

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI  
SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62  
Relazione di calcolo scatolare

SCALA:


-

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

I V 0 I 0 0 D 2 6 C L S L 0 7 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	K. Petrucci	Gen. 2022	M. Severi	Gen. 2022	G. Fadda	Gen. 2022	A. Perego Gen. 2022

File: IV0I00D26CLSL0700001A.docx

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	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 .....</b>	<b>6</b>
4.1 Calcestruzzo per magrone di sottofondazione.....	6
4.2 Calcestruzzo per strutture scatolari.....	6
4.3 Acciaio ordinario per calcestruzzo armato .....	7
<b>5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....</b>	<b>9</b>
5.1 Profondità della falda.....	9
<b>6. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>10</b>
6.1 Pesì propri.....	10
6.2 Permanenti non strutturali.....	10
6.3 Carichi mobili (traffico ferroviario).....	11
6.4 Azione di avviamento / frenatura .....	14
6.5 Azione di serpeggio .....	14
6.6 Azione del sisma.....	14
6.7 Ritiro del calcestruzzo .....	16
6.8 Variazione termica.....	16
6.9 Spinta statica del terreno.....	17
6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale .....	18
6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche .....	18
<b>7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....</b>	<b>19</b>
<b>8. VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>21</b>
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....	21
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	21
8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio.....	23

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

<b>9. VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>24</b>
<b>10. ANALISI STRUTTURALE .....</b>	<b>25</b>
10.1 Modellazione strutturale : Scatolare .....	25
10.2 Analisi dei carichi .....	27
10.3 Combinazioni .....	38
10.4 Sollecitazioni .....	42
10.5 Verifiche strutturali .....	46
10.5.1 Riepilogo armature .....	46
10.5.2 Verifica soletta superiore .....	47
10.5.3 Verifica piedritti .....	52
10.5.4 Verifica soletta inferiore .....	57
<b>11. INCIDENZA SCATOLARE .....</b>	<b>62</b>
<b>12. DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2) .....</b>	<b>63</b>
12.1 Tipo di analisi svolte .....	63
12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo .....	63
12.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati .....	63

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

## 1. PREMESSA

Nel presente documento, emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi al progetto definitivo del raddoppio della linea Genova – Ventimiglia nella tratta Finale Ligure – Andora, è riportato il calcolo strutturale del sottovia SL07 al km 82+578, in località Albenga.

L'ubicazione dell'opera lungo la tratta in questione è indicata in Figura 1.

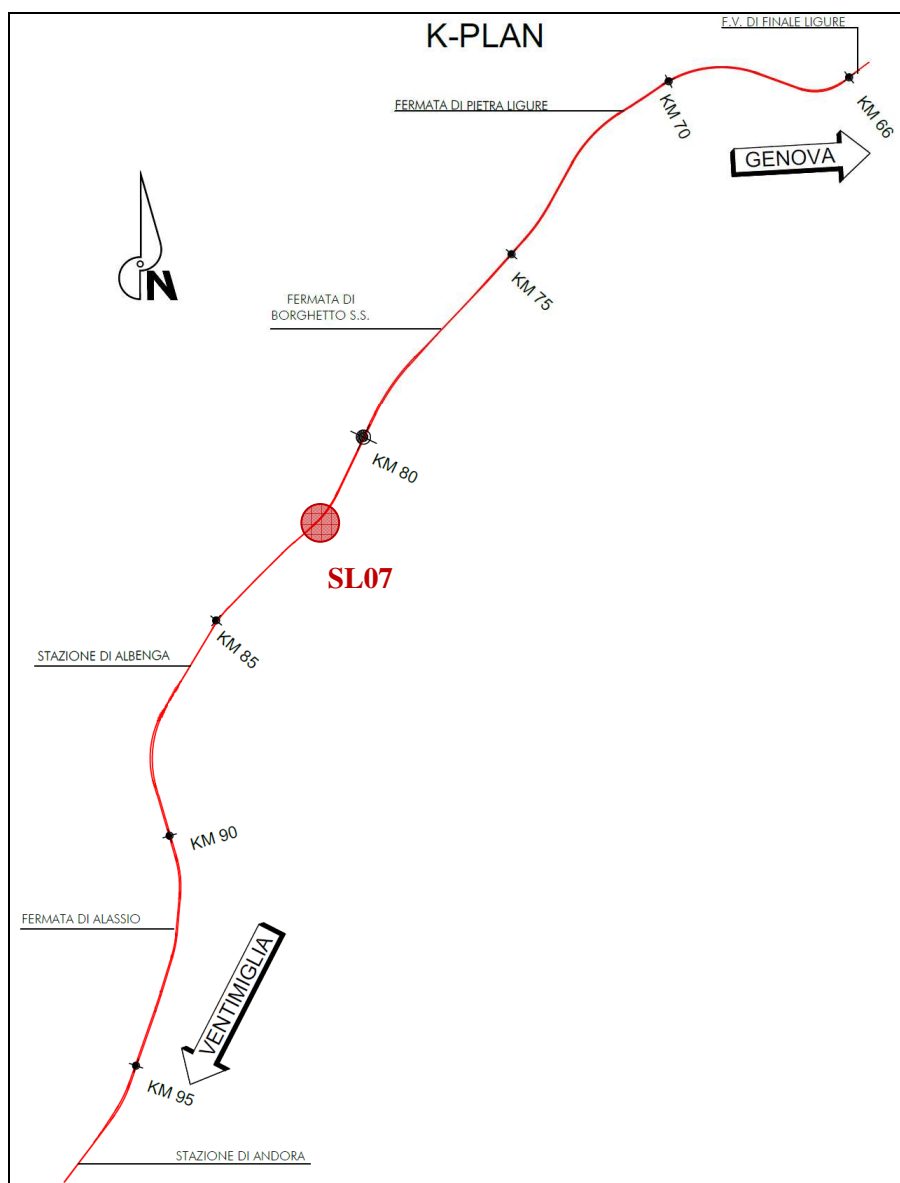


Figura 1: Raddoppio tratta Finale L. - Andora. Inquadramento dell'opera

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A


## 2. DESCRIZIONE

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

<b>Ricoprimento</b>				
Spessore ballast+armamento	Hb		0.80	m
Spessore medio traversina+binario	Ht		0.40	m
Spessore ballast sotto la traversina			0.40	m
Spessore del rinterro	Hr		0.36	m
<b>Geometria</b>				
Spessore soletta superiore	Ss		1.00	m
Spessore soletta di fondazione	Sf		1.00	m
Spessore piedritti	Sp		1.00	m
Altezza netta	Hint		6.20	m
Larghezza netta	Lint		9.30	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L		16.00	m

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

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

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	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;
- UNI EN 1992-1-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1. Regole generali e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1993-1-1 “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1. Regole generali e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1997-1 “Progettazione geotecnica – Parte 1. Regole generali”.
- UNI EN 1998-1: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1. Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1998-5: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 206-1:2014: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- “Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 E -- Manuale di progettazione delle Opere Civili RFI - Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 E – Capitolato generale tecnico delle Opere Civili RFI – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e acciaio

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	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A


## 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 Calcestruzzo per magrone di sottofondazione

MAGRONE - C12/15				
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza cubica a compressione	$R_{ck}$		N/mm <sup>2</sup>	15
Contenuto minimo cemento			kg/m <sup>3</sup>	150

### 4.2 Calcestruzzo per strutture scatolari

CALCESTRUZZO			
I calcestruzzi impiegati devono essere conformi alla UNI EN 206-1 ed alla UNI 11104 e rispondere alle seguenti prestazioni:			
Campo d'impiego			Scatolari
Classe di esposizione ambientale			XC4
Classe di resistenza calcestruzzo			C32/40
Classe di consistenza			S4
Rapporto acqua cemento massimo	a/c max	[-]	0.50
Tipo di cemento	CEM	[-]	III, IV, V
Contenuto minimo cemento		[kg/m <sup>3</sup> ]	340
Contenuto minimo di aria		[%]	-
Diametro massimo dell'aggregato	$D_{upper}$	[mm]	25
Copriferro nominale	$c_{nom}$	[mm]	50
Resistenza caratteristica cubica a 28gg	$R_{ck}$	[MPa]	40
Resistenza caratteristica cilindrica a 28gg	$f_{ck}$	[MPa]	33.2
Resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	[MPa]	41.2
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	[MPa]	3.1
Resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	$f_{ctk}$	[MPa]	2.2
Resistenza a trazione per flessione	$f_{cfm}$	[MPa]	3.7
Modulo elastico istantaneo (secante a 0.4 $f_{cm}$ )	$E_{cm}$	[MPa]	33643
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$	[°C <sup>-1</sup> ]	1.0E-05
Coeff. per condizioni di aderenza	$\eta_1$	[-]	1.0
Coeff. $\emptyset$ barre per aderenza	$\eta_2$	[-]	1.0
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	$f_{bk}$	[MPa]	4.9
Coeff. riduttivo resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	[-]	0.85
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_c$	[-]	1.50
Resistenza di progetto a compressione	$f_{cd}$	[MPa]	18.8
Resistenza di progetto a trazione	$f_{ctd}$	[MPa]	1.4
Resistenza tangenziale di aderenza di progetto	$f_{bd}$	[MPa]	3.3

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

### 4.3 Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili in barre ad aderenza migliorata e rispondente alle seguenti prescrizioni:

Tipo di acciaio			<b>B450C</b>
Tensione caratteristica di snervamento (min.)	$f_{yk}$	[MPa]	450
Tensione caratteristica a carico massimo (min.)	$f_{tk}$	[MPa]	540
Rapporto di sovreresistenza	$k=(f_t/f_y)_k$	[-]	1.20
Massa volumica media	$\rho_s$	[kg/m <sup>3</sup> ]	7850
Modulo elastico	$E_s$	[MPa]	200000
Deformazione caratteristica a carico massimo	$\epsilon_{uk}=(A_{gt})_k$	[%]	7.50
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$	[C <sup>-1</sup> ]	1.2E-05
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s$	[-]	1.15
Resistenza di progetto	$f_{yd}$	[MPa]	391.3
Deformazione di progetto allo snervamento	$\epsilon_{yd}$	[%]	0.2
Deformazione di progetto a carico massimo	$\epsilon_{ud}$	[%]	6.75

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>Co	Cmin≤C<Co	C>Co	Cmin≤C<Co	C>Co	Cmin≤C<Co	C>Co	Cmin≤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: XC4

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive



	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A	FOGLIO 8 di 64

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

- a)  $\delta_f \leq w_1$  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;
- b)  $\delta_f \leq w_2$  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.

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

## 5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Si prende a riferimento la relazione geotecnica generale, alla quale si rimanda per maggiori dettagli..

