Permanenti non strutturali

Il peso dei carichi permanenti in copertura è stato calcolato considerando i differenti spessori di ballast e supercompattato, ciascuno per il suo peso dell'unità di volume:

$$q_{pp} = h_b \gamma_b + h_{sc} \gamma_{sc}$$

dove:

- $h_b$  = spessore del ballast;
- $\gamma_b$  = peso specifico del ballast;
- $H_{sc}$  = spessore del super compattato;
- $\gamma_b$  = peso specifico del super compattato.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

### 6.3 Carichi mobili (traffico ferroviario)

Per quanto attiene il sovraccarico ferroviario si applica il peggiore tra il carico verticale dovuto al treno SW/2 pari a 150 kN/m x 1 e il carico verticale dovuto al treno LM71 pari a 250 kN / 1.6 m x 1.1 = 172.0 kN/m uniformemente distribuito su una larghezza trasversale di calcolo fino a livello del piano d'asse della soletta di copertura.

Per ponti di categoria A si hanno i seguenti valori del coefficiente di adattamento.

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE "α"	
	PONTI CAT. "A"	PONTI CAT. "B"
LM 71	1.1	0.83
SW / 0	1.1	0.83
SW / 2	1.0	0.83

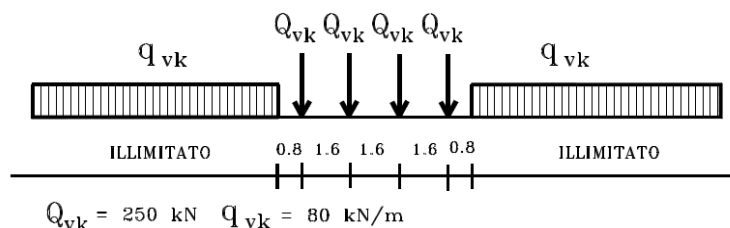
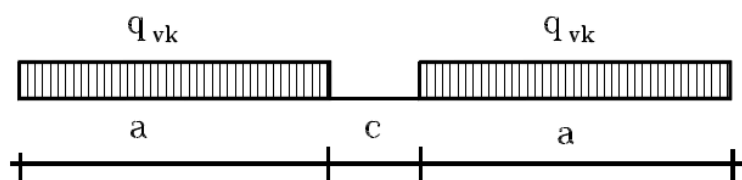



Figura 6.1 – Treno di carico LM71



Tipo di Carico	$q_{vk}$ [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Figura 6.2– Treno di carico SW

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

### Coefficiente di amplificazione dinamica $\Phi$ :

Le sollecitazioni e gli spostamenti determinati sulle strutture dall'applicazione statica dei treni di carico debbono essere incrementati per tener conto della natura dinamica del transito dei convogli.

Per linee a ridotto standard manutentivo  $\Phi$  sarà:

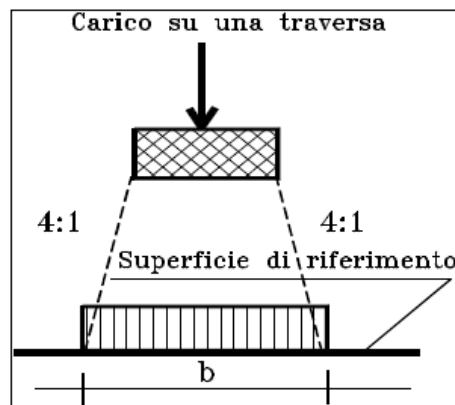
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

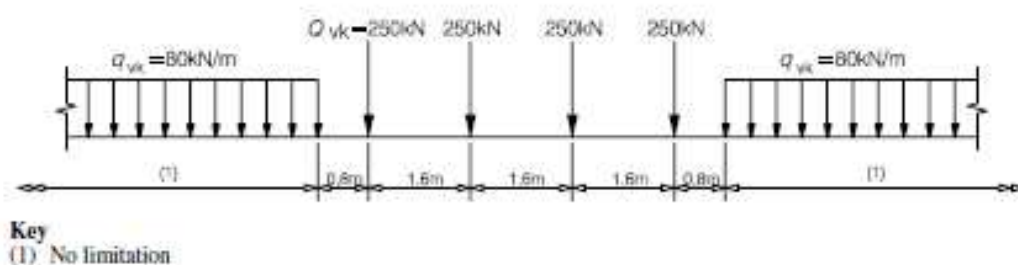
$L_\Phi$  rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

### Determinazione delle larghezze di diffusione dei carichi mobili:


La diffusione dei carichi attraverso ballast avviene con pendenza 4:1, attraverso il ricoprimento con angolo di attrito mentre, nella soletta in cls con pendenza 1:1.



Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

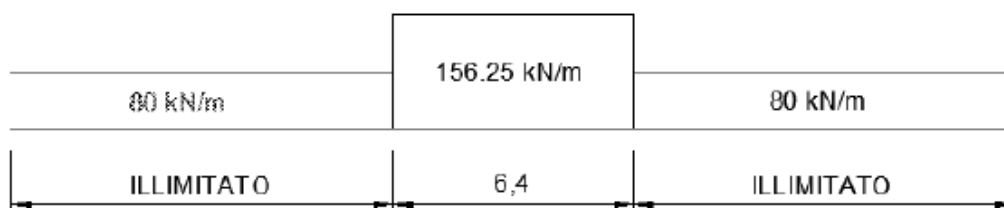


Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

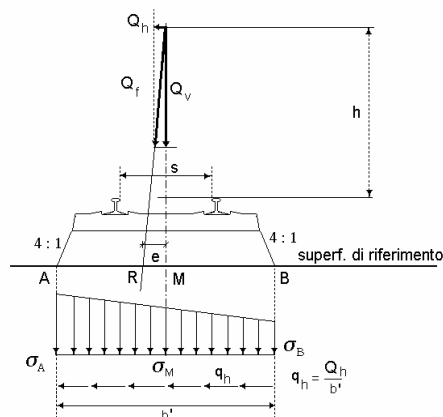
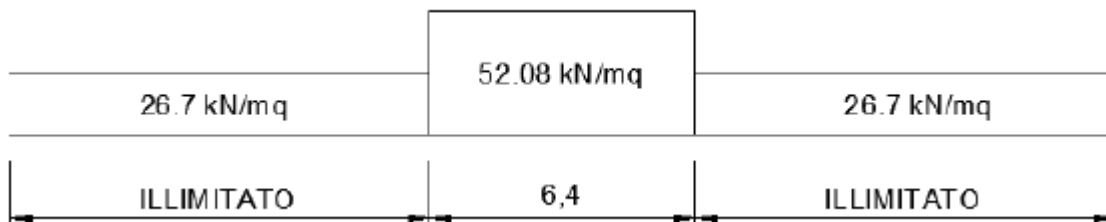
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:


$$p = \frac{4 \times 250}{4 \times 1.60} = 156.25 \text{ kN/m}$$



Considerando la distribuzione trasversale dei carichi su una larghezza di 3.0 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si ricava il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:





 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

#### 6.4 Azione di avviamento / frenatura

Per ogni treno di carico si associano le azioni di avviamento e frenatura agenti sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Dette forze si considerano uniformemente distribuite sulla lunghezza di binario.

I valori caratteristici considerati sono i seguenti:

- Avviamento  $Q_{1a,k} = 33 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$  per LM71 ed SW2

#### 6.5 Azione di serpeggio

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  $Q_{sk}=100 \text{ kN}$ . Tale valore deve essere moltiplicato per  $a$ , (se  $a>1$ ), ma non per il coefficiente  $F$ . Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

Tale azione viene trascurata in quanto con un modello piano non si possono considerare gli effetti trasversali.

#### 6.6 Azione del sisma


Per tutte le opere d'arte di progetto vengono utilizzati, a vantaggio di sicurezza, i seguenti valori:  $V_N=75$  anni e classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$ .

La vita di riferimento  $V_R$  è quindi pari a 112.5 anni.

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$
- Vita nominale  $V_N = 75$  anni
- Categoria di suolo: B
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura  $q = 1$

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2 <sup>A</sup> FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta orizzontale e verticale sono riportati :

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE  
13.6057

LATITUDINE  
37.748

Ricerca per comune

REGIONE  
Sicilia

PROVINCIA  
Palermo

COMUNE  
Lercara Friddi

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta


Variabilità dei parametri

---

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



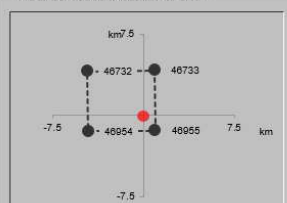
Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione  
superficie rigata

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

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica. Con tale azione sismica agente, le forze risultanti trasmesse dall'impalcato al piano appoggi della spalla in corrispondenza della sommità del muro di testata sono riportate al paragrafo successivo, sotto le voci **Ex**, **Ey** ed **Ez**.

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE {

SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input style="width: 50px;" type="text" value="68"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input style="width: 50px;" type="text" value="113"/>

Stati limite ultimi - SLU {

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input style="width: 50px;" type="text" value="1068"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input style="width: 50px;" type="text" value="2193"/>

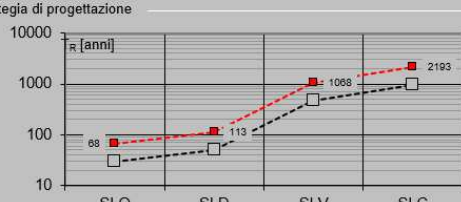
**Elaborazioni**

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite  
Stato Limite considerato: **SLV** info

Risposta sismica locale  
Categoria di sottosuolo: **B** info  
Categoria topografica: **T1** info

Compon. orizzontale  
 Spettro di progetto elastico (SLE)  
 Spettro di progetto inelastico (SLU)

Smorzamento  $\xi$  (%): **5**  $\eta_1 = 1.000$  info  
 Fattore  $q_0$ : **1** Regol. in altezza: **no** info

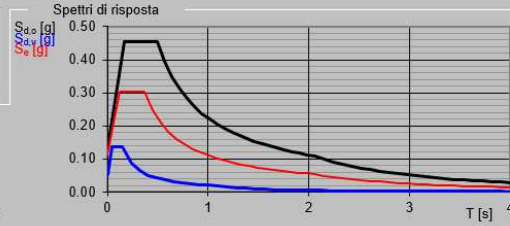
Compon. verticale  
 Spettro di progetto: Fattore  $q$ : **1**  $\eta_1 = 1.000$  info

Elaborazioni

$S_{d0}$  [g]

$S_{e0}$  [g]

$S_e$  [g]



Di seguito si riporta a titolo di esempio lo **spettro di progetto** per lo **Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV** relativamente alle componenti **orizzontali**, con coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

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

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV
$a_s$	0.114 g
$F_s$	2.652
$T_c$	0.364 s
$S_S$	1.200
$C_c$	1.345
$S_T$	1.000
$q$	0.800