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

Descrizione	Prof top m slm	$\gamma$ kN/mc	$\varphi$ °	$c'$ kPa	cu kPa	E MPa	v
-							-
Terreno vegetale	+23.0	18	24	0	-	5-10	0.3
Limo sabbioso debolmente ghiaioso e sabbia limosa argillosa	+22.5	20	28-30	0-10	-	10-20	0.3
Sabbia con ghiaia debolmente limosa	+18	20	34-36	0	-	40-50	0.3


Nel caso in cui il terreno spingente a tergo dei piedritti fosse il rilevato ferroviario si utilizzano i seguenti parametri geotecnici per determinarne l'azione:

$$\varphi' = 38^\circ \text{ (angolo di attrito)}$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \text{ (peso specifico)}$$

### 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	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	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	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	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

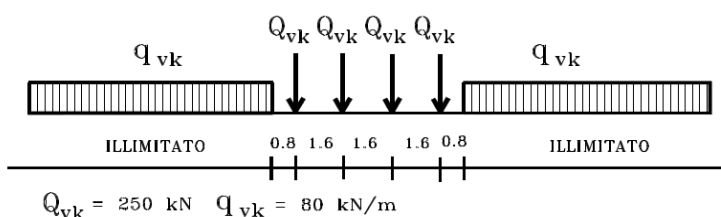
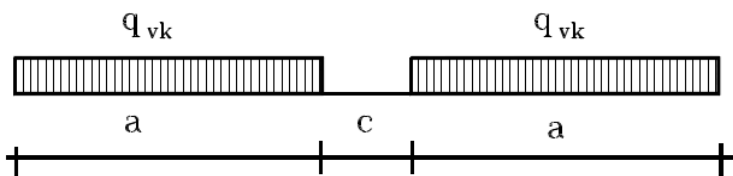


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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

### 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:

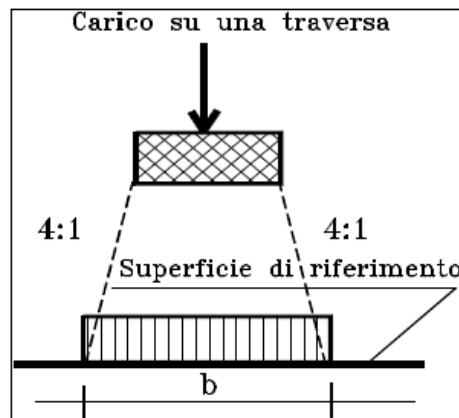
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

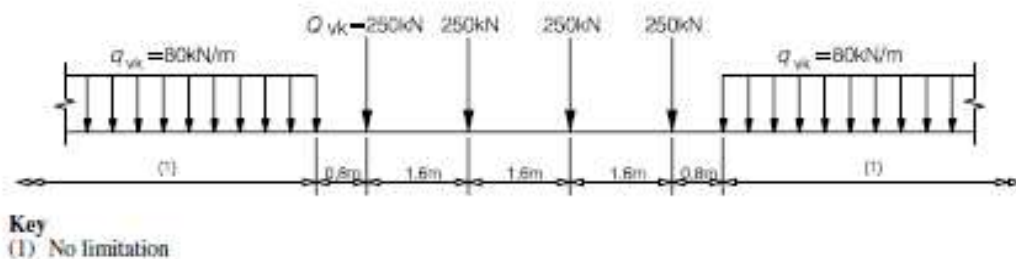
$L_\Phi$  rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

### 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.

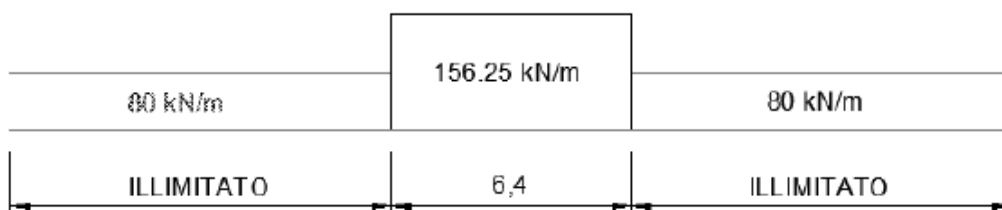


Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

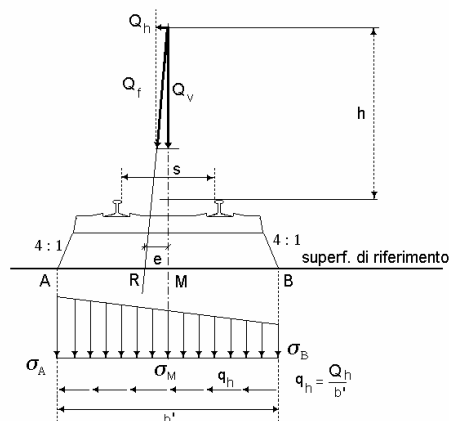
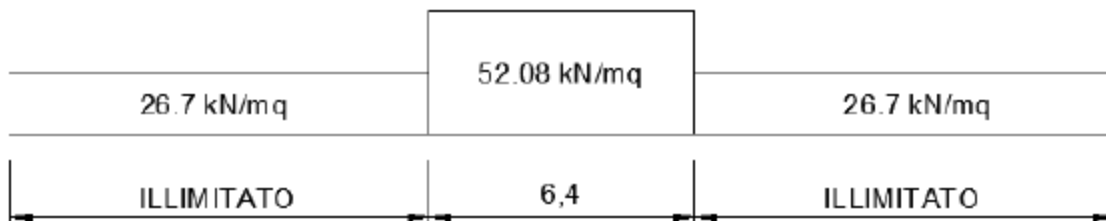
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

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:



La lunghezza di ripartizione trasversale verrà meglio esplicitata al §9.2.

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	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
- Frenatura  $Q_{1b,k} = 20 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$  per LM71
- $Q_{2b,k} = 35 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$  per SW/2

#### 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

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.

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:

LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche


Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

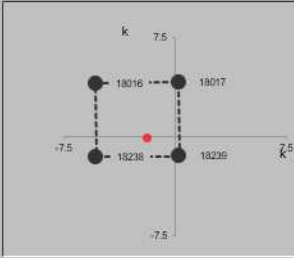


Controllo sul:

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

superficie

Nodi del reticolo intorno al sito



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".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

## 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

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 type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

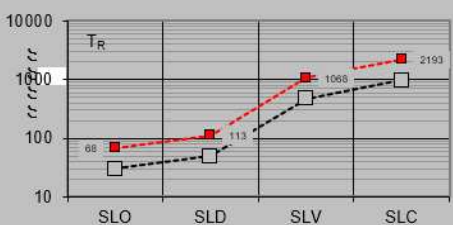
Elaborazioni

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



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

Di seguito si riportano i parametri di definizione dell'azione:

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_q$	0.176 g
$F_o$	2.461
$T_C$	0.300 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.399
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.140 s
$T_C$	0.420 s
$T_D$	2.302 s

## 6.7 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati in accordo al §2.5.1.6.2 del Manuale di Progettazione, in particolare: “Per tali effetti si riporta il contenuto del §5.2.2.10.2 del DM 17.01.2018. I coefficienti di ritiro e viscosità finali, salvo sperimentazione diretta, sono quelli indicati rispettivamente nei §§ 11.2.10.6 e 11.2.10.7”. Per cui ai fini delle verifiche sono stati impiegati i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC 2018. 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  $10^\circ$ , 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  $\Delta T = +15^\circ C$ , con un variazione termica aggiuntiva a farfalla pari a  $\Delta T = +5^\circ C$  applicata sulla soletta di copertura. Per ricoprimenti superiori ad 1,5m non si applica alcuna variazione termica.

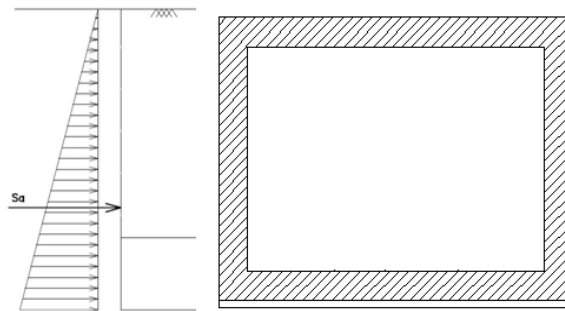
Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

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

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

## 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  $k_0=1-\sin\varphi'$ , dove  $\varphi'$  è l'angolo di attrito assunto. In caso di falda il peso specifico del terreno è stato sostituito da quello efficace.

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	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.

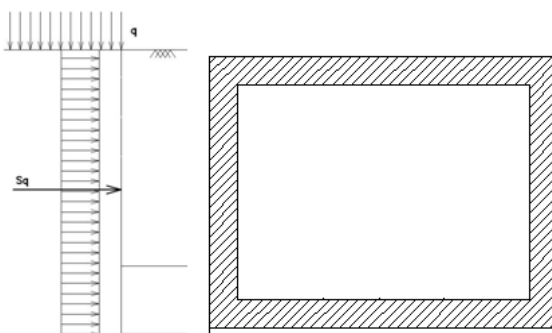


Figura 6.4– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

### 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  $H/2$ .

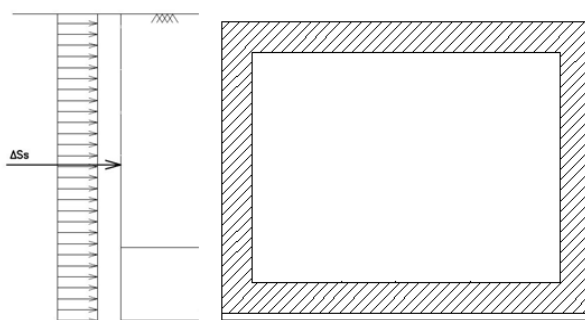



Figura 6.5– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	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>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b>	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	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	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	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-pressoflessione

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:

$$V_{Rsd} = \max \left\{ \left[ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{2}} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\}$$

- 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":

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v f_{cd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta)$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

Nelle espressioni precedenti i simboli hanno i seguenti significati:

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

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

$A_{s1}$  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.

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	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:

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

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

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


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:

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

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

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



 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL0700001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 24 di 64</p>

## 9. VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche sono state omesse in quanto in corrispondenza dello scatolare il terreno si trova in condizioni meno gravose delle zone limitrofe. Inoltre, lo scavo e la successiva costruzione di una struttura “vuota” sottopongono il terreno a tensioni inferiori a quelli precedentemente presenti.

## 10. 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 ortogonale all'asse longitudinale dello scatolare, ipotizzando una coerente disposizione delle armature di forza trasversali.

Convenzione assi

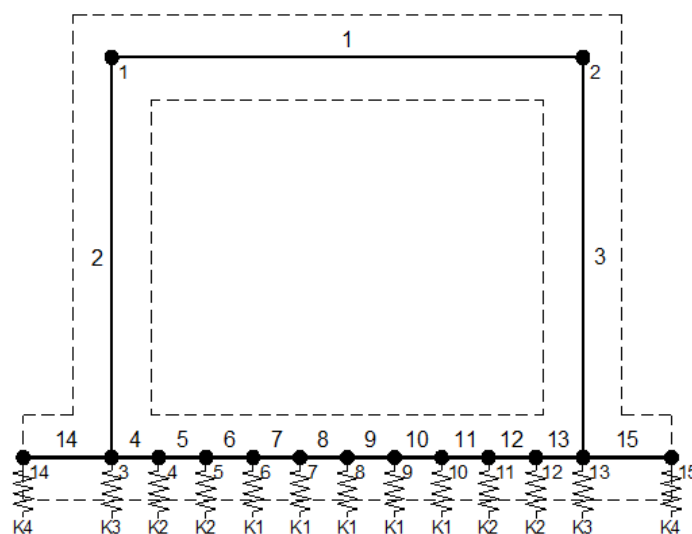
**x** = asse trasversale dello scatolare

**y** = asse longitudinale dello scatolare


**z** = asse verticale dello scatolare

### 10.1 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.



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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

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 rigidità delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale  $K_w$  pari a  $3129 \text{ kN/m}^3$ . Tale valore viene valutato tramite la teoria di Bowles, note le dimensioni della fondazione dell'opera e il modulo elastico del terreno di fondazione:

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

Dove:

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

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

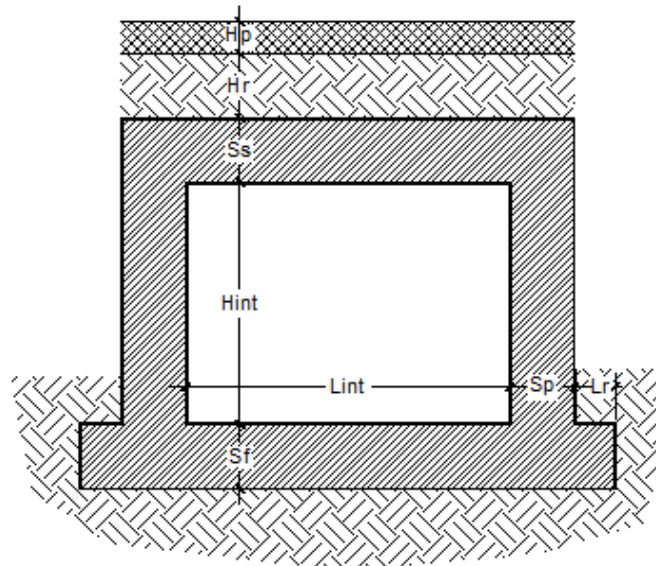
<b>Rigidezze molle verticali</b>				
Modulo elastico del terreno	$E_t$		15.00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	$\nu$		0.30	-
Larghezza della fondazione	B	$B = L_r + S_p + L_{nit} + S_p + L_r$	11.30	m
Lato maggiore della fondazione	L		16.00	m
Fattore di forma	$c_t$		1.04	-
Terreno di fondazione - Costante di sottofondo	$K_w$	$K_w = E_t / (1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t$	1404	kN/m <sup>3</sup>
Interasse molle	i	$i = (S_p/2 + L_{nit} + S_p/2) / 10$	1.03	m
Molle centrali	K1	$K_1 = K_w \cdot i$	1 446	kN/m
Molle intermedie	K2	$K_2 = 1.50 \cdot K_w \cdot i$	2 170	kN/m
Molle laterali	K3	$K_3 = 2.00 \cdot K_w \cdot (i/2 + S_p/2)$	2 851	kN/m
Molle risvolto	K4	$K_4 = 1.50 \cdot K_w \cdot L_r$	0	kN/m

La rigidità 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.