Parametri dipendenti	
$S$	1.200
$\eta$	1.250
$T_p$	0.164 s
$T_c$	0.492 s
$T_0$	2.056 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$S = S_s \cdot S_T$  (NTC-09 Eq. 3.2.5)  
 $\eta = \sqrt{10 \cdot (S + 5)} \geq 0.55; \eta = 1/q$  (NTC-09 Eq. 3.2.6, §. 3.2.3.5)  
 $T_{01} = T_c / 3$  (NTC-07 Eq. 3.2.4)  
 $T_c = C_c \cdot T_c'$  (NTC-07 Eq. 3.2.7)  
 $T_{01} = 4.0 \cdot a_s / g + 1.6$  (NTC-07 Eq. 3.2.9)

**Espressioni dello spettro di risposta** (NTC-09 Eq. 3.2.4)

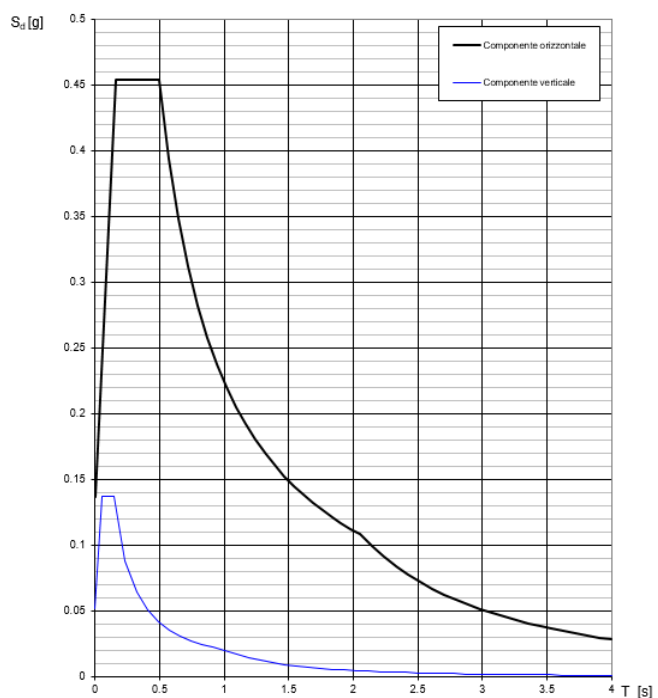
$0 \leq T < T_{01} \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \left[ \frac{T}{T_{01}} + 1 \left( 1 - \frac{T}{T_{01}} \right) \right]$   
 $T_{01} \leq T < T_c \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E_s$   
 $T_c \leq T < T_p \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \left( \frac{T_c}{T} \right)$   
 $T_p \leq T \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \left( \frac{T_c T_0}{T} \right)$


Lezopetra di progetto  $S_d(T)$  per lo verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuta dalle espressioni dello spettro sismico  $S_d(T)$  moltiplicando con  $U_0$ , dove  $U_0$  è il fattore di struttura. (NTC-09 §.3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	$S_e$ [g]
0.000	0.157
0.164	0.453
0.492	0.453
0.567	0.394
0.441	0.348
0.716	0.312
0.790	0.283
0.865	0.258
0.939	0.233
1.013	0.220
1.088	0.205
1.162	0.192
1.237	0.180
1.311	0.170
1.386	0.161
1.460	0.153
1.535	0.145
1.609	0.139
1.684	0.132
1.758	0.127
1.833	0.122
1.907	0.117
1.982	0.112
2.056	0.109
2.149	0.099
2.241	0.091
2.334	0.084
2.426	0.078
2.519	0.072
2.611	0.067
2.704	0.063
2.797	0.059
2.889	0.055
2.982	0.052
3.074	0.049
3.167	0.046
3.259	0.043
3.352	0.041
3.445	0.039
3.537	0.037
3.630	0.035
3.722	0.033
3.815	0.032
3.907	0.030
4.000	0.029

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

## 6.7 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC2018. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 10°, ed un umidità relativa del 75% a 7 gg.

Il fenomeno del ritiro è stato applicato solo alla soletta di copertura nel caso dello scatolare mentre viene trascurato nel muro.

## 6.8 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a  $\Delta T = +15^{\circ}\text{C}$ , con un variazione termica a aggiuntiva a farfalla pari a  $\Delta T = +5^{\circ}\text{C}$  applicata sulla soletta di copertura. Per ricoprimenti superiori ad 1,5m non si applica alcuna variazione termica.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001$$

## 6.9 Spinta statica del terreno

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a  $S = 1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$ , applicata ad 1/3 dal basso.

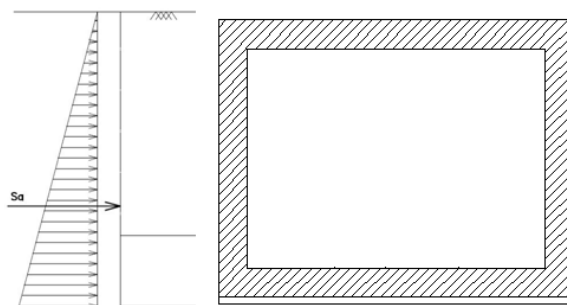



Figura 6.3 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo  $k_0 = 1 - \sin \phi'$ , dove  $\phi'$  è l'angolo di attrito assunto. In caso di falda il peso specifico del terreno è stato sostituito da quello efficace.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

### 6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante a tergo, si considera un carico uniformemente distribuito. Il valore della spinta risultante al metro è dunque pari a  $S=k_0 \cdot q \cdot H$ , con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste.

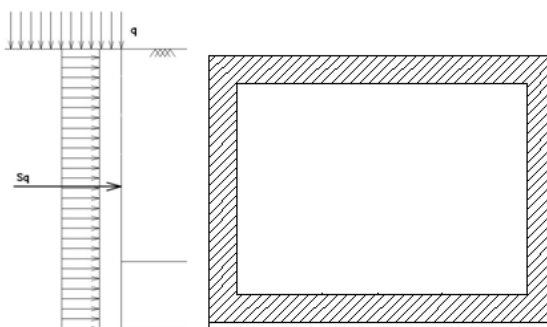


Figura 6.4– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

### 6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad  $H/2$ .

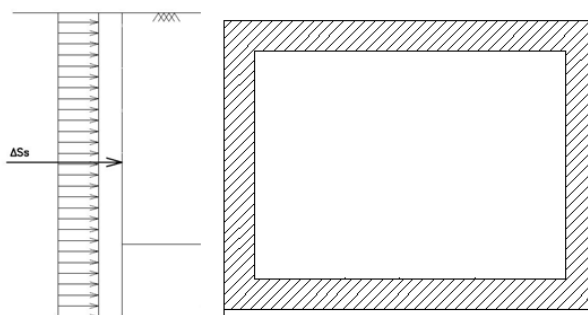



Figura 6.5– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

 <b>ITALFERR</b> <b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b>	<b>QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG</b> <b>CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

## 7. COMBINAZIONE DEI CARICHI

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

combinazione fondamentale (SLU):

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

combinazione sismica:

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

combinazione eccezionale:

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

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

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

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


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

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

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

Tab. 1 – Valutazione dei carichi da traffico

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

		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

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> 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.  
<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> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali


Tab. 2 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, Eccezionali e Sismica

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

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

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

## 8. VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

### 8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-presso-flessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

### 8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM17/01/2018, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento i seguenti valori della resistenza di calcolo:

- Resistenza di progetto dell'elemento privo di armatura a taglio:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$


- Resistenza di progetto a "taglio trazione":

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$$

- Resistenza di progetto a "taglio compressione":

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v_{fcd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta)$$



 <b>ITALFERR</b> <b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b>	<b>QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG</b> <b>CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

Nelle espressioni precedenti i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

$A_{sl}$  è l'area dell'armatura tesa;

$b_w$  è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

$N_{Ed}$  è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

$A_c$  è l'area della sezione di calcestruzzo;

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$  è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave


$A_{sw}$  è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

$s$  è il passo delle staffe;

$\alpha$  è l'angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$v f_{cd}$  è la resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $v=0.5$ );

$\alpha_c = 1$  coefficiente maggiorativo per membrature non compresse.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

### 8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

$$\sigma_c < 0.55f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.40f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$


$$\sigma_s < 0.75f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

Nel secondo caso, si verifica che le aperture delle fessure siano inferiori al valore limite dell'apertura delle fessure nella combinazione caratteristica Rara. I valori nominali di riferimento sono:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA					
	<b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A	FOGLIO 26 di 49

## 9. ANALISI STRUTTURALE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del SAP2000, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento.

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità  $\emptyset$  dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria, assumendo però come luce di calcolo quella misurata in parallelo alla linea ferroviaria tra gli assi dei piedritti valutati lungo lo "spessore corrente" (spessore corrente=spessore piedritto/cos $\emptyset$ ). In tal caso le stesse verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento allo spessore corrente.

Convenzione assi

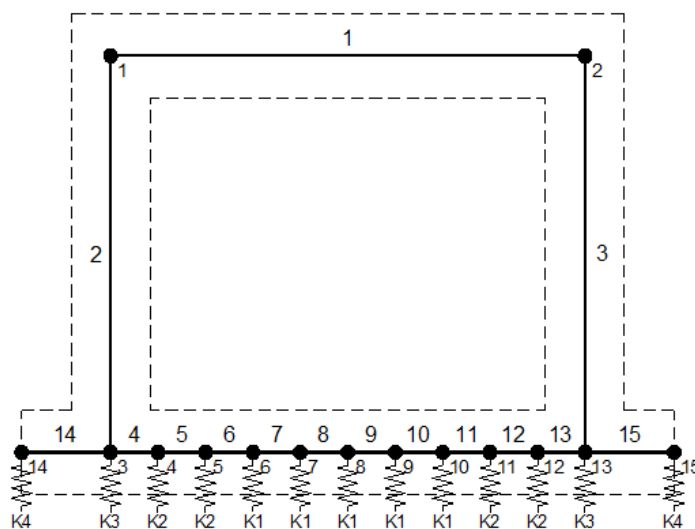
**x** = asse trasversale dello scatolare


**y** = asse longitudinale dello scatolare

**z** = asse verticale dello scatolare

### 9.1 Modellazione strutturale : Scatolare

Il modello di calcolo attraverso il quale viene discretizzata la struttura è quello di telaio chiuso. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione vengono inserite molle alla Winkler.



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

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

Per la definizione delle precedenti costanti si è fatto riferimento alla caratterizzazione geotecnica a disposizione.

I valori di resistenza del terreno assunti nei calcoli che seguono sono quelli riferiti al primo strato della tabella riportata al paragrafo 5.