## 10.2 Analisi dei carichi

### Geometria

Caratteristiche materiali e terreno				
Calcestruzzo armato - Peso specifico	Y		25	kN/m <sup>3</sup>
Calcestruzzo armato - Tipo			C32/40	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R <sub>ck</sub>		40	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f <sub>ck</sub>	0.83 · 40 =	33.2	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E		33600	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		20.0	kN/m <sup>3</sup>
Terreno di riempimento laterale - Angolo di attrito	φ		38	°
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>		0.36	m
Geometria				
Spessore soletta superiore	S <sub>s</sub>		1.00	m
Spessore soletta di fondazione	S <sub>f</sub>		1.00	m
Spessore piedritti	S <sub>p</sub>		1.00	m
Altezza netta	H <sub>int</sub>		6.20	m
Larghezza netta	L <sub>int</sub>		9.30	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L <sub>r</sub>		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L		16.00	m



Tab. 4: Geometria del modello

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

### Azioni elementari applicate

<b>Carichi permanenti (Condizione PERM)</b>				
Soletta superiore				
Peso ballast	Ps	$0.80 \cdot 18 =$	14.40	kN/m <sup>2</sup>
Peso del rinterro	Pr	$0.36 \cdot 20 =$	7.20	kN/m <sup>2</sup>
Totale		$(Pr+Ps)*r$	<b>23.70</b>	<b>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</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Carichi accidentali sulla copertura LM71 (Condizioni ACC-M71 e ACC-T71)</b>				
Coefficiente dinamico				
Lunghezza caratteristica per coeff. din.	$L_0$	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (6.70 + 10.30 + 6.70)$	10.27	m
Coefficiente dinamico	$\Phi_3$	$= 0.9 \cdot (2.16 / (\text{radq}(10.27) - 0.2) + 0.73)$	1.30	
Qvk				
Coefficiente di adattamento	$\alpha$		1.10	
Larghezza traversa	Lt		2.40	m
Impronta di carico y	Ld1	$2.40 + 2 \times (0.40/4 + 0.36 \times \text{TAN}(38^\circ) + 1.00/2) =$	4.16	m
Impronta di carico x	Ld2	$0.8 + 1.6 + 1.6 + 1.6 + 0.8 =$	6.40	m
Carico Qvk (totale)			1000	kN
Carico Qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.30 \cdot 1000 / (4.16 \cdot 6.40) =$	<b>53.84</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
qvk				
Carico qvk			80	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.30 \cdot 80 / 4.16 =$	<b>27.57</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Carichi accidentali sulla copertura SW/2 (Condizioni ACC-MSW e ACC-TSW)</b>				
Coefficiente di adattamento	$\alpha$		1.00	
Carico qvk			150	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1 \cdot 1.30 \cdot 150 / 4.16 =$	<b>46.99</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Avviamento e frenatura (Condizione AVV)</b>				
Q1ak (= $\alpha \cdot 33 / Ld1$ )		$\alpha \cdot 33 / 4.16 =$	<b>8.72</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Per il calcolo della lunghezza caratteristica si fa riferimento al Manuale di Progettazione Caso 5.4 della tabella 2.5.1.4.2.5.3-1 Parte II - Sezione II – Ponti.

<b>Azione termica (Condizione TERM)</b>					
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	°	
<b>Ritiro (Condizione RITIRO)</b>					
Ritiro applicato alla sol. Superiore	$\Delta T_R$		-10	°	
<b>Coefficienti di spinta statici del terreno</b>					
Grado di sovraconsolidazione	OCR		1	-	
Coefficiente dipendente dall'OCR	m		0.5	-	
Angolo di attrito - terreno ai lati dei piedritti	$\phi$		38.00	°	
Coefficiente di spinta a riposo	$K_0$	$K_0 = [1 - \text{sen}(\phi_i)] * \text{OCR}^m$	0.38	-	
Angolo di attrito terreno-muro	$\delta$		25.3	°	
Inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale	$\beta$		0	°	
Inclinazione piedritto rispetto alla verticale	$\alpha$		90	°	
Coefficiente di spinta attiva	$K_a$		0.22	-	
<b>Spinta del terreno (Condizioni SPTSX e SPTDX)</b>					
K01		$1 - \text{sen}(38^\circ) =$	0.384		
K02		$1 - \text{sen}(38^\circ) =$	0.384		
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.384 \cdot 23.20 =$	8.92	kN/m <sup>2</sup>	
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.384 \cdot (23.20 + 20 \cdot 1.00/2) =$	12.76	kN/m <sup>2</sup>	
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.384 \cdot [23.20 + 20 \cdot (1.00 + 6.20 + 1.00/2)] =$	68.10	kN/m <sup>2</sup>	
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.384 \cdot [23.20 + 20 \cdot (1.00 + 6.20 + 1.00)] =$	71.95	kN/m <sup>2</sup>	
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(8.92 + 12.76)/2 \cdot 1.00/2$	5.42	kN/m	
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(68.10 + 71.95)/2 \cdot 1.00/2$	35.01	kN/m	
<b>Spinta del carico accidentale LM71 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)</b>					
Spinta dovuta al q1	p	$0.384 \cdot 1.1 \cdot 1000 / (4.16 \cdot 6.40) =$	15.87	kN/m <sup>2</sup>	
<b>Spinta del carico accidentale SW/2 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)</b>					
Spinta dovuta al q1	p	$0.384 \cdot 1 \cdot 150 / (4.16 \cdot 6.40) =$	2.16	kN/m <sup>2</sup>	
<b>Sisma orizzontale (Condizione SISMAH)</b>					
Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV		
Vita nominale	$V_N$		75	anni	
Classe d'uso			IV		
Coefficiente $C_U$	$C_U$		2		
Periodo di riferimento	$V_R$		150	anni	
Accelerazione orizzontale	$a_g/g$		0.176		
Amplificazione spettrale	$F_0$		2.461		
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	B		
Coeff. Amplificazione stratigrafica	$S_s$		1.200		
Coeff. Amplificazione topografica	$S_t$		1		
Coefficiente S	$S$	$= S_s \cdot S_t$	1.200		
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g$	$= a_g/g \cdot S$	0.211		
Fattore di struttura	q		1.00		
Coeff. sismico orizzontale	$k_h$	$= a_{max}/g$	0.211		
Coeff. sismico verticale	$k_v$	$= \pm 0.5 \cdot k_h$	0.106		
Carico accidentale totale gravante sulla cop.		$1.1 \cdot 1000 / (4.16 \cdot 6.40) \cdot 6.40 + 1.1 \cdot 80 / 4.16 \cdot 11.30 =$	503.2	kN/m	
Forza orizz. sulla sol. di cop.	FHs	$0.211 \cdot (1.00 \cdot 25 + 23.70 + 0.2 \cdot 503.2 / 10.30) / 1.00 =$	12.35	kN/m <sup>2</sup>	
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.211 \cdot (1.00 \cdot 25) / 1.00 =$	5.28	kN/m <sup>2</sup>	
<b>Sisma verticale (Condizione SISMAV)</b>					
Forza vert. sulla sol. di cop.	FVs	$0.106 \cdot (1.00 \cdot 25 + 23.70 + 0.2 \cdot 503.2 / 10.30) / 1.00 =$	6.17	kN/m <sup>2</sup>	
<b>Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSPDX)</b>					
Risultante della spinta sismica	$\Delta S_E$	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (\text{Hint} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.211 \cdot 20 \cdot 9.36^2$	370.1	kN/m	
Pressione risultante	$\Delta p_E$	$= \Delta S_E / H = 370.1 / 7.20$	51.40	kN/m <sup>2</sup>	

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

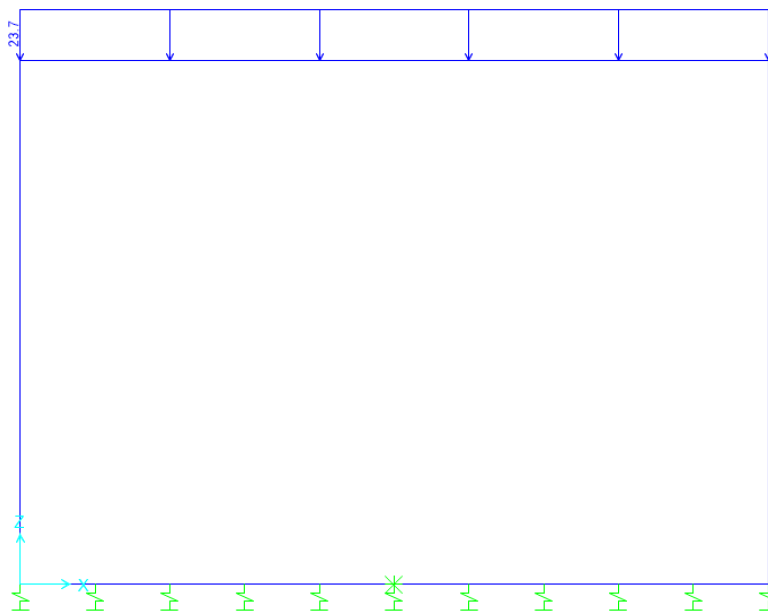


Figura 6: Condizione di carico PERM (kN/m/m)

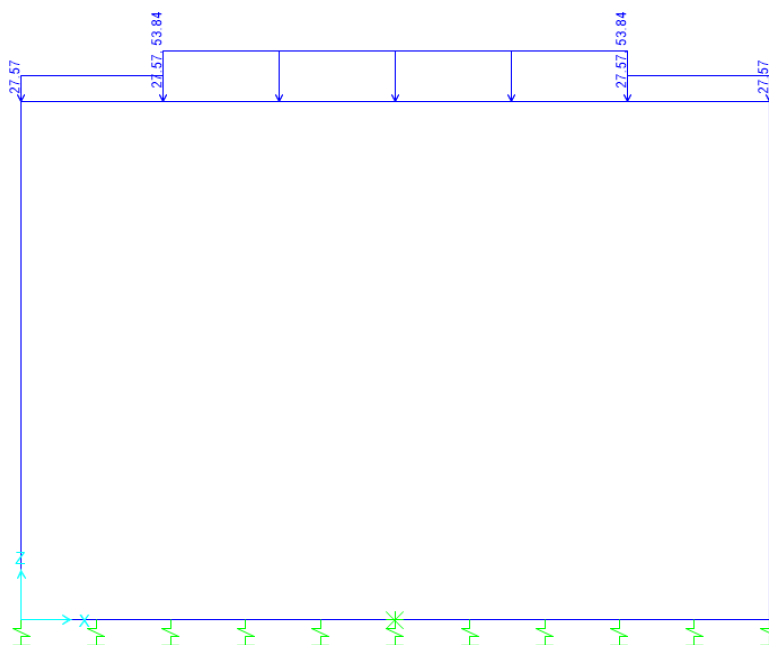


Figura 7: Condizione ACC-LM71- M(kN/m/m)

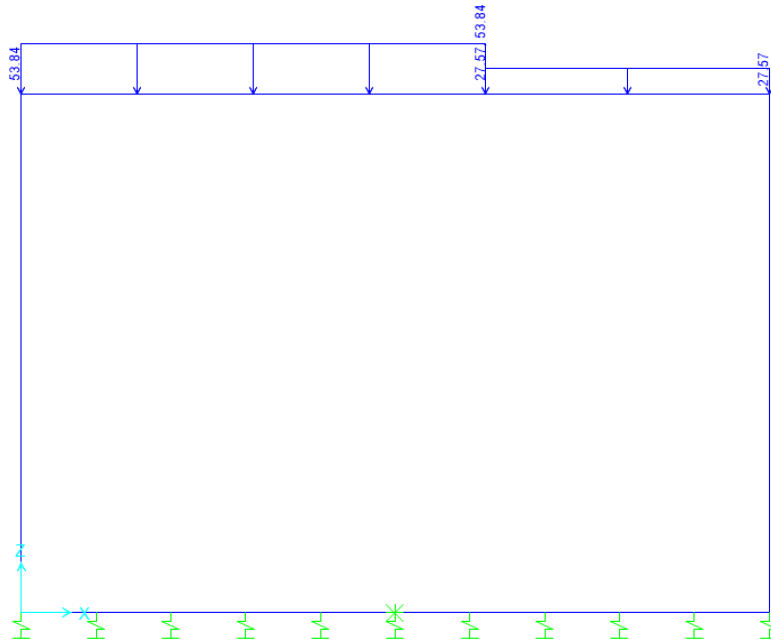


Figura 8: Condizione ACC-LM71- T(kN/m/m)

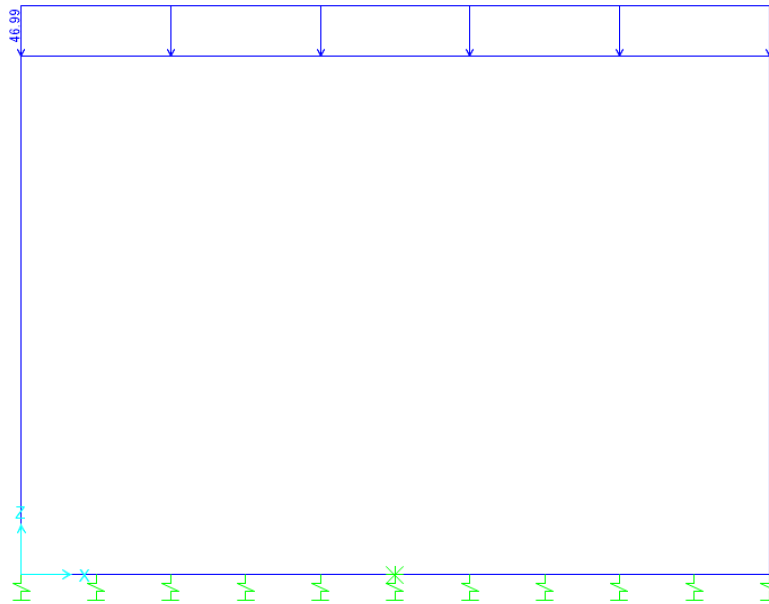


Figura 9: Condizione ACC-SW (kN/m/m)



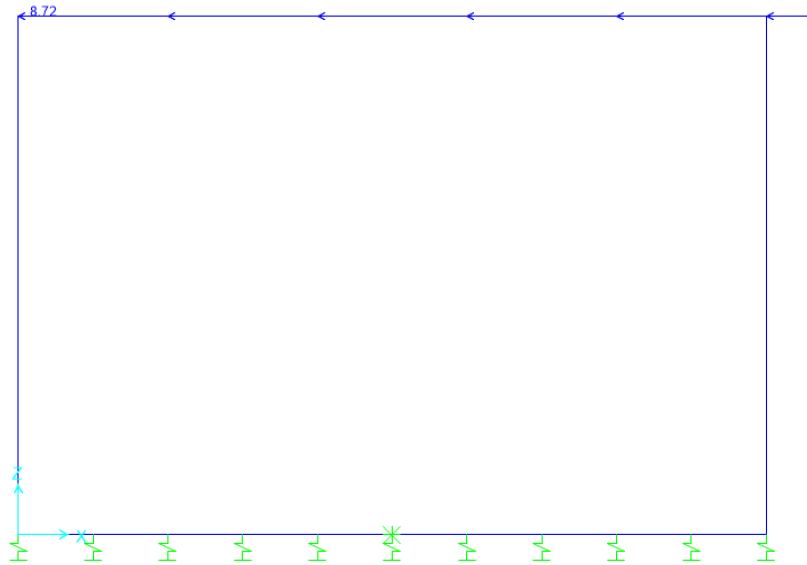


Figura 10: Condizione AVV (kN/m/m)

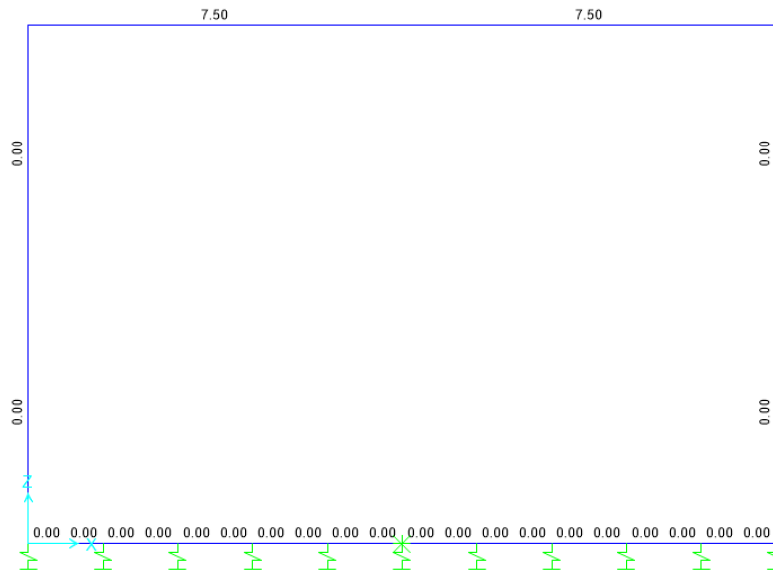


Figura 11: Condizione TERM (°C)

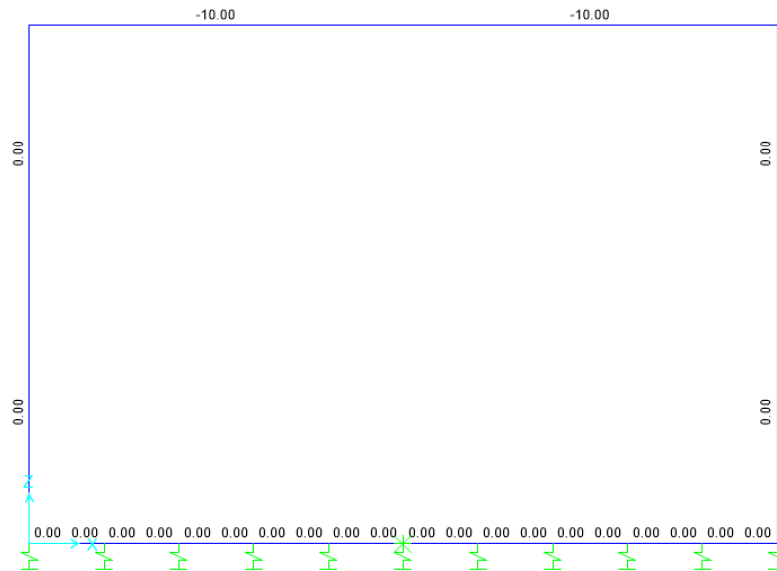


Figura 12: Condizione RITIRO ( $^{\circ}\text{C}$ )

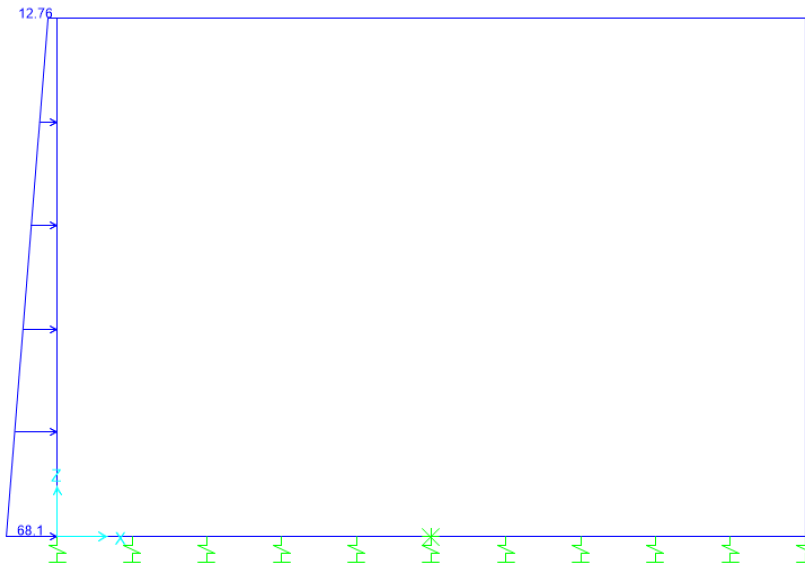


Figura 13: Condizione SPTSX ( $\text{kN/m/m}$ )

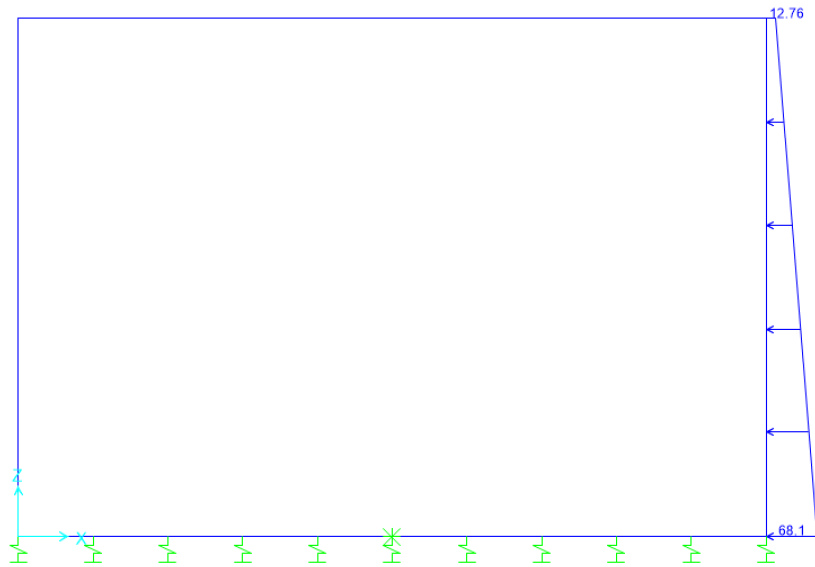


Figura 14: Condizione SPTDX (kN/m/m)

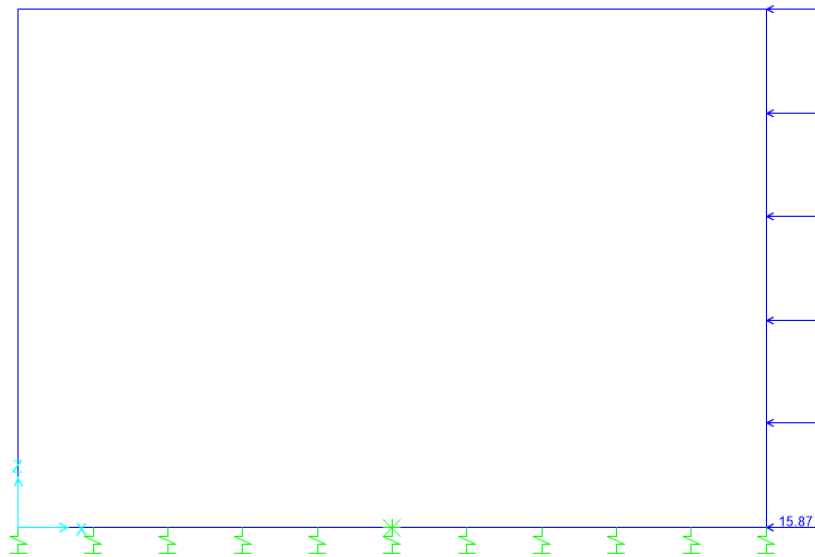


Figura 15: Condizione SPQDX71 (kN/m/m)

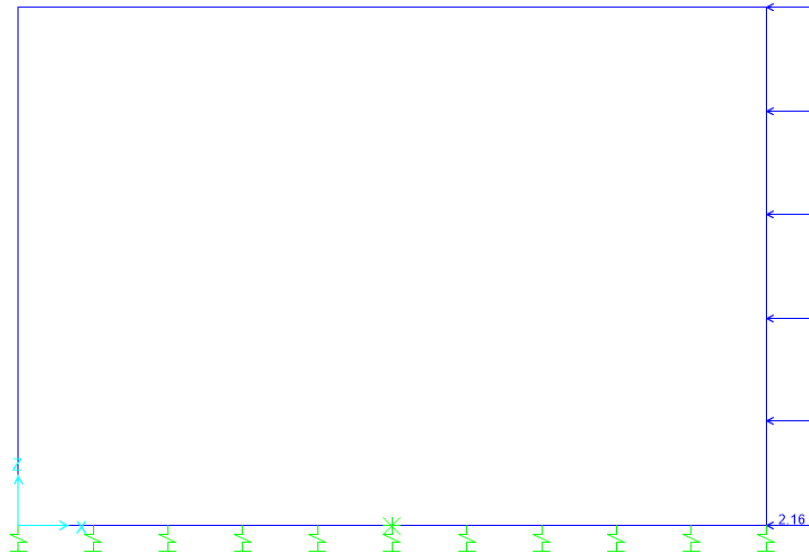


Figura 16: Condizione SPQDXSW (kN/m/m)