Per la rigidezza delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale Kw pari a 2500 kN/m<sup>3</sup>. Tale valore viene valutato tramite la teoria di Bowles, note le dimensioni della fondazione dell'opera e il modulo elastico del terreno di fondazione:

$$k_n = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_f}$$

Dove:

E	modulo elastico del terreno
$\nu$	coefficiente di Poisson
B	larghezza della fondazione
L	lato maggiore della fondazione
Ct	fattore di forma (Bowles, 1960)
Kw	coefficiente di sottofondo alla Winkler

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

Interasse molle	i	$(0.60/2 + 6.00 + 0.60/2) / 10 =$	0.66 m
Molle centrali	K1	$6441 \cdot 0.66 =$	4 251 kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 6441 \cdot 0.66 =$	6 377 kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 6441 \cdot (0.66/2 + 0.60/2) =$	8 116 kN/m
Molle risolto	K4	-	0 kN/m

La rigidezza delle molle in corrispondenza dei piedritti è stata aumentata, seguendo le indicazioni riportate nella letteratura tecnica, al fine di tenere in conto l'irrigidimento apportato dai piedritti al solettone di fondo.

## 9.2 Analisi dei carichi

### Geometria

#### Caratteristiche materiali e terreno

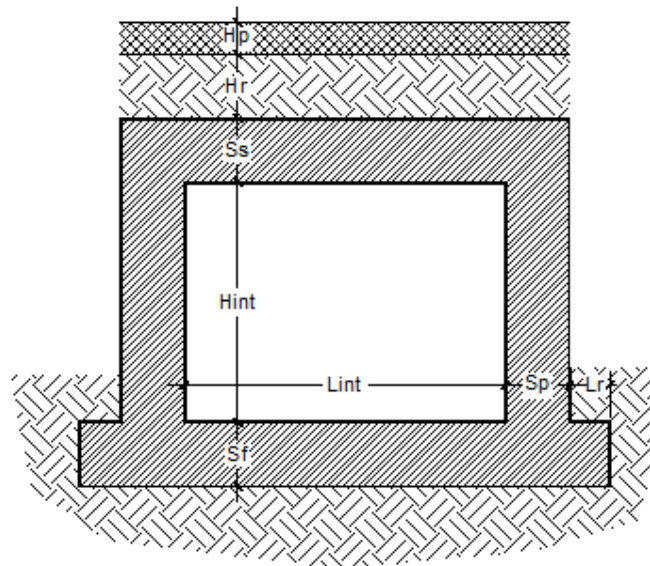
Calcestruzzo armato - Peso specifico	Y		25	kN/m <sup>3</sup>
Calcestruzzo armato - Tipo			C30/37	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R <sub>ck</sub>		37	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f <sub>ck</sub>	0.83 · 37 =	30.7	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E		33000	N/mm <sup>2</sup>
Ballast - Peso specifico	Y <sub>b</sub>		18	kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato - Peso specifico	Y		20	kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ		38	°
Terreno di riempimento laterale - Peso specifico	Y		20	kN/m <sup>3</sup>
Terreno di riempimento laterale - Angolo di attrito	φ		38	°
Terreno di fondazione	K <sub>w</sub>		6441	kN/m <sup>3</sup>
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			aggressive	

#### Ricoprimento


Spessore ballast+armamento	H <sub>b</sub>	0.80	m
Spessore medio traversina+binario	H <sub>t</sub>	0.40	m
Spessore ballast sotto la traversina		0.40	m
Spessore del rinterro	H <sub>r</sub>	0.16	m

#### Geometria

Spessore soletta superiore	S <sub>s</sub>	0.60	m
Spessore soletta di fondazione	S <sub>f</sub>	0.64	m
Spessore piedritti	S <sub>p</sub>	0.60	m
Altezza netta	H <sub>int</sub>	5.65	m
Larghezza netta	L <sub>int</sub>	6.00	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L <sub>r</sub>	0.00	m



Tab. 4: Geometria del modello

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

### Azioni elementari applicate

#### **Carichi permanenti (Condizione *PERM*)**

Soletta superiore			
Peso ballast	Ps	$0.80 \cdot 18 =$	14.40 kN/m <sup>2</sup>
Peso del rinterro	Pr	$0.16 \cdot 20 =$	3.20 kN/m <sup>2</sup>
Totale		$(Pr+Ps)*r$	<b>19.20 kN/m<sup>2</sup></b>
Risvolti soletta inferiore			
Peso ballast	Ps	-	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Peso del rinterro	Pr	-	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Totale			<b>0.00 kN/m<sup>2</sup></b>

#### **Carichi accidentali sulla copertura LM71 (Condizioni *ACC-M71* e *ACC-T71*)**

Coefficiente dinamico			
Lunghezza caratteristica per coeff. din.	$L_0$	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (5.95 + 6.60 + 5.95)$	8.02 m
Coefficiente dinamico	$\Phi_3$	$= 0.9 \cdot (2.16 / (\text{radq}(8.02) - 0.2) + 0.73)$	1.40
Qvk			
Coefficiente di adattamento	$\alpha$		1.10
Larghezza traversa	Lt		2.40 m
Impronta di carico y	Ld1	$2.40 + 2 \times (0.40/4 + 0.16 \times \text{TAN}(38^\circ) + 0.60/2) =$	3.65 m
Impronta di carico x	Ld2	$0.8 + 1.6 + 1.6 + 1.6 + 0.8 =$	6.40 m
Carico Qvk (totale)			80 kN
Carico Qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.40 \cdot 80 / (3.65 \cdot 6.40) =$	<b>14.45 kN/m<sup>2</sup></b>
qvk			
Carico qvk			80 kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.40 \cdot 80 / 3.65 =$	<b>33.65 kN/m<sup>2</sup></b>

#### **Carichi accidentali sulla copertura SW/2 (Condizioni *ACC-MSW* e *ACC-TSW*)**

Coefficiente di adattamento	$\alpha$		1.00
Carico qvk			150 kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1 \cdot 1.40 \cdot 150 / 3.65 =$	<b>57.36 kN/m<sup>2</sup></b>

Per il calcolo della lunghezza caratteristica si fa riferimento a:

Caso 5.3 pag. 41 di 481 Manuale Parte II - Sezione II - Ponti

**Avviamento e frenatura (Condizione *AVV*)**

Q1ak (=  $\alpha \cdot 33 / Ld1$ )  $\alpha \cdot 33 / 3.65 =$  **9.95 kN/m<sup>2</sup>**

**Azione termica (Condizione *TERM*)**

Variazione termica uniforme	$\Delta T_U$	15 °
Variazione termica a farfalla	$\Delta T_F$	5 °
Variazione termica uniforme di calcolo	$\Delta T_{U*} = 15 / 2 =$	7.50 °
Variazione termica a farfalla di calcolo	$\Delta T_{F*} = 5 / 2 =$	2.50 °

**Ritiro (Condizione *RITIRO*)**

Ritiro applicato alla sol. Superiore  $\Delta T_R$  0 °

**Spinta del terreno (Condizioni *SPTSX* e *SPTDX*)**

K01	1 - sen (38°) =	0.384
K02	1 - sen (38°) =	0.384
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1 $0.384 \cdot 19.20 =$	6.76 kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2 $0.384 \cdot (19.20 + 20 \cdot 0.60/2) =$	<b>9.69 kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta in asse sol. inf.	p3 $0.384 \cdot [19.20 + 20 \cdot (0.60+5.65+0.64)/2] =$	<b>57.88 kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4 $0.384 \cdot [19.20 + 20 \cdot (0.60+5.65+0.64)] =$	60.34 kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1 $(6.76+9.69)/2 \cdot 0.60/2 =$	<b>2.47 kN/m</b>
Spinta semispessore sol. inf.	F2 $(57.88+60.34)/2 \cdot 0.64/2 =$	<b>18.92 kN/m</b>

**Spinta del carico accidentale LM71 (Condizioni *SPACCSX* e *SPACCDX*)**

Spinta dovuta al q1 p  $0.384 \cdot 1.1 \cdot 80 / (3.65 \cdot 6.40) =$  **1.45 kN/m<sup>2</sup>**

**Spinta del carico accidentale SW/2 (Condizioni *SPACCSX* e *SPACCDX*)**

Spinta dovuta al q1 p  $0.384 \cdot 1 \cdot 150 / (3.65 \cdot 6.40) =$  **2.47 kN/m<sup>2</sup>**

**Sisma orizzontale (Condizione *SISMAH*)**

Stato limite	Salvaguardia della vita - SLU -	SLV
Vita nominale	$V_N$	75 anni
Classe d'uso		III
Coefficiente $C_U$	$C_U$	1.5
Periodo di riferimento	$V_R$	112.5 anni
Accelerazione orizzontale	$a_g/g$	0.207
Amplificazione spettrale	$F_o$	2.538
Categoria sottosuolo	A, B, C, D, E	B
Coeff. Amplificazione stratigrafica	$S_s$	1.190
Coeff. Amplificazione topografica	$S_t$	1
Coefficiente S	$S = S_s \cdot S_t$	1.190
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g = a_g/g \cdot S$	0.246
Fattore di struttura	q	1.00
Coeff. sismico orizzontale	$k_h = a_{max}/g$	0.246
Coeff. sismico verticale	$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$	0.123

Carico accidentale totale gravante sulla cop.  $1.1 \cdot 1000 / (3.65 \cdot 6.40) \cdot 6.40 + 1.1 \cdot 80 / 3.65 \cdot 7.20 =$  24.1 kN/m

Forza orizz. sulla sol. di cop. FHs  $0.246 \cdot (0.60 \cdot 25 + 19.20 + 0.2 \cdot 24.1 / 6.60) / 1.00 =$  **8.60 kN/m<sup>2</sup>**

Forza orizz. sui piedritti FHp  $0.246 \cdot (0.60 \cdot 25) / 1.00 =$  **3.69 kN/m<sup>2</sup>**