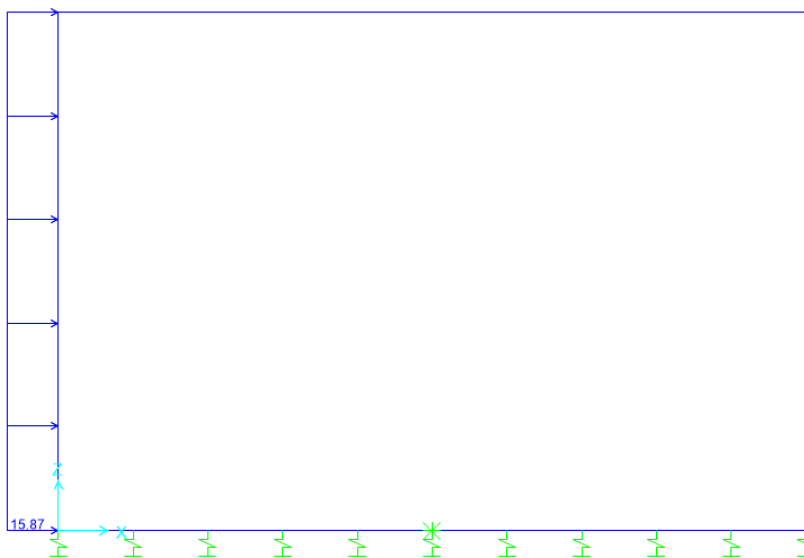


Figura 17: Condizione SPQSX71 (kN/m/m)

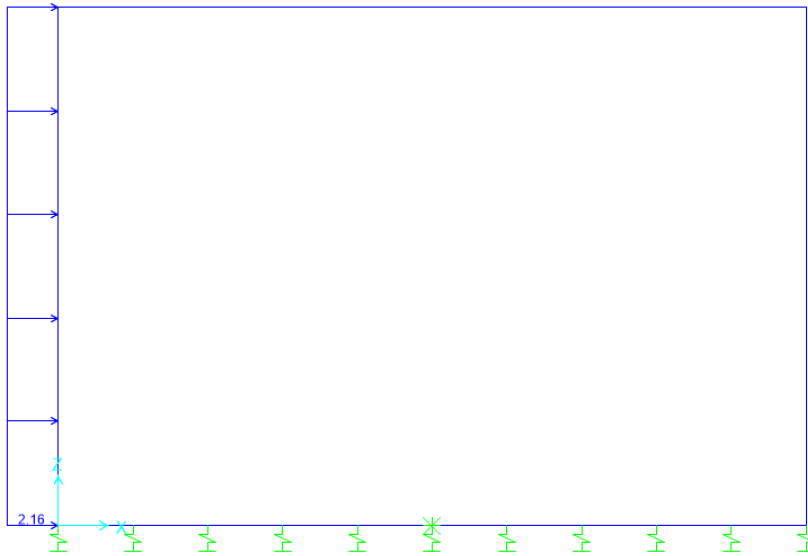


Figura 18: Condizione SPQSXSW (kN/m/m)

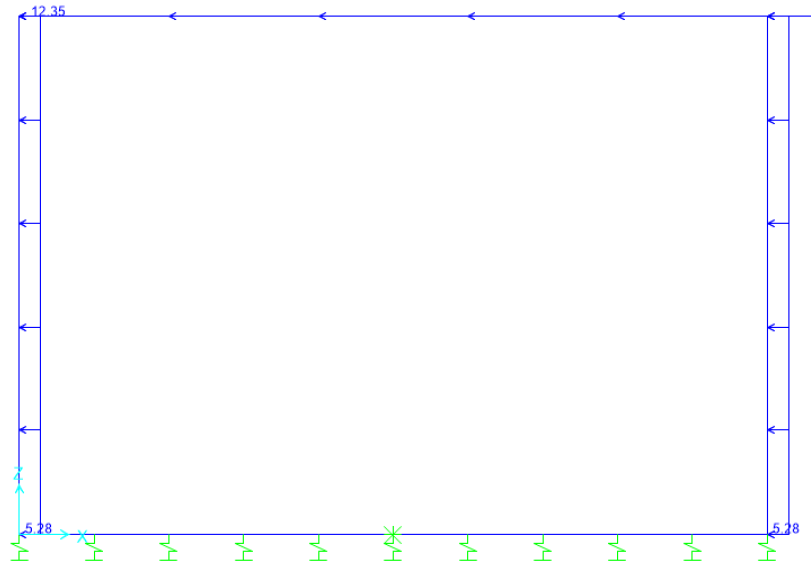


Figura 19: Condizione SISMAH (kN/m/m)

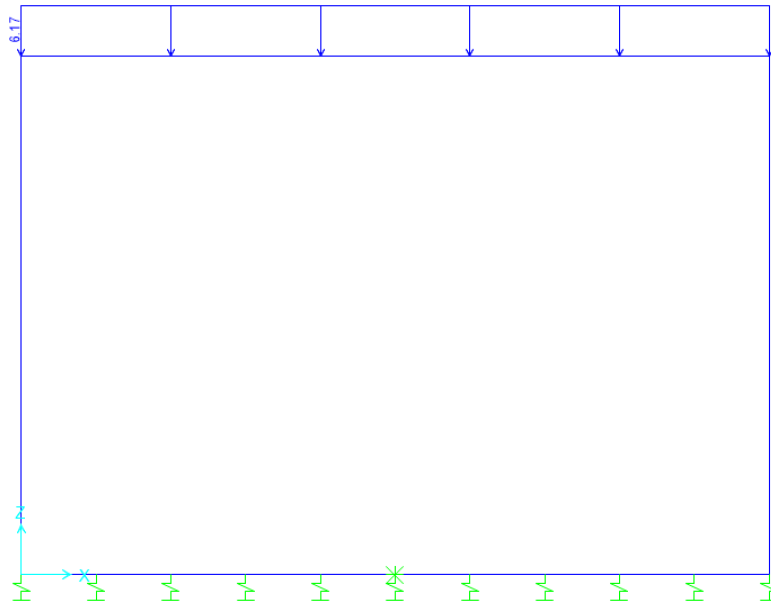


Figura 20: Condizione SISMAV (kN/m/m)

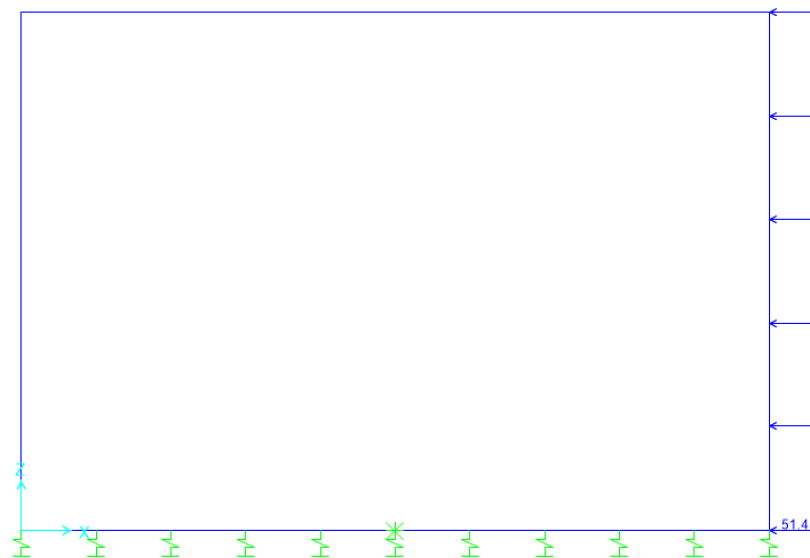


Figura 21: Condizione SPSDX (kN/m²)



**SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62**  
**Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	SL0700001	A	39 di 64

68	68S3-24S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	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	1.2	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	1.2	0	0	0	1.45	0	1.16
71	71SSS1--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	0.5	1	1	0.3	1	0	0	0
72	72SSS2--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	0.5	1	1	-0.3	1	0	0	0
73	73SSS3--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	0.5	1	0.3	1	0.3	0	0	0
74	74SSS4--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	0.5	1	0.3	-1	0.3	0	0	0
75	75SSS5--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	-0.5	1	1	0.3	1	0	0	0
76	76SSS6--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	-0.5	1	1	-0.3	1	0	0	0
77	77SSS7--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	-0.5	1	0.3	1	0.3	0	0	0
78	78SSS8--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	-0.5	1	0.3	-1	0.3	0	0	0
79	79SSS9S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0.5	1	1	0.3	1	0.2	0	0.2
80	80SSS10S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0.5	1	1	-0.3	1	0.2	0	0.2
81	81SSS11S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0.5	1	0.3	1	0.3	0.2	0	0.2
82	82SSS12S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0.5	1	0.3	-1	0.3	0.2	0	0.2
83	83SSS13S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	1	0.3	1	0.2	0	0.2
84	84SSS14S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	1	-0.3	1	0.2	0	0.2
85	85SSS15S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	0.3	1	0.3	0.2	0	0.2
86	86SSS16S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	0.3	-1	0.3	0.2	0	0.2
87	87R4-11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0
88	88R4-11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0
89	89R4-12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	0.6	1	0	0	0	0	0	0
90	90R4-12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	0.6	1	0	0	0	0	0	0
91	91R4-13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	0.6	1	0	0	0	0	0	0
92	92R4-13T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	0.6	1	0	0	0	0	0	0
93	93R4-14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0.8	0	0
94	94R4-15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
95	95R4-16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0.8	0	0.8
96	96R4-21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
97	97R4-21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
98	98R4-22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
99	99R4-22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
100	100R4-23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
101	101R4-23T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
102	102R4-24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0.8	0	0
103	103R4-25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
104	104R4-26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0.8	0	0.8
105	105R1T11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
106	106R1T11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
107	107R1T12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
108	108R1T12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
109	109R1T13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
110	110R1T13T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
111	111R1T14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0
112	112R1T15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
113	113R1T16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0.8
114	114R1T21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
115	115R1T21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
116	116R1T22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
117	117R1T22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
118	118R1T23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
119	119R1T23T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
120	120R1T24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0
121	121R1T25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
122	122R1T26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0.8





**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

**SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62**  
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	SL0700001	A	40 di 64

123 123R1-11M	1	1	1	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
124 124R1-11T	1	1	0	1	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
125 125R1-12M	1	1	1	0	0.5	1	1	1	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
126 126R1-12T	1	1	0	1	0.5	1	1	1	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
127 127R1-13M	1	1	1	0	0.5	1	1	0	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
128 128R1-13T	1	1	0	1	0.5	1	1	0	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
129 129R1-14S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	0	0	0
130 130R1-15S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	1	1	1
131 131R1-16S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	0	1	1
132 132R1-21M	1	1	1	0	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
133 133R1-21T	1	1	0	1	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
134 134R1-22M	1	1	1	0	0.5	1	1	1	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
135 135R1-22T	1	1	0	1	0.5	1	1	1	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
136 136R1-23M	1	1	1	0	0.5	1	1	0	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
137 137R1-23T	1	1	0	1	0.5	1	1	0	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
138 138R1-24S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	1	0	0	0
139 139R1-25S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	1	1	1	1
140 140R1-26S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	1	0	1	1
141 141R1T11M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
142 142R1T11T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
143 143R1T12M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
144 144R1T12T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
145 145R1T13M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
146 146R1T13T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
147 147R1T14S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0
148 148R1T15S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
149 149R1T16S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8
150 150R1T21M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
151 151R1T21T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
152 152R1T22M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
153 153R1T22T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
154 154R1T23M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
155 155R1T23T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
156 156R1T24S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0	0
157 157R1T25S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
158 158R1T26S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8
159 159R3-11M	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
160 160R3-11T	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
161 161R3-12M	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
162 162R3-12T	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
163 163R3-13M	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
164 164R3-13T	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
165 165R3-14S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	0	0	0
166 166R3-15S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	1	1	1
167 167R3-16S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	0	1	1
168 168R3-21M	1	1	1	0	1	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
169 169R3-21T	1	1	0	1	1	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
170 170R3-22M	1	1	1	0	1	1	1	1	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
171 171R3-22T	1	1	0	1	1	1	1	1	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
172 172R3-23M	1	1	1	0	1	1	1	0	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
173 173R3-23T	1	1	0	1	1	1	1	0	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0
174 174R3-24S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	1	0	0	0
175 175R3-25S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	1	1	1	1
176 176R3-26S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	1	0	1	1
177 177R1T11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
178 178R1T11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
179 179R1T12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
180 180R1T12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
181 181R1T13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
182 182R1T13T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
183 183R1T14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0	0
184 184R1T15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
185 185R1T16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8
186 186R1T21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
187 187R1T21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
188 188R1T22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
189 189R1T22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
190 190R1T23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
191 191R1T23T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
192 192R1T24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0	0
193 193R1T25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
194 194R1T26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8