### 9.3 Combinazioni


N	PERM	PERM-G2	ACC-M71	ACC-T71	AVV	SPTSX	SPTDX	SPQSX71	SPQDX71	TERM	RITIRO	SISMAH	SISMAV	SPSDX	ACC-SW	SPQSXSX	SPQDXSX
01	01S1-11M	1.35	1.50	1.45	0	0.73	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0
02	02S1-11T	1.35	1.50	0	1.45	0.73	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0
03	03S1-12M	1.35	1.50	1.45	0	0.73	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0
04	04S1-12T	1.35	1.50	0	1.45	0.73	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0
05	05S1-13M	1.35	1.50	1.45	0	0.73	1.00	1.35	0	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0
06	06S1-13T	1.35	1.50	0	1.45	0.73	1.00	1.35	0	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0
07	07S1-14-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0
08	08S1-15-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0
09	09S1-16S	1.35	1.5	0	0	0.73	1.00	1.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.45	0	0
10	10S1-17S	1.35	1.5	0	0	0.73	1.35	1.35	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.45	1.45	1.45
11	11S1-18S	1.35	1.5	0	0	0.73	1.00	1.35	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	1.45	0	1.45
12	12S1-19S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0	1.45	1.45
13	13S1-20S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.00	1.35	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0	0	1.45
14	14S1-21M	1.35	1.50	1.45	0	0.73	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
15	15S1-21T	1.35	1.50	0	1.45	0.73	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
16	16S1-22M	1.35	1.50	1.45	0	0.73	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
17	17S1-22T	1.35	1.50	0	1.45	0.73	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
18	18S1-23M	1.35	1.50	1.45	0	0.73	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
19	19S1-23T	1.35	1.50	0	1.45	0.73	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
20	20S1-24-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
21	21S1-25-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
22	22S1-26S	1.35	1.5	0	0	0.73	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	1.45	0
23	23S1-27S	1.35	1.5	0	0	0.73	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	1.45	1.45
24	24S1-28S	1.35	1.5	0	0	0.73	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	1.45	1.45
25	25S1-29S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	1.45	1.45
26	26S1-30S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	1.45	1.45
27	27S1T11M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0	0.00	0.00	0.00
28	28S1T11T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0	0.00	0.00	0.00
29	29S1T12M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	0	0	0	0.00	0.00	0.00
30	30S1T12T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	0	0	0	0.00	0.00	0.00
31	31S1T13M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.35	0	1.16	1.5	0	0	0	0.00	0.00	0.00
32	32S1T13T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.35	0	1.16	1.5	0	0	0	0.00	0.00	0.00
33	33S1T14-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	0	0	0	0.00	0.00	0.00
34	34S1T15-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.16	1.5	0	0	0	0.00	0.00	0.00
35	35S1T16S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0	0	1.16	0
36	36S1T17S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.35	1.35	0	0	1.5	0	0	0	0	1.16	1.16
37	37S1T18S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.35	0	0	1.5	0	0	0	0	1.16	1.16
38	38S1T19S	1.35	1.5	0	0	0	1.35	1.35	0	0	1.5	0	0	0	0	1.16	1.16
39	39S1T20S	1.35	1.5	0	0	0	1.00	1.35	0	0	1.5	0	0	0	0	1.16	1.16
40	40S1T21M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.35	0	0	0.00	0.00	0.00
41	41S1T21T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.35	0	0	0.00	0.00	0.00
42	42S1T22M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.35	0	0	0.00	0.00	0.00
43	43S1T22T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.35	0	0	0.00	0.00	0.00
44	44S1T23M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.35	0	0	0.00	0.00	0.00
45	45S1T23T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.35	0	0	0.00	0.00	0.00
46	46S1T24-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.35	0	0	0.00	0.00	0.00
47	47S1T25-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.35	0	0	0.00	0.00	0.00
48	48S1T26S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.35	0	0	0	1.16	0
49	49S1T27S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.35	0	0	0	1.16	1.16
50	50S1T28S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.35	0	0	0	1.16	1.16
51	51S1T29S	1.35	1.5	0	0	0	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.35	0	0	0	1.16	1.16
52	52S1T30S	1.35	1.5	0	0	0	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.35	0	0	0	1.16	1.16
53	53S3-11M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0
54	54S3-11T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0
55	55S3-12M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0
56	56S3-12T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0
57	57S3-13M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.35	0	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0
58	58S3-13T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.35	0	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0
59	59S3-14S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0	0	1.45	0
60	60S3-15S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.35	1.35	0	0	0.9	0	0	0	0	1.45	1.45
61	61S3-16S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.35	0	0	0.9	0	0	0	0	1.45	1.45
62	62S3-21M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
63	63S3-21T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
64	64S3-22M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.35	1.35	1.16	1.16	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
65	65S3-22T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.35	1.35	1.16	1.16	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
66	66S3-23M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.35	0	1.16	-0.9	1.35	0	0	0	0	0
67	67S3-23T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.35	0	1.16	-0.9	1.35	0	0	0	0	0




N	PERM	PERM-G2	ACC-M71	ACC-T71	AVV	SPTSX	SPTDX	SPOQSX71	SPQDX71	TERM	RIIRO	SISMAH	SISMAV	SPSDX	ACC-SW	SPOQSXSW	SPQDXSW	
68	68S3-24S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	1.45	0	0
69	69S3-25S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	1.45	1.16	1.16
70	70S3-26S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	1.45	0	1.16
71	71SSS1--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	0.5	0	1	0.3	1	0	0	0
72	72SSS2--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	0.5	0	1	-0.3	1	0	0	0
73	73SSS3--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	0.5	0	0.3	1	0.3	0	0	0
74	74SSS4--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	0.5	0	0.3	-1	0.3	0	0	0
75	75SSS5--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	-0.5	1	1	0.3	1	0	0	0
76	76SSS6--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	-0.5	1	1	-0.3	1	0	0	0
77	77SSS7--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	-0.5	1	0.3	1	0.3	0	0	0
78	78SSS8--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	-0.5	1	0.3	-1	0.3	0	0	0
79	79SSS9S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	0.5	0	1	0.3	1	0.2	0	0.2
80	80SSS10S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	0.5	0	1	-0.3	1	0.2	0	0.2
81	81SSS11S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	0.5	0	0.3	1	0.3	0.2	0	0.2
82	82SSS12S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	0.5	0	0.3	-1	0.3	0.2	0	0.2
83	83SSS13S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	0.5	1	1	0.3	1	0.2	0	0.2
84	84SSS14S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	-0.5	1	1	-0.3	1	0.2	0	0.2
85	85SSS15S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	-0.5	1	0.3	1	0.3	0.2	0	0.2
86	86SSS16S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	-0.5	1	0.3	-1	0.3	0.2	0	0.2
87	87R3-11M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	0.6	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0
88	88R3-11T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	0.6	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0
89	89R3-12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	0.6	0	0	0	0	0	0	0
90	90R3-12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	0.6	0	0	0	0	0	0	0
91	91R3-13M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	1	0	0.8	0.6	0	0	0	0	0	0	0
92	92R3-13T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	1	0	0.8	0.6	0	0	0	0	0	0	0
93	93R3-14S	1	1	0	0	0.8	0.6	0.6	0	0	0.6	0	0	0	0.8	0	0	0
94	94R3-15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.6	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
95	95R3-16S	1	1	0	0	0.8	0.6	1	0	0	0.6	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8
96	96R3-21M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	0.6	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
97	97R3-21T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	0.6	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
98	98R3-22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
99	99R3-22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
100	100R3-23M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	1	0	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
101	101R3-23T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	1	0	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
102	102R3-24S	1	1	0	0	0.8	0.6	0.6	0	0	-0.6	1	0	0	0	0.8	0	0
103	103R3-25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
104	104R3-26S	1	1	0	0	0.8	0.6	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0.8	0	0.8
105	105RIT11M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	0.6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
106	106RIT11T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	0.6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
107	107RIT12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	1	0	0	0	0	0	0	0
108	108RIT12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	1	0	0	0	0	0	0	0
109	109RIT13M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	1	0	0.8	1	0	0	0	0	0	0	0
110	110RIT13T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	1	0	0.8	1	0	0	0	0	0	0	0
111	111RIT14S	1	1	0	0	0.8	0.6	0.6	0	0	1	0	0	0	0	0.8	0	0
112	112RIT15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8
113	113RIT16S	1	1	0	0	0.8	0.6	1	0	0	1	0	0	0	0	0.8	0	0.8
114	114RIT21M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	0.6	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
115	115RIT21T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	0.6	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
116	116RIT22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
117	117RIT22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
118	118RIT23M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
119	119RIT23T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
120	120RIT24S	1	1	0	0	0.8	0.6	0.6	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0
121	121RIT25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
122	122RIT26S	1	1	0	0	0.8	0.6	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0.8

dove:

- PERM** : carichi permanenti
- PERM-G2** : carichi permanenti non strutturali
- ACC-M71** : carichi da traffico concentrato LM71 (disposizione per massimizzare il momento)
- ACC-T71** : carichi da traffico concentrato LM71(disposizione per massimizzare il taglio)
- ACC-SW** : carichi da traffico concentrato SW/2
- AVV** : avviamento
- SPTSx** : spinta del terreno sulla parete sx

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA					
	<b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A	FOGLIO 33 di 49

- SPTD<sub>x</sub>** : spinta del terreno sulla parete dx  
**SPQS<sub>x71</sub>** : spinta del carico accidentale LM71 sulla parete sx  
**SPQD<sub>x71</sub>** : spinta del carico accidentale LM71 sulla parete dx  
**TERM** : termica  
**RITIRO** : ritiro  
**SISMAH** : azione sismica  
**SISDX** : incremento sismico della spinta del terreno  
**SPQS<sub>xSW</sub>** : spinta del carico accidentale SW/2 sulla parete sx  
**SPQD<sub>xSW</sub>** : spinta del carico accidentale SW/2 sulla parete dx

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

#### 9.4 Sollecitazioni

Nella successiva figura vengono rappresentate le sezioni dimensionate e verificate dello scatolare.

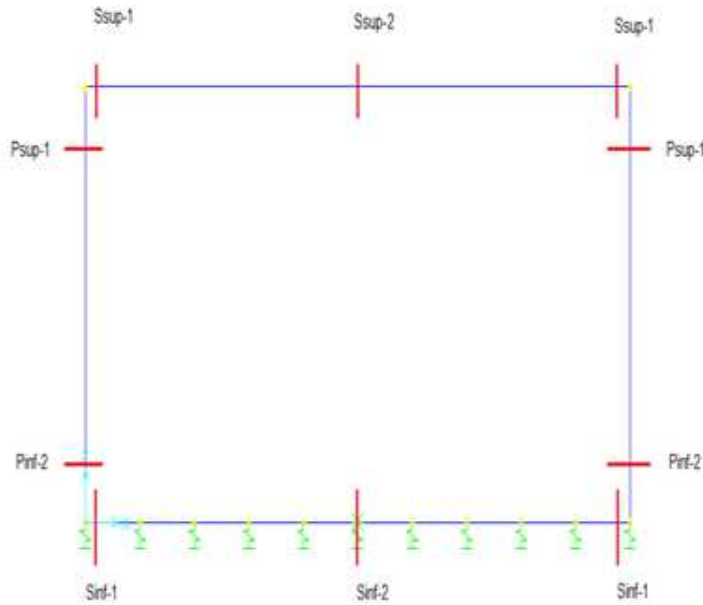


Figura 9.1 - Sezioni di verifica

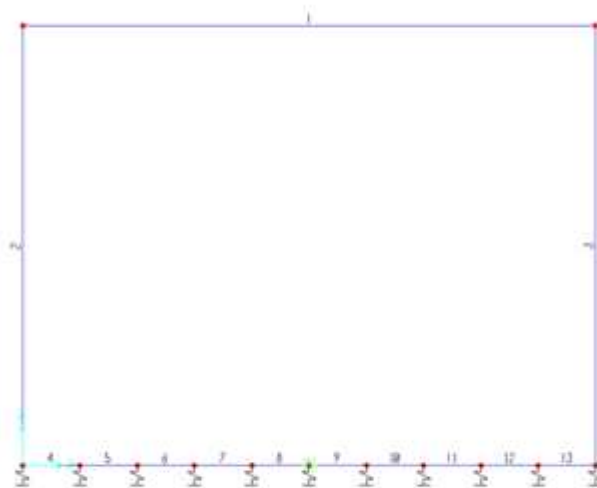


Figura 9.2 - Nomenclatura frame

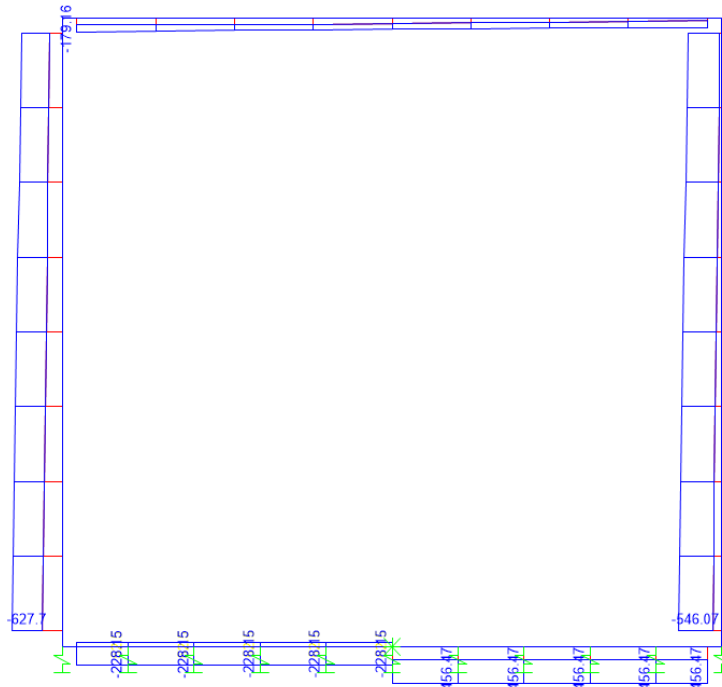


Figura 9.3 - Sforzo Normale – Involuppo SLU

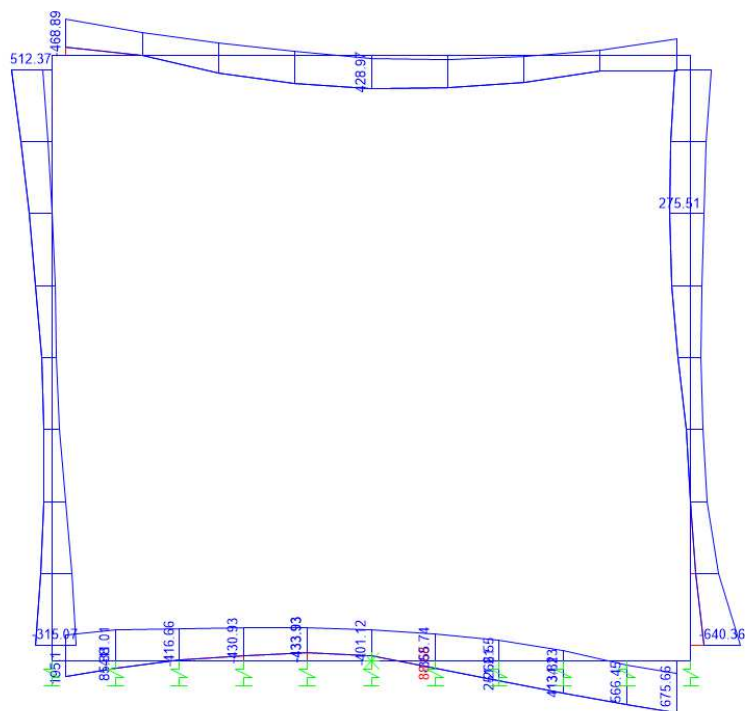


Figura 9.4 - Momento flettente – Involuppo SLU

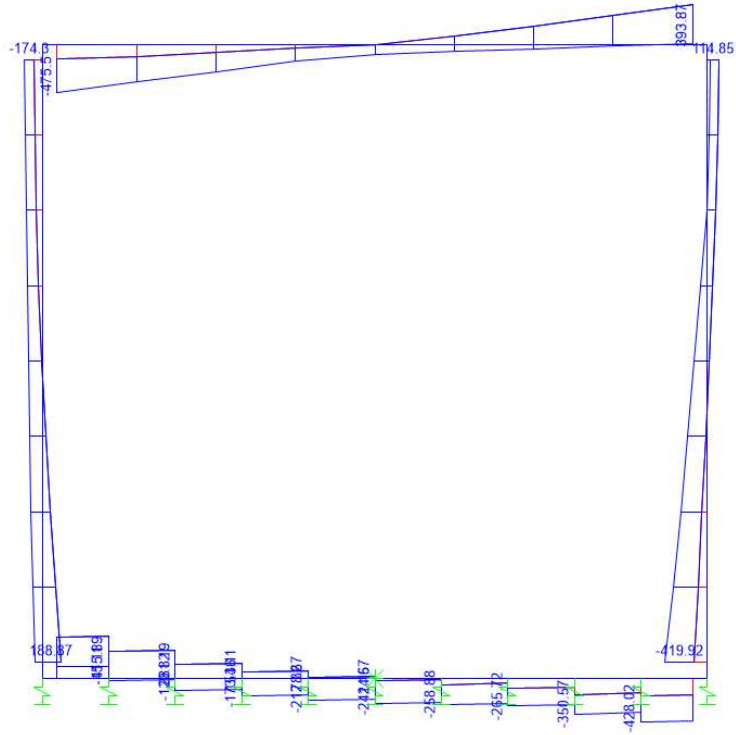



Figura 9.5 - Taglio – Involuppo SLU

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

## 9.5 Verifiche strutturali

Si riepilogano, per comodità, le armature rilevate.

Sezione	Spessore	Armatura longitudinale/verticale			Staffa/orizzontale		
		Diametro	Copriferro	Spaziatura	Diametro	Copriferro	Spaziatura
<b>Piedritto lato Capannelle</b>	600	20	45	250	14	25	300
<b>Piedritto lato Ciampino</b>	600	20	60	250	14	45	300
Sezione	Spessore	Armatura longitudinale			Armatura trasversale		
		Diametro	Copriferro	Spaziatura	Diametro	Copriferro	Spaziatura
<b>Soletta superiore</b>	600	14	45	250	24	55	250
<b>Soletta fondazione</b>	640	14	55	300	20	40	250

### 9.5.1 Verifica piedritti

- Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

Acciaio	
Tipo	ESISTENTE
Tensione car. di snervamento	$f_{ym} = 443.5$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 321$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 210000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00153$

Calcestruzzo	
Tipo	ESISTENTE
$R_{cm}$	29 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	24.07 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{ctd}$	13.4 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	13.4 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	45	mm
staffe	0	mm
armat. sec	14	mm
FC	1.2	

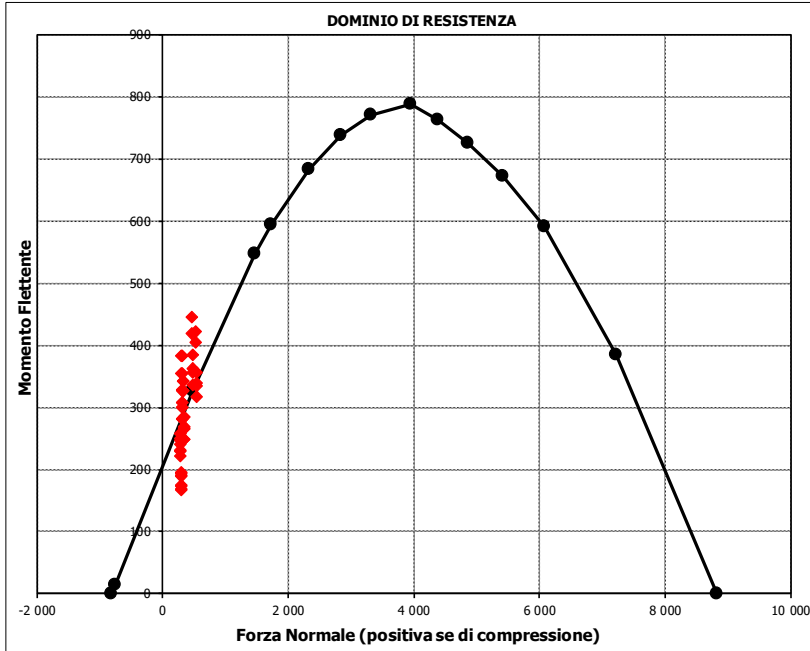
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 60$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 6.9$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 53.1$ cm

Armatura tesa		
N° ferri	Diametro	Area
4	20	12.57 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
<b>12.57 cm<sup>2</sup></b>		

Armatura compressa		
N° ferri	Diametro	Area
4	20	12.57 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
<b>12.57 cm<sup>2</sup></b>		

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Nmax)	Fr_3St_09s	546 317
(Nmin)	Fr_3St_72s	116 617
(Mmax)	Fr_3St_83s	153 640
(Mmin)	Fr_3St_33s	294 167

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	344	249	53S3-11M	321	320
02S1-11T	346	249	54S3-11T	324	320
03S1-12M	344	268	55S3-12M	321	339
04S1-12T	346	268	56S3-12T	324	339
05S1-13M	332	326	57S3-13M	309	397
06S1-13T	334	326	58S3-13T	312	397
07S1-14-	294	173	59S3-14S	523	388
08S1-15-	282	231	60S3-15S	523	410
09S1-16S	546	317	61S3-16S	510	476
10S1-17S	546	339	62S3-21M	321	336
11S1-18S	532	405	63S3-21T	324	336
12S1-19S	294	175	64S3-22M	321	355
13S1-20S	280	241	65S3-22T	324	355
14S1-21M	344	265	66S3-23M	310	411
15S1-21T	346	265	67S3-23T	312	411
16S1-22M	344	285	68S3-24S	523	405
17S1-22T	346	285	69S3-25S	523	425
18S1-23M	332	343	70S3-26S	511	487
19S1-23T	334	343	71SSS1--	125	620
20S1-24-	294	189	72SSS2--	116	617
21S1-25-	282	247	73SSS3--	197	319
22S1-26S	546	334	74SSS4--	168	309
23S1-27S	546	356	75SSS5--	125	629
24S1-28S	532	422	76SSS6--	116	627
25S1-29S	294	191	77SSS7--	197	328
26S1-30S	280	257	78SSS8--	168	318
27S1T11M	316	281	79SSS9S	153	631
28S1T11T	318	281	80SSS10S	144	628
29S1T12M	316	300	81SSS11S	225	330
30S1T12T	318	300	82SSS12S	196	320
31S1T13M	304	355	83SSS13S	153	640
32S1T13T	306	355	84SSS14S	144	637
33S1T14-	294	167	85SSS15S	225	339
34S1T15-	283	222	86SSS16S	196	329
35S1T16S	478	336			
36S1T17S	478	356			
37S1T18S	465	418			
38S1T19S	294	168			
39S1T20S	281	230			
40S1T21M	316	308			
41S1T21T	318	308			
42S1T22M	316	327			
43S1T22T	318	327			
44S1T23M	304	383			
45S1T23T	306	383			
46S1T24-	294	194			
47S1T25-	283	250			
48S1T26S	478	363			
49S1T27S	478	384			
50S1T28S	465	446			
51S1T29S	294	196			
52S1T30S	281	258			