195	195F1-11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
196	196F1-11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
197	197F1-12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
198	198F1-12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
199	199F1-13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
200	200F1-13T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
201	201F1-14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	0	0	0
202	202F1-15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
203	203F1-16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8
204	204F1-21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
205	205F1-21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
206	206F1-22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
207	207F1-22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
208	208F1-23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
209	209F1-23T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
210	210F1-24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.5	1	0	0	0	0.8	0	0	0
211	211F1-25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.5	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
212	212F1-26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.5	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8
213	213F3-11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
214	214F3-11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
215	215F3-12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
216	216F3-12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
217	217F3-13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
218	218F3-13T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
219	219F3-14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	0	0	0
220	220F3-15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
221	221F3-16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8
222	222F3-21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
223	223F3-21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
224	224F3-22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
225	225F3-22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
226	226F3-23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
227	227F3-23T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
228	228F3-24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.5	1	0	0	0	0.8	0	0	0
229	229F3-25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.5	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
230	230F3-26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.5	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8
231	231QPT1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
232	232QPT2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	0	0	0	0	0	0	0

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
- SPTDx** : spinta del terreno sulla parete dx
- SPQSx71** : spinta del carico accidentale LM71 sulla parete sx
- SPQDx71** : spinta del carico accidentale LM71 sulla parete dx
- TERM** : termica
- RITIRO** : ritiro
- SISMAH** : azione sismica
- SISDX** : incremento sismico della spinta del terreno
- SPQSxSW** : spinta del carico accidentale SW/2 sulla parete sx
- SPQDxSW** : spinta del carico accidentale SW/2 sulla parete dx

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

#### 10.4 Sollecitazioni

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

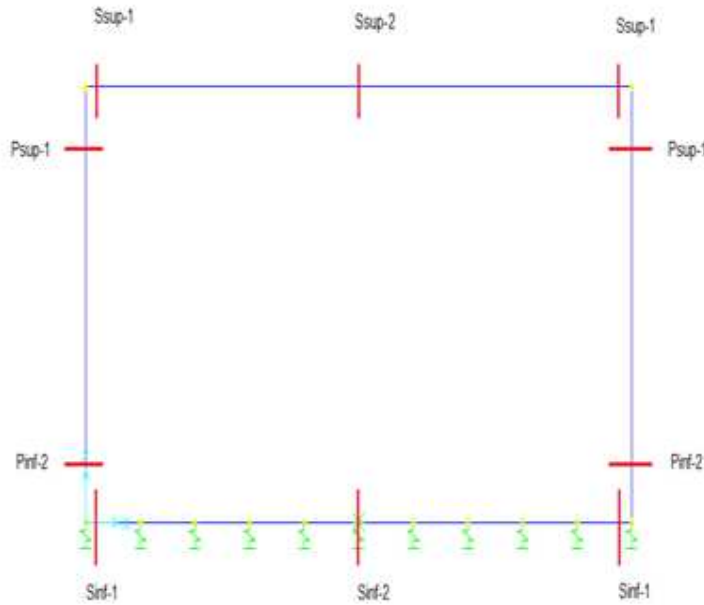


Figura 10.22 - Sezioni di verifica

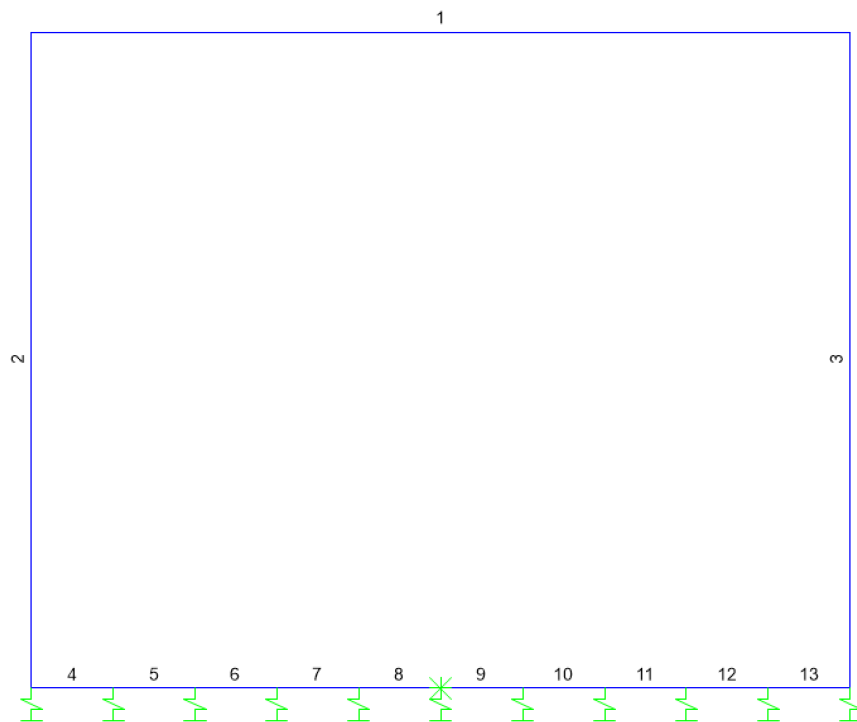


Figura 10.23 - Nomenclatura frame

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

Nelle successive immagini si riportano gli inviluppi delle sollecitazioni ottenute dal modello di calcolo.

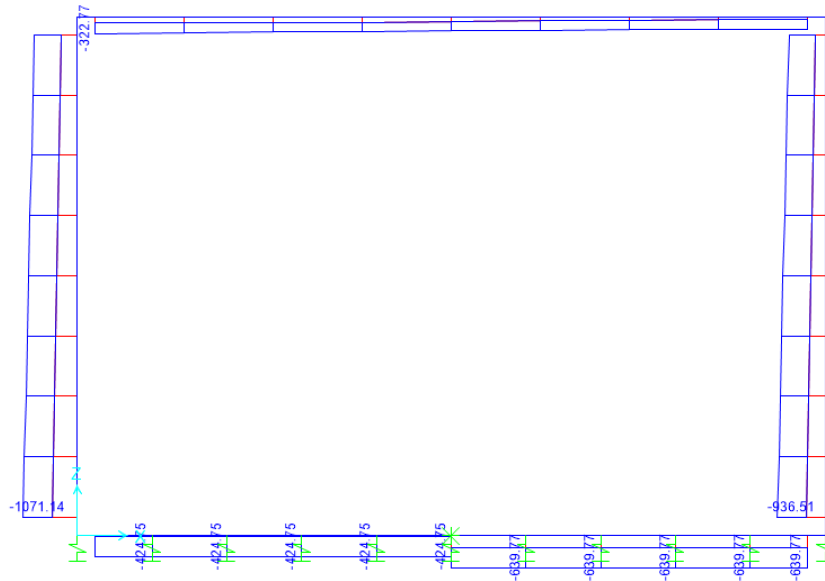


Figura 10.24 - Sforzo Normale – Inviluppo SLU (KN)

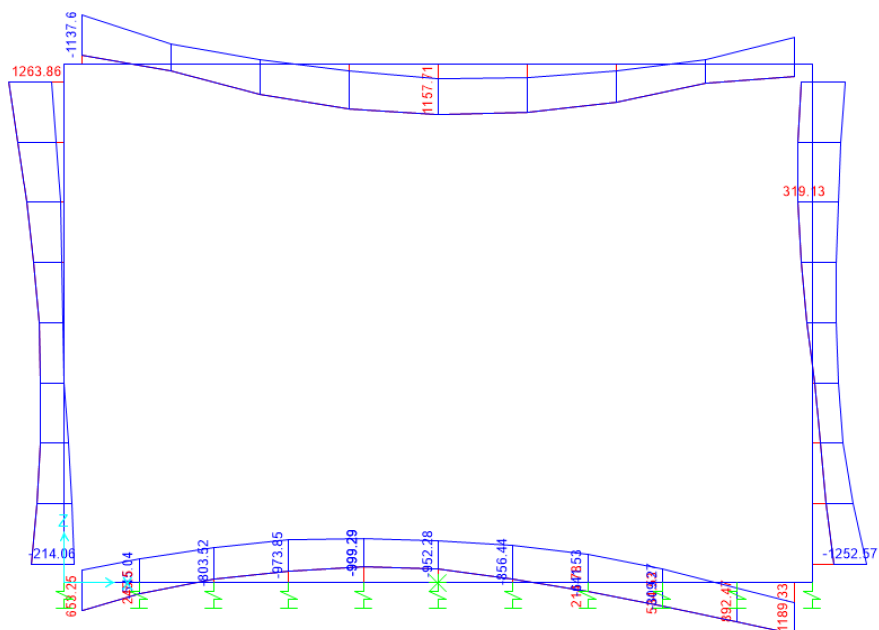


Figura 10.25 - Momento flettente – Inviluppo SLU (KNm)

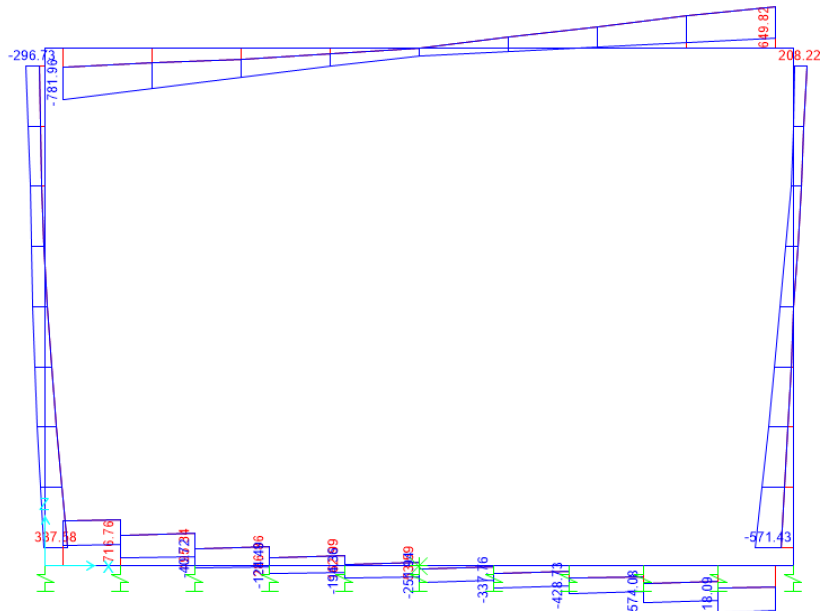


Figura 10.26 - Taglio – Involuppo SLU (kN)

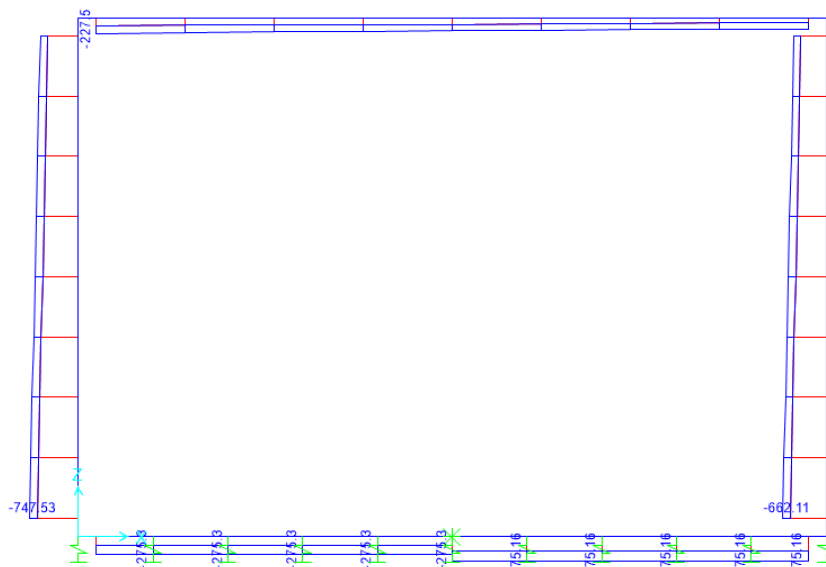


Figura 10.27 - Sforzo Normale – Involuppo SLE – Rara (kN)

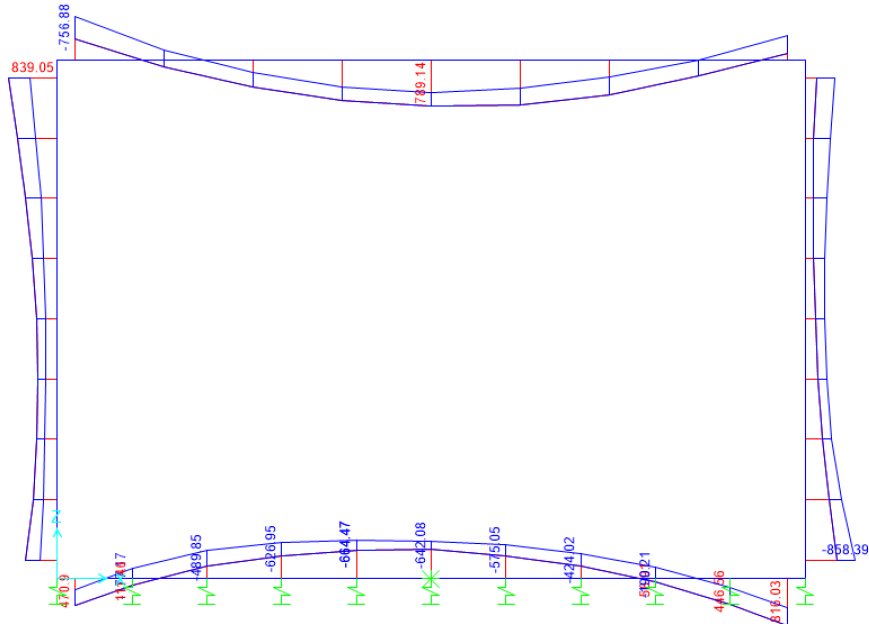


Figura 10.28 - Momento flettente – Involuppo SLE – Rara (kNm)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

## 10.5 Verifiche strutturali

### 10.5.1 Riepilogo armature

La tabella seguente mostra le armature di forza adottate nello scatolare con riferimento ad una striscia di 1m.

	Arm. tesa		Arm. comp.	
	1° strato	2° strato	1° strato	2° strato
Soletta superiore - Campata	5 Ø26	5 Ø26	5 Ø26	-
Soletta superiore - Appoggio	5 Ø26	5 Ø26	5 Ø26	-
Piedritto - Spiccato	5 Ø26	5 Ø20	5 Ø26	-
Piedritto - Sommità	5 Ø26	5 Ø20	5 Ø26	-
Soletta inferiore - Campata	5 Ø26	5 Ø26	5 Ø26	-
Soletta inferiore - Appoggio	5 Ø26	5 Ø26	5 Ø26	-

L'armatura a taglio, laddove prevista, è indicata nella corrispondente verifica.

### 10.5.2 Verifica soletta superiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solsup-Camp)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	22.1 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	18.8 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec.	14	mm

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 100$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 91.3$ cm

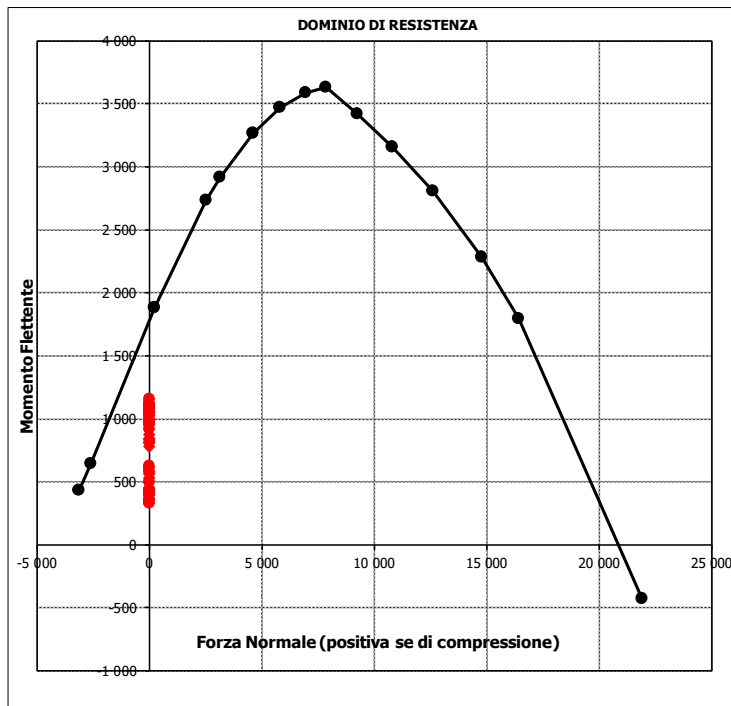
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>53.09 cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>26.55 cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Mmax)	14S1-21M	0	1158
(Mmin)	82SSS12S	0	334

Caratteristiche di sollecitazione				
Comb.	Nsd	Msd		

01S1-11M	0	1028	44S1T23M	0	1060
02S1-11T	0	988	45S1T23T	0	1028
03S1-12M	0	962	46S1T24-	0	582
04S1-12T	0	922	47S1T25-	0	611
05S1-13M	0	995	48S1T26S	0	1058
06S1-13T	0	955	49S1T27S	0	1029
07S1-14-	0	401	50S1T28S	0	1044
08S1-15-	0	434	51S1T29S	0	611
09S1-16S	0	990	52S1T30S	0	626
10S1-17S	0	960	53S3-11M	0	1028
11S1-18S	0	975	54S3-11T	0	988
12S1-19S	0	437	55S3-12M	0	962
13S1-20S	0	452	56S3-12T	0	922
14S1-21M	0	1158	57S3-13M	0	995
15S1-21T	0	1118	58S3-13T	0	955
16S1-22M	0	1091	59S3-14S	0	990
17S1-22T	0	1051	60S3-15S	0	960
18S1-23M	0	1124	61S3-16S	0	975
19S1-23T	0	1084	62S3-21M	0	1158
20S1-24-	0	531	63S3-21T	0	1118
21S1-25-	0	564	64S3-22M	0	1100
22S1-26S	0	1119	65S3-22T	0	1060
23S1-27S	0	1089	66S3-23M	0	1129
24S1-28S	0	1104	67S3-23T	0	1089
25S1-29S	0	567	68S3-24S	0	1119
26S1-30S	0	582	69S3-25S	0	1090
27S1T11M	0	873	70S3-26S	0	1105
28S1T11T	0	841	71SSS1--	0	365
29S1T12M	0	815	72SSS2--	0	337
30S1T12T	0	783	73SSS3--	0	431
31S1T13M	0	844	74SSS4--	0	336
32S1T13T	0	812	75SSS5--	0	437
33S1T14-	0	366	76SSS6--	0	409
34S1T15-	0	395	77SSS7--	0	503
35S1T16S	0	842	78SSS8--	0	408
36S1T17S	0	813	79SSS9S	0	362
37S1T18S	0	828	80SSS10S	0	334
38S1T19S	0	395	81SSS11S	0	428
39S1T20S	0	410	82SSS12S	0	334
40S1T21M	0	1089	83SSS13S	0	434
41S1T21T	0	1057	84SSS14S	0	406
42S1T22M	0	1031	85SSS15S	0	500
43S1T22T	0	999	86SSS16S	0	406





• Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	22.1 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	18.8 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec.	14	mm

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 100$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 91.3$ cm

Armatatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>53.09</b> cm <sup>2</sup>

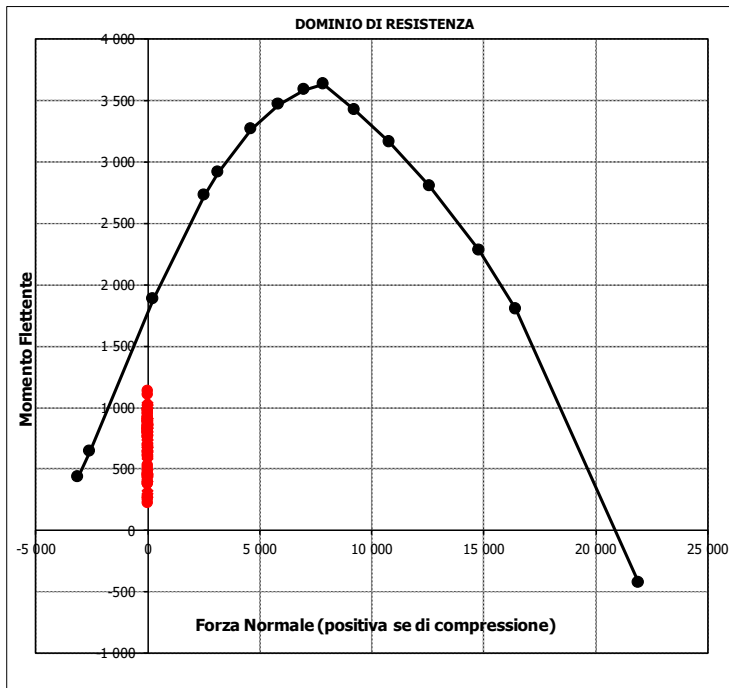
Armatatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>26.55</b> cm <sup>2</sup>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	

(Mmax)	57S3-13M	0	1138
(Mmin)	51S1T29S	0	221

Caratteristiche di sollecitazione				
Comb.	Nsd	Msd		

01S1-11M	0	802	44S1T23M	0	823
02S1-11T	0	772	45S1T23T	0	799
03S1-12M	0	868	46S1T24-	0	250
04S1-12T	0	838	47S1T25-	0	381
05S1-13M	0	1022	48S1T26S	0	613
06S1-13T	0	992	49S1T27S	0	642
07S1-14-	0	431	50S1T28S	0	695
08S1-15-	0	585	51S1T29S	0	221
09S1-16S	0	776	52S1T30S	0	273
10S1-17S	0	806	53S3-11M	0	917
11S1-18S	0	862	54S3-11T	0	887
12S1-19S	0	395	55S3-12M	0	984
13S1-20S	0	451	56S3-12T	0	954
14S1-21M	0	672	57S3-13M	0	1138
15S1-21T	0	642	58S3-13T	0	1108
16S1-22M	0	738	59S3-14S	0	891
17S1-22T	0	709	60S3-15S	0	922
18S1-23M	0	892	61S3-16S	0	978
19S1-23T	0	863	62S3-21M	0	788
20S1-24-	0	301	63S3-21T	0	758
21S1-25-	0	455	64S3-22M	0	846
22S1-26S	0	646	65S3-22T	0	816
23S1-27S	0	676	66S3-23M	0	977
24S1-28S	0	732	67S3-23T	0	947
25S1-29S	0	265	68S3-24S	0	762
26S1-30S	0	321	69S3-25S	0	791
27S1T11M	0	850	70S3-26S	0	844
28S1T11T	0	826	71SSS1--	0	915
29S1T12M	0	908	72SSS2--	0	899
30S1T12T	0	884	73SSS3--	0	528
31S1T13M	0	1039	74SSS4--	0	474
32S1T13T	0	1015	75SSS5--	0	843
33S1T14-	0	466	76SSS6--	0	826
34S1T15-	0	597	77SSS7--	0	456
35S1T16S	0	829	78SSS8--	0	402
36S1T17S	0	858	79SSS9S	0	893
37S1T18S	0	911	80SSS10S	0	876
38S1T19S	0	437	81SSS11S	0	506
39S1T20S	0	490	82SSS12S	0	452
40S1T21M	0	634	83SSS13S	0	820
41S1T21T	0	610	84SSS14S	0	804
42S1T22M	0	692	85SSS15S	0	434
43S1T22T	0	668	86SSS16S	0	380



- 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.