• Verifica a pressoflessione sommità (Pied-Sommità)

Acciaio	
Tipo	ESISTENTE
Tensione car. di snervamento	$f_{ym} = 443.5$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 321$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 210000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00153$

Calcestruzzo	
Tipo	ESISTENTE
$R_{cm}$	29 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	24.07 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	13.4 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	13.4 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	45	mm
staffe	0	mm
armat. sec.	14	mm

FC	1.2
----	-----

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 60$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 6.9$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 53.1$ cm

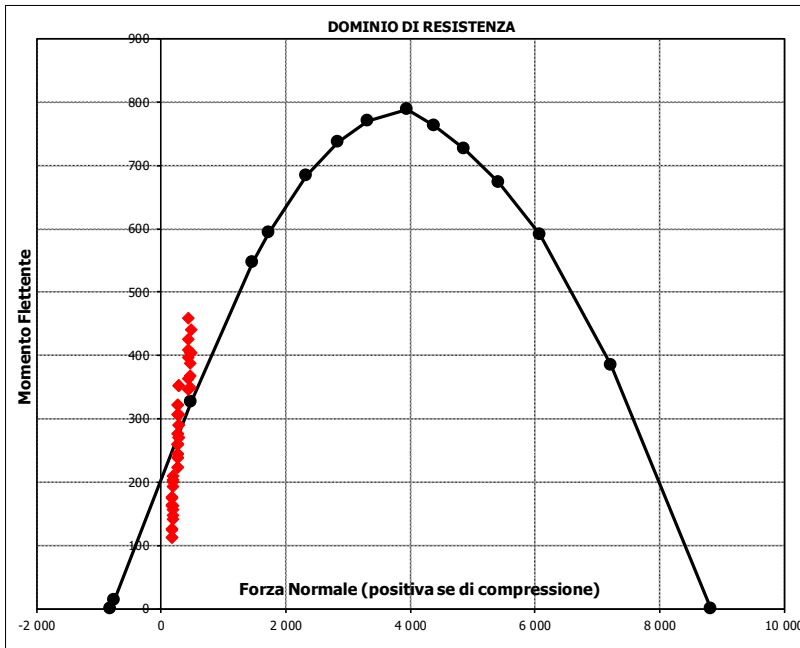
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
4	20	12.57	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>12.57 cm<sup>2</sup></b>			

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
4	20	12.57	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>12.57 cm<sup>2</sup></b>			


Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_2St_61S	507	512
(Nmin)	Fr_2St_74S	154	231
(Mmax)	Fr_2St_61S	507	512
(Mmin)	Fr_2St_46S	174	112

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	268	260	53S3-11M	291	332
02S1-11T	265	260	54S3-11T	288	332
03S1-12M	268	276	55S3-12M	291	347
04S1-12T	265	276	56S3-12T	288	347
05S1-13M	280	307	57S3-13M	303	379
06S1-13T	277	307	58S3-13T	300	378
07S1-14-	174	162	59S3-14S	493	459
08S1-15-	185	194	60S3-15S	493	476
09S1-16S	471	387	61S3-16S	507	512
10S1-17S	471	405	62S3-21M	291	294
11S1-18S	484	441	63S3-21T	288	294
12S1-19S	174	164	64S3-22M	291	309
13S1-20S	187	201	65S3-22T	288	309
14S1-21M	268	223	66S3-23M	302	339
15S1-21T	265	223	67S3-23T	299	339
16S1-22M	268	239	68S3-24S	493	421
17S1-22T	265	239	69S3-25S	493	438
18S1-23M	280	270	70S3-26S	506	472
19S1-23T	277	270	71SSS1--	235	463
20S1-24-	174	125	72SSS2--	226	458
21S1-25-	185	156	73SSS3--	183	249
22S1-26S	471	350	74SSS4--	154	231
23S1-27S	471	367	75SSS5--	235	442
24S1-28S	484	404	76SSS6--	226	437
25S1-29S	174	127	77SSS7--	183	228
26S1-30S	187	163	78SSS8--	154	210
27S1T11M	267	307	79SSS9S	263	481
28S1T11T	265	307	80SSS10S	254	476
29S1T12M	267	322	81SSS11S	211	267
30S1T12T	265	322	82SSS12S	182	250
31S1T13M	279	352	83SSS13S	263	461
32S1T13T	276	352	84SSS14S	254	455
33S1T14-	174	174	85SSS15S	211	246
34S1T15-	185	204	86SSS16S	182	229
35S1T16S	429	409			
36S1T17S	429	425			
37S1T18S	442	459			
38S1T19S	174	176			
39S1T20S	186	210			
40S1T21M	267	245			
41S1T21T	265	245			
42S1T22M	267	260			
43S1T22T	265	260			
44S1T23M	279	290			
45S1T23T	276	290			
46S1T24-	174	112			
47S1T25-	185	142			
48S1T26S	429	346			
49S1T27S	429	363			
50S1T28S	442	397			
51S1T29S	174	113			
52S1T30S	186	147			





 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se  $V_{Ed} < VRd1$  la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se  $V_{Ed} < VRd2$  la verifica è soddisfatta.

Calcestruzzo		Sollecitazioni		Piedritto	
Tipo	ESISTENTE	$V_{Ed}$	kN		<b>420</b>
$R_{cm}$	29 N/mm <sup>2</sup>	$N_{Ed}$	kN		<b>0</b>
$f_{cm}$	24.1 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura a taglio</b>			
$\gamma_c$	1.5	Diametro	mm		<b>0</b>
$\alpha_{cc}$	1	Numero barre			<b>0</b>
$f_{cd}$	16.0 N/mm <sup>2</sup>	$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>		0.00
<b>Acciaio</b>		Passo s	cm		<b>40</b>
$f_{tk}$	ESISTENTE N/mm <sup>2</sup>	Angolo $\alpha$	°		<b>90</b>
$f_{ym}$	443.5 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura longitudinale</b>			
$\gamma_s$	1.15	$n_1$			4
$f_{yd}$	321 N/mm <sup>2</sup>	$\varnothing_1$	mm		20
<b>FC</b>		$n_2$			-
	1.2	$\varnothing_2$	mm		-
		Asl	cm <sup>2</sup>		12.57
<b>Sezione</b>					
		$b_w$	cm		100
		H	cm		60
		c	cm		6.9
		d	cm		53.1
		k	N/mm <sup>2</sup>		1.61
		$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>		0.35
		$\rho$			0.0024
		$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>		0.00
		$\alpha_c$			1.00
<b>Resistenza senza armatura a taglio</b>					
		$V_{Rd}$	kN		<b>187</b>

### 9.5.2 Verifica soletta superiore

- Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

Acciaio	
Tipo	ESISTENTE
Tensione car. di snervamento	$f_{ym} = 443.5$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 321$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 210000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00153$

Calcestruzzo	
Tipo	ESISTENTE
$R_{cm}$	29 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	24.07 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	13.4 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	13.4 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	45	mm
staffe	0	mm
armat. sec.	14	mm

FC 1.2

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 60$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copri ferro	$d' = 7.1$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 52.9$ cm

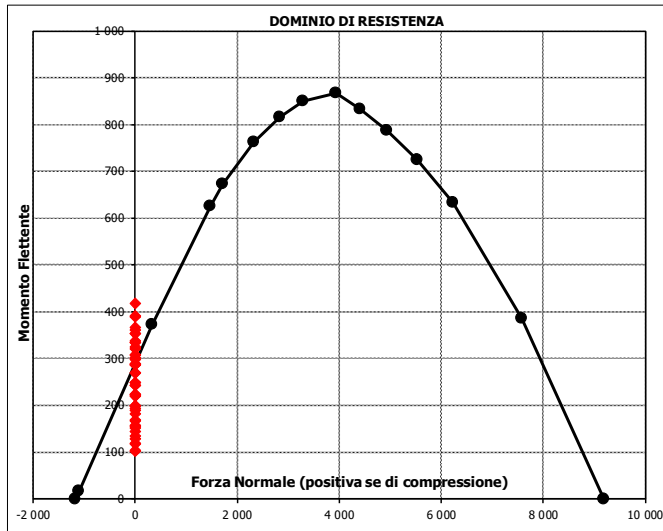
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
4	24	18.10	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>18.10</b> cm <sup>2</sup>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
4	24	18.10	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>18.10</b> cm <sup>2</sup>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_1St_01s	0	239
(Nmin)	Fr_1St_01s	0	239
(Mmax)	Fr_1St_79s	0	469
(Mmin)	Fr_1St_46s	0	103

#### Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	239	53S3-11M	0	310
02S1-11T	0	239	54S3-11T	0	310
03S1-12M	0	259	55S3-12M	0	331
04S1-12T	0	259	56S3-12T	0	331
05S1-13M	0	286	57S3-13M	0	358
06S1-13T	0	287	58S3-13T	0	358
07S1-14-	0	155	59S3-14S	0	408
08S1-15-	0	182	60S3-15S	0	431
09S1-16S	0	337	61S3-16S	0	463
10S1-17S	0	360	62S3-21M	0	271
11S1-18S	0	392	63S3-21T	0	271
12S1-19S	0	158	64S3-22M	0	291
13S1-20S	0	189	65S3-22T	0	291
14S1-21M	0	200	66S3-23M	0	317
15S1-21T	0	200	67S3-23T	0	317
16S1-22M	0	221	68S3-24S	0	370
17S1-22T	0	221	69S3-25S	0	391
18S1-23M	0	248	70S3-26S	0	421
19S1-23T	0	248	71SSS1--	0	454
20S1-24-	0	116	72SSS2--	0	450
21S1-25-	0	144	73SSS3--	0	237
22S1-26S	0	298	74SSS4--	0	223
23S1-27S	0	321	75SSS5--	0	433
24S1-28S	0	353	76SSS6--	0	429
25S1-29S	0	119	77SSS7--	0	215
26S1-30S	0	151	78SSS8--	0	202
27S1T11M	0	288	79SSS9S	0	469
28S1T11T	0	288	80SSS10S	0	465
29S1T12M	0	308	81SSS11S	0	252
30S1T12T	0	308	82SSS12S	0	238
31S1T13M	0	334	83SSS13S	0	447
32S1T13T	0	334	84SSS14S	0	443
33S1T14-	0	168	85SSS15S	0	230
34S1T15-	0	193	86SSS16S	0	216
35S1T16S	0	367			
36S1T17S	0	389			
37S1T18S	0	418			
38S1T19S	0	170			
39S1T20S	0	199			
40S1T21M	0	223			
41S1T21T	0	223			
42S1T22M	0	243			
43S1T22T	0	243			
44S1T23M	0	269			
45S1T23T	0	269			
46S1T24-	0	103			
47S1T25-	0	129			
48S1T26S	0	302			
49S1T27S	0	324			
50S1T28S	0	353			
51S1T29S	0	105			
52S1T30S	0	134			



• Verifica a pressoflessione campata (Solsup-Camp)

Acciaio		ESISTENTE	
Tipo			
Tensione car. di snervamento	$f_{ym} = 443.5$	N/mm <sup>2</sup>	
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$		
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 321$	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico	$E_s = 210000$	N/mm <sup>2</sup>	
	$\epsilon_{vd} = 0.00153$		

Calcestruzzo		ESISTENTE	
Tipo			
R <sub>cm</sub>	29	N/mm <sup>2</sup>	
f <sub>cm</sub>	24.07	N/mm <sup>2</sup>	
γ <sub>c</sub>	1.5		
f <sub>cd</sub>	13.4	N/mm <sup>2</sup>	
f <sub>cc</sub>	13.4	N/mm <sup>2</sup>	

copriferro	45	mm
staffe	0	mm
armat. sec.	14	mm
FC	1.2	

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione h	60 cm
Base della sezione b	100 cm
Copriferro d'	7.1 cm
Altezza utile della sezione d	52.9 cm

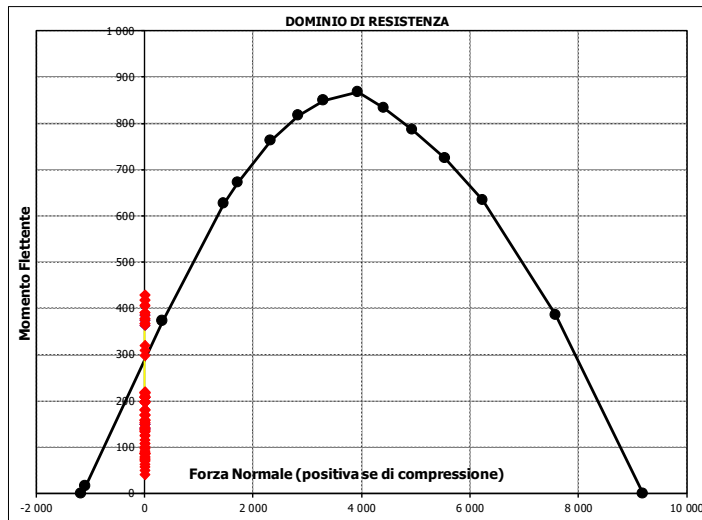
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
4	24	18.10	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>18.10</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>


Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
4	24	18.10	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>18.10</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax) Fr_1St_01S1-11M_3.3	0	180	
(Nmin) Fr_1St_01S1-11M_3.3	0	180	
(Mmax) Fr_1St_22S1-26S_3.3	0	429	
(Mmin) Fr_1St_72SS2--_3.3	0	41	

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	180	53S3-11M	0	180
02S1-11T	0	180	54S3-11T	0	180
03S1-12M	0	159	55S3-12M	0	159
04S1-12T	0	159	56S3-12T	0	159
05S1-13M	0	170	57S3-13M	0	170
06S1-13T	0	170	58S3-13T	0	170
07S1-14-	0	88	59S3-14S	0	390
08S1-15-	0	98	60S3-15S	0	367
09S1-16S	0	390	61S3-16S	0	379
10S1-17S	0	367	62S3-21M	0	219
11S1-18S	0	379	63S3-21T	0	219
12S1-19S	0	86	64S3-22M	0	199
13S1-20S	0	97	65S3-22T	0	199
14S1-21M	0	219	66S3-23M	0	209
15S1-21T	0	219	67S3-23T	0	209
16S1-22M	0	198	68S3-24S	0	429
17S1-22T	0	198	69S3-25S	0	407
18S1-23M	0	208	70S3-26S	0	418
19S1-23T	0	208	71SS1--	0	50
20S1-24-	0	127	72SS2--	0	41
21S1-25-	0	137	73SS3--	0	87
22S1-26S	0	429	74SS4--	0	57
23S1-27S	0	406	75SS5--	0	71
24S1-28S	0	417	76SS6--	0	62
25S1-29S	0	125	77SS7--	0	108
26S1-30S	0	136	78SS8--	0	79
27S1T11M	0	153	79SS9S	0	78
28S1T11T	0	153	80SS10S	0	70
29S1T12M	0	133	81SS11S	0	115
30S1T12T	0	133	82SS12S	0	86
31S1T13M	0	143	83SS13S	0	100
32S1T13T	0	143	84SS14S	0	91
33S1T14-	0	76	85SS15S	0	137
34S1T15-	0	86	86SS16S	0	108
35S1T16S	0	321			
36S1T17S	0	299			
37S1T18S	0	310			
38S1T19S	0	74			
39S1T20S	0	85			
40S1T21M	0	217			
41S1T21T	0	218			
42S1T22M	0	197			
43S1T22T	0	197			
44S1T23M	0	207			
45S1T23T	0	208			
46S1T24-	0	140			
47S1T25-	0	150			
48S1T26S	0	386			
49S1T27S	0	364			
50S1T28S	0	375			
51S1T29S	0	139			
52S1T30S	0	150			



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se  $V_{Ed} < VRd1$  la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se  $V_{Ed} < VRd2$  la verifica è soddisfatta.

#### Calcestruzzo

Tipo	ESISTENTE	
$R_{cm}$	29	N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	24.1	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	1	
$f_{cd}$	16.0	N/mm <sup>2</sup>

#### Acciaio

$f_{tk}$	ESISTENTE	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ym}$	443.5	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	321	N/mm <sup>2</sup>

FC	1.2
----	-----

#### Sollecitazioni

$V_{Ed}$	kN	476
$N_{Ed}$	kN	0

#### Soletta sup

#### Armatura a taglio

Diametro	mm	12
Numero barre		0
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	0.00
Passo s	cm	40
Angolo $\alpha$	°	90

#### Armatura longitudinale

$n_1$		4
$\varnothing_1$	mm	24
$n_2$		-
$\varnothing_2$	mm	-
Asl	cm <sup>2</sup>	18.10

#### Sezione

$b_w$	cm	100
H	cm	60
c	cm	7.1
d	cm	52.9
k	N/mm <sup>2</sup>	1.61
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.35
$\rho$		0.0034
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

#### Resistenza senza armatura a taglio

$V_{Rd}$	kN	207
----------	----	-----

### 9.5.3 Verifica soletta inferiore

- Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

Acciaio	
Tipo	ESISTENTE
Tensione car. di snervamento	$f_{ym} = 443.5$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 321$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 210000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00153$

Calcestruzzo	
Tipo	ESISTENTE
$R_{cm}$	29 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	24.07 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	13.4 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	13.4 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	40	mm
staffe	0	mm
armat. sec	0	mm

FC 1.2

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 64$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 5$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 59$ cm

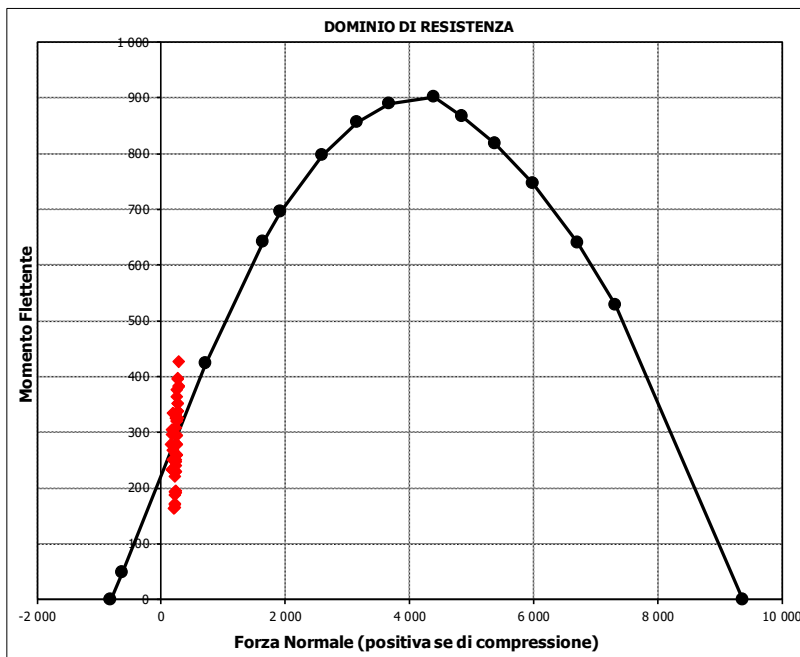
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
4	20	12.57	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>12.57</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
4	20	12.57	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>12.57</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_13St_76	456	666
(Nmin)	Fr_13St_09	164	278
(Mmax)	Fr_13St_83	456	676
(Mmin)	Fr_13St_33	209	163

#### Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd		
01S1-11M	173	233	53S3-11M	197 307
02S1-11T	173	233	54S3-11T	197 307
03S1-12M	234	261	55S3-12M	258 335
04S1-12T	234	261	56S3-12T	258 335
05S1-13M	252	320	57S3-13M	276 395
06S1-13T	252	320	58S3-13T	276 395
07S1-14-	213	170	59S3-14S	187 352
08S1-15-	231	229	60S3-15S	253 383
09S1-16S	164	278	61S3-16S	274 451
10S1-17S	230	309	62S3-21M	206 325
11S1-18S	250	377	63S3-21T	206 325
12S1-19S	219	173	64S3-22M	266 352
13S1-20S	239	241	65S3-22T	266 352
14S1-21M	182	251	66S3-23M	282 409
15S1-21T	182	251	67S3-23T	282 409
16S1-22M	243	279	68S3-24S	196 370
17S1-22T	243	279	69S3-25S	260 399
18S1-23M	261	338	70S3-26S	279 464
19S1-23T	261	338	71SSS1--	451 658
20S1-24-	222	188	72SSS2--	451 656
21S1-25-	240	247	73SSS3--	254 328
22S1-26S	173	296	74SSS4--	256 321
23S1-27S	239	327	75SSS5--	456 668
24S1-28S	259	395	76SSS6--	456 666
25S1-29S	228	190	77SSS7--	259 338
26S1-30S	248	259	78SSS8--	261 331
27S1T11M	185	268	79SSS9S	451 666
28S1T11T	185	268	80SSS10S	451 664
29S1T12M	245	295	81SSS11S	254 335
30S1T12T	245	295	82SSS12S	255 329
31S1T13M	261	353	83SSS13S	456 676
32S1T13T	261	352	84SSS14S	456 674
33S1T14-	209	163	85SSS15S	259 345
34S1T15-	226	220	86SSS16S	260 339
35S1T16S	177	304		
36S1T17S	241	333		
37S1T18S	260	398		
38S1T19S	213	165		
39S1T20S	232	229		
40S1T21M	200	298		
41S1T21T	200	298		
42S1T22M	260	325		
43S1T22T	260	325		
44S1T23M	277	382		
45S1T23T	277	382		
46S1T24-	224	193		
47S1T25-	241	250		
48S1T26S	192	334		
49S1T27S	256	363		
50S1T28S	275	427		
51S1T29S	228	195		
52S1T30S	247	259		



• Verifica a pressoflessione campata (Solinf-Camp)

Acciaio	
Tipo	ESISTENTE
Tensione car. di snervamento	$f_{ym} = 443.5$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 321$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 210000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00153$

Calcestruzzo	
Tipo	ESISTENTE
Resistenza a compressione	$R_{cm} = 29$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione	$f_{ctm} = 24.07$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_c = 1.5$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = 13.4$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 13.4$ N/mm <sup>2</sup>

copriferro	40	mm
staffe	0	mm
armat. sec.	0	mm

FC = 1.2

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 64$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 5$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 59$ cm

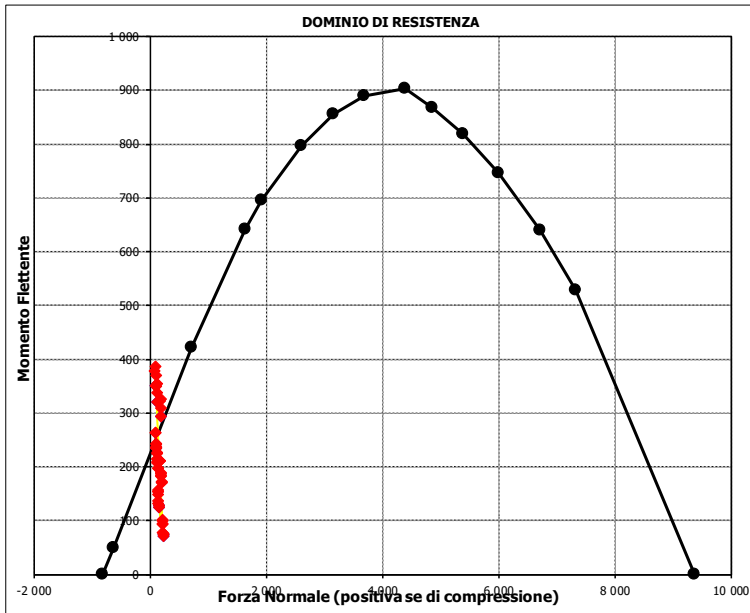
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
4	20	12.57	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>12.57</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>


Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
4	20	12.57	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>12.57</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_6St_51S	228	72
(Nmin)	Fr_6St_79S	-53	348
(Mmax)	Fr_6St_61S	72	431
(Mmin)	Fr_6St_51S	228	72

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01SI-11M	126	215	53S3-11M	102	259
02SI-11T	126	214	54S3-11T	102	258
03SI-12M	187	189	55S3-12M	163	233
04SI-12T	187	188	56S3-12T	163	232
05SI-13M	108	243	57S3-13M	84	287
06SI-13T	108	242	58S3-13T	84	286
07SI-14-	213	95	59S3-14S	92	399
08SI-15-	135	149	60S3-15S	158	370
09SI-16S	116	355	61S3-16S	72	431
10SI-17S	182	326	62S3-21M	111	242
11SI-18S	96	387	63S3-21T	111	241
12SI-19S	219	93	64S3-22M	170	217
13SI-20S	132	153	65S3-22T	170	216
14SI-21M	135	198	66S3-23M	94	269
15SI-21T	135	197	67S3-23T	94	268
16SI-22M	196	172	68S3-24S	101	382
17SI-22T	196	171	69S3-25S	165	355
18SI-23M	117	226	70S3-26S	82	412
19SI-23T	117	225	71SSS1--	-51	328
20SI-24-	222	78	72SSS2--	-50	322
21SI-25-	144	132	73SSS3--	37	195
22SI-26S	125	338	74SSS4--	38	175
23SI-27S	191	309	75SSS5--	-46	318
24SI-28S	105	370	76SSS6--	-45	313
25SI-29S	228	76	77SSS7--	42	185
26SI-30S	141	136	78SSS8--	43	166
27SIT11M	109	237	79SSS9S	-53	348
28SIT11T	109	237	80SSS10S	-52	342
29SIT12M	168	212	81SSS11S	35	214
30SIT12T	168	211	82SSS12S	37	195
31SIT13M	92	264	83SSS13S	-47	338
32SIT13T	92	263	84SSS14S	-47	332
33SIT14-	209	102	85SSS15S	40	205
34SIT15-	133	154	86SSS16S	42	185
35SIT16S	101	349			
36SIT17S	165	322			
37SIT18S	82	379			
38SIT19S	213	100			
39SIT20S	131	157			
40SIT21M	124	209			
41SIT21T	124	208			
42SIT22M	184	184			
43SIT22T	184	183			
44SIT23M	107	236			
45SIT23T	107	235			
46SIT24-	224	74			
47SIT25-	148	125			
48SIT26S	116	321			
49SIT27S	180	294			
50SIT28S	97	351			
51SIT29S	228	72			
52SIT30S	146	129			




 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd1}$  la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd2}$  la verifica è soddisfatta.

Izzo		Sollecitazioni		Soletta inf	
ESISTENTE		$V_{Ed}$	kN		<b>428</b>
29	N/mm <sup>2</sup>	$N_{Ed}$	kN		<b>0</b>
24.1	N/mm <sup>2</sup>				
1.5					
1					
16.0	N/mm <sup>2</sup>				
<b>Armatura a taglio</b>					
		Diametro	mm		12
		Numero barre			0
		$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>		0.00
		Passo s	cm		40
		Angolo $\alpha$	°		90
<b>Armatura longitudinale</b>					
		$n_1$			4
		$\varnothing_1$	mm		20
		$n_2$			-
		$\varnothing_2$	mm		-
		Asl	cm <sup>2</sup>		12.57
<b>Sezione</b>					
		$b_w$	cm		100
		H	cm		64
		c	cm		5
		d	cm		59
		k	N/mm <sup>2</sup>		1.58
		$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>		0.34
		$\rho$			0.0021
		$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>		0.00
		$\alpha_c$			1.00
<b>Resistenza senza armatura a taglio</b>					
		$V_{Rd}$	kN		<b>202</b>

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

## 10. INTERVENTI DI RINFORZO

Dalle verifiche riportate al capitolo precedente è emerso che la struttura scatolare non è in grado di resistere alle azioni statiche e sismiche dovute al passaggio del traffico ferroviario nel rispetto degli stati limite imposti dalla NTC2018.

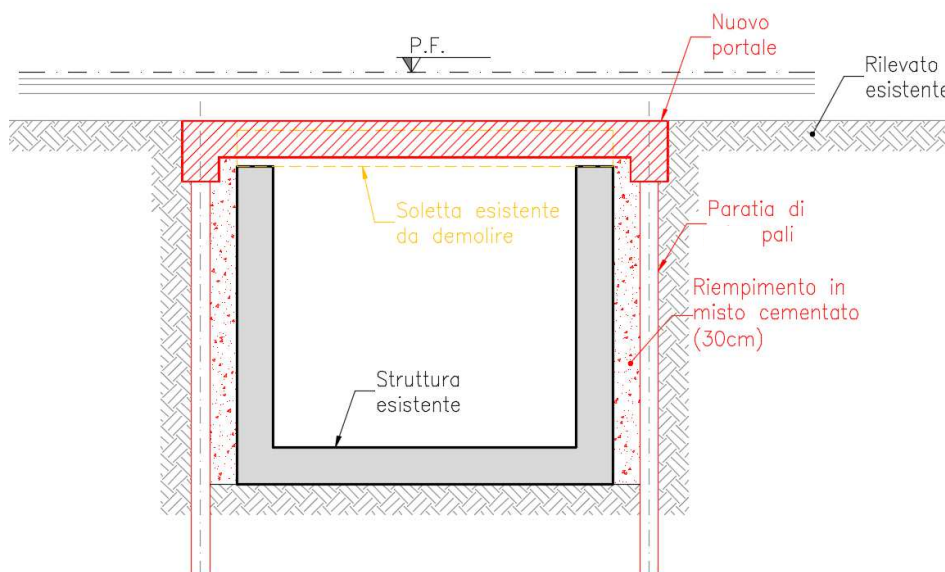
Nel seguito sarà brevemente descritto l'intervento proposto per garantire la sicurezza strutturale dell'attraversamento ferroviario in corrispondenza della progressiva in oggetto.

Si prevede la realizzazione di un portale ferroviario costituito da due paratie di pali collegate in testa da un solettone.


Più in dettaglio, in direzione trasversale all'asse ferroviario saranno realizzate due paratie di pali a tergo dei piedritti della struttura scatolare esistente. Tale paratie saranno dimensionate per resistere alle azioni sismiche e statiche dovute al passaggio dei convogli ferroviari. I due cordoli della paratia saranno collegati in testa da un solettone che sarà dimensionato per svolgere due funzioni principali: 1) fungere da impalcato per il sostegno del carico ferroviario direttamente gravante su esso; 2) rappresentare un puntone per le paratie in maniera tale da ridurre le sollecitazioni e gli spostamenti attesi sulle stesse.

Prima della realizzazione del solettone di collegamento delle paratie, sarà demolita la soletta superiore dello scatolare esistente ove interferente. Questa operazione potrà essere effettuata in tutta sicurezza poiché, dopo l'esecuzione delle paratie a tergo dei piedritti, lo scatolare esistente non avrà alcuna funzione statica.

Segue un'immagine rappresentativa dell'intervento appena descritto.





	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA <b>QUADRUPPLICAMENTO LINEA</b>					
	<b>IN02 – Tombino esistente</b> <b>Relazione di calcolo struttura esistente</b>	COMMESSA NR45	LOTTO 11R29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN0200002	REV. A

## 11. DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2)

### 11.1 Tipo di analisi svolte

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

### 11.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo

Titolo: SAP2000

Versione: 21.2.0

Produttore: CSI Computers and Structures, Inc.

### 11.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a valutazione che ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali.

Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.