**Calcestruzzo**

Tipo	C32/40	
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	18.8	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

$V_{Ed}$	kN	<b>782</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

**Soletta sup**

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	10
Numero barre		2.5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	1.96
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	26
$n_2$		5
$\varnothing_2$	mm	26
$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	53.09

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	100
c	cm	8.7
d	cm	91.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.47
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.36
$\rho$		0.0058
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>431</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>NECESSITA ARMATURA A TAGLIO</b>

**Resistenza con armatura a taglio**

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
$\omega_{sw}$		0.02
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{RSd}$	kN	789
$V_{RCd}$	kN	2665
$V_{Rd}$	kN	<b>789</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>789</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

**Materiali**

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck}$	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck}$	<b>33.2</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm}$	33642.78	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	18.3	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.5	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.4	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s$	205000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>100</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$c_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$c_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$c_{t2} = 11.3$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$c_{t1} = 8.7$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>188.3</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	<b>28.6</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	11115	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	10288109.64	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	3941195.475	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	499	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	712	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.2		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	170.0	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	<b>28.6</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_c$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	23.79	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2379.37	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0223	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000331616	-	
Copriferro netto	$c'$	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>26.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	368.0833442	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	216.5196142	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.12</b>	mm	

• Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>757</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

**Materiali**

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck}$	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck}$	<b>33.2</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm}$	33642.78	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	18.3	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.5	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.4	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s$	205000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>100</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b>	$C_{s1} = \text{8.7}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \text{10.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b>	$C_{t2} = \text{11.3}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b>	$C_{t1} = \text{8.7}$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.5</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>180.6</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	$e$ (M)	$\infty$	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	$\infty$	cm		
Posizione asse neutro	$y$ (M)	28.6	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	11115	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	10288109.64	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	3941195.475	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	499	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	712	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	$u$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.2		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	170.0	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	28.6	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	23.79	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2379.37	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0223	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000331616	-	
Copriferro netto	$c'$	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>26.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	368.0833442	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	216.5196142	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.12</b>	mm	

### 10.5.3 Verifica piedritti

- Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	22.1 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	18.8 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec.	14	mm

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 110$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 101.3$ cm

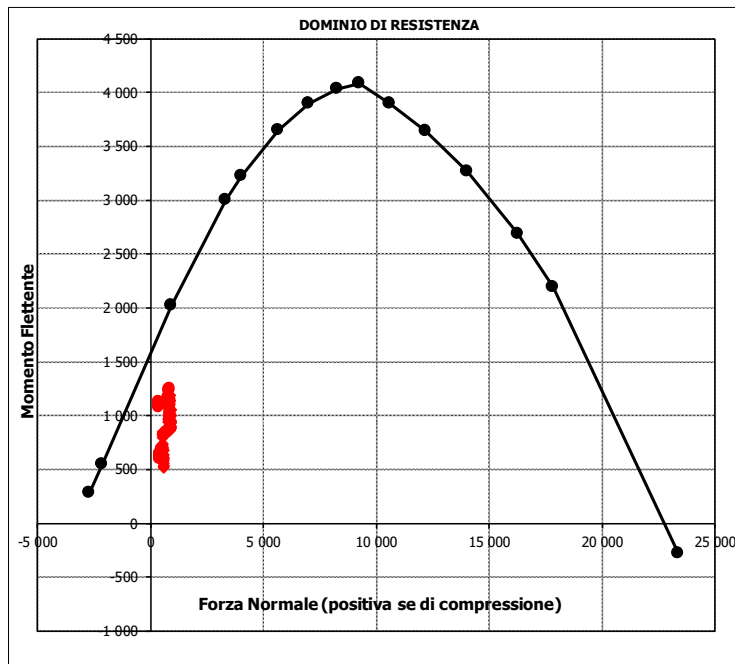
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>42.25</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>26.55</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	09S1-16S	937	883
(Nmin)	72SSS2--	360	1096
(Mmax)	66S3-23M	857	1253
(Mmin)	38S1T19S	609	514

#### Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd		
01S1-11M	913	860	44S1T23M	801 1180
02S1-11T	865	851	45S1T23T	762 1172
03S1-12M	913	895	46S1T24-	609 614
04S1-12T	865	886	47S1T25-	576 820
05S1-13M	875	1135	48S1T26S	852 961
06S1-13T	826	1125	49S1T27S	852 976
07S1-14-	609	551	50S1T28S	838 1068
08S1-15-	571	790	51S1T29S	609 598
09S1-16S	937	883	52S1T30S	595 690
10S1-17S	937	899	53S3-11M	890 965
11S1-18S	922	995	54S3-11T	841 955
12S1-19S	609	531	55S3-12M	890 1000
13S1-20S	595	628	56S3-12T	841 990
14S1-21M	913	911	57S3-13M	852 1240
15S1-21T	865	901	58S3-13T	803 1230
16S1-22M	913	946	59S3-14S	913 988
17S1-22T	865	936	60S3-15S	913 1003
18S1-23M	875	1185	61S3-16S	898 1100
19S1-23T	826	1176	62S3-21M	890 1016
20S1-24-	609	602	63S3-21T	841 1006
21S1-25-	571	841	64S3-22M	890 1046
22S1-26S	937	934	65S3-22T	841 1037
23S1-27S	937	949	66S3-23M	857 1253
24S1-28S	922	1046	67S3-23T	808 1243
25S1-29S	609	582	68S3-24S	913 1038
26S1-30S	595	679	69S3-25S	913 1053
27S1T11M	834	858	70S3-26S	899 1145
28S1T11T	795	851	71SSS1--	379 1110
29S1T12M	834	889	72SSS2--	360 1096
30S1T12T	795	881	73SSS3--	477 667
31S1T13M	801	1095	74SSS4--	413 620
32S1T13T	762	1087	75SSS5--	379 1138
33S1T14-	609	530	76SSS6--	360 1124
34S1T15-	576	736	77SSS7--	477 696
35S1T16S	852	877	78SSS8--	413 648
36S1T17S	852	892	79SSS9S	385 1091
37S1T18S	838	984	80SSS10S	366 1076
38S1T19S	609	514	81SSS11S	483 648
39S1T20S	595	606	82SSS12S	420 601
40S1T21M	834	943	83SSS13S	385 1119
41S1T21T	795	935	84SSS14S	366 1104
42S1T22M	834	973	85SSS15S	483 676
43S1T22T	795	966	86SSS16S	420 629



• Verifica a pressoflessione sommità (Pied-Sommità)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	22.1 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	18.8 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec.	14	mm

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 110$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 101.3$ cm

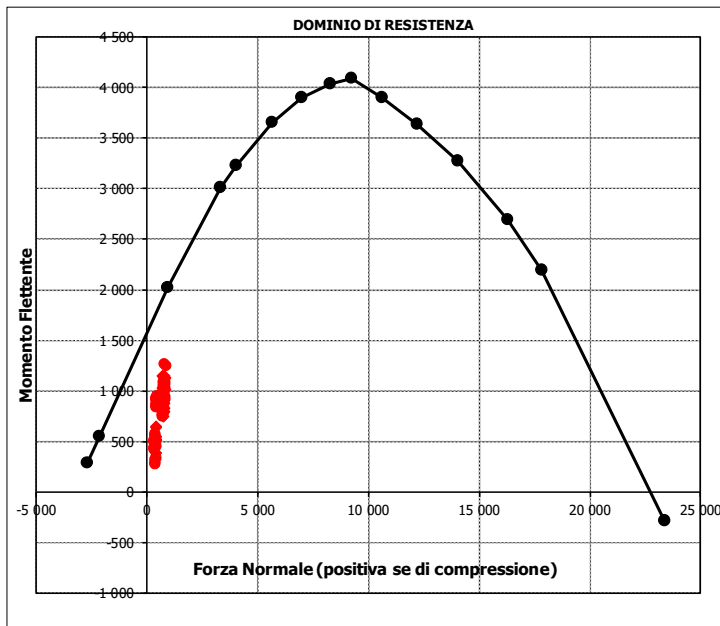
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>42.25</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>26.55</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	5853-13T	845	-1246
(Nmin)	82SSS12S	319	-490
(Mmax)	57S3-13M	796	1264
(Mmin)	51S1T29S	383	281

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd		
01S1-11M	734	937	44S1T23M	716 945
02S1-11T	783	920	45S1T23T	755 931
03S1-12M	734	974	46S1T24-	383 296
04S1-12T	783	957	47S1T25-	416 446
05S1-13M	773	1150	48S1T26S	702 746
06S1-13T	821	1133	49S1T27S	702 764
07S1-14-	383	465	50S1T28S	715 825
08S1-15-	421	641	51S1T29S	383 281
09S1-16S	758	918	52S1T30S	397 342
10S1-17S	758	936	53S3-11M	758 1051
11S1-18S	772	1001	54S3-11T	807 1033
12S1-19S	383	446	55S3-12M	758 1088
13S1-20S	398	511	56S3-12T	807 1070
14S1-21M	734	814	57S3-13M	796 1264
15S1-21T	783	797	58S3-13T	845 1246
16S1-22M	734	851	59S3-14S	781 1031
17S1-22T	783	834	60S3-15S	781 1049
18S1-23M	773	1027	61S3-16S	796 1115
19S1-23T	821	1010	62S3-21M	758 928
20S1-24-	383	341	63S3-21T	807 910
21S1-25-	421	517	64S3-22M	758 960
22S1-26S	758	795	65S3-22T	807 943
23S1-27S	758	813	66S3-23M	791 1111
24S1-28S	772	878	67S3-23T	840 1093
25S1-29S	383	322	68S3-24S	781 908
26S1-30S	398	388	69S3-25S	781 926
27S1T11M	683	967	70S3-26S	795 987
28S1T11T	722	953	71SSS1--	436 952
29S1T12M	683	1000	72SSS2--	417 931
30S1T12T	722	986	73SSS3--	382 579
31S1T13M	716	1150	74SSS4--	319 510
32S1T13T	755	1136	75SSS5--	436 883
33S1T14-	383	501	76SSS6--	417 863
34S1T15-	416	652	77SSS7--	382 510
35S1T16S	702	952	78SSS8--	319 442
36S1T17S	702	969	79SSS9S	436 931
37S1T18S	715	1031	80SSS10S	417 911
38S1T19S	383	486	81SSS11S	382 558
39S1T20S	397	548	82SSS12S	319 490
40S1T21M	683	762	83SSS13S	436 863
41S1T21T	722	748	84SSS14S	417 842
42S1T22M	683	794	85SSS15S	382 489
43S1T22T	722	780	86SSS16S	319 421



- 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.

**Calcestruzzo**

Tipo	C32/40	
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	18.8	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

$V_{Ed}$	kN	<b>571</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

**Piedritto**

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	10
Numero barre		2.5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	1.96
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	26
$n_2$		5
$\varnothing_2$	mm	20
Asl	cm <sup>2</sup>	42.25

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	110
c	cm	8.7
d	cm	101.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.44
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.35
$\rho$		0.0042
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>422</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>NECESSITA ARMATURA A TAGLIO</b>

**Resistenza con armatura a taglio**

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
$\omega_{sw}$		0.02
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{RSd}$	kN	876
$V_{RCd}$	kN	2957
$V_{Rd}$	kN	<b>876</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>858</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>716</b>	kN

**Materiali**

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck}$	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck}$	<b>33.2</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm}$	33642.78	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	18.3	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.5	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.4	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s$	205000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>110</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$C_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$C_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$C_{t2} = 11.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$C_{t1} = 8.7$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>6.0</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>150.0</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	$e$ (M)	120.0	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	65.0	cm		
Posizione asse neutro	$y$ (M)	38.2	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	11963	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	13255047.21	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	4659519.719	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	728	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	979	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	136.8	cm	
	$u$ ( $M_{fess}$ )	81.8	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	6.9		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	180.9	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	36.7	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_f$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	24.42	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	42.25	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2441.81	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0173	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000352914	-	
Copriferro netto	$c'$	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>23.39</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	399.7959809	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	235.1741064	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.08	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.14</b>	mm	



- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>839</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>825</b>	kN

#### Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck}$	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck}$	<b>33.2</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm}$	33642.78	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{amm}$	18.3	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.5	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.4	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s$	205000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>110</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$C_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$C_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$C_{t2} = 11.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$C_{t1} = 8.7$ cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.9</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>134.5</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	$e$ (M)	101.8	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	46.8	cm		
Posizione asse neutro	$y$ (M)	40.4	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	11963	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	13255047.21	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	4880501.887	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	750	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	1001	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	121.3	cm	
	$u$ ( $M_{fess}$ )	66.3	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	7.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	175.7	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	38.0	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	23.98	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	42.25	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2398.42	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0176	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000342876	-	
Copriferro netto	$c'$	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>23.39</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	395.7129345	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	232.7723144	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.08	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.14</b>	mm	

### 10.5.4 Verifica soletta inferiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solinf-Camp)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	22.1 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	18.8 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec.	14	mm

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 110$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 101.3$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>53.09 cm<sup>2</sup></b>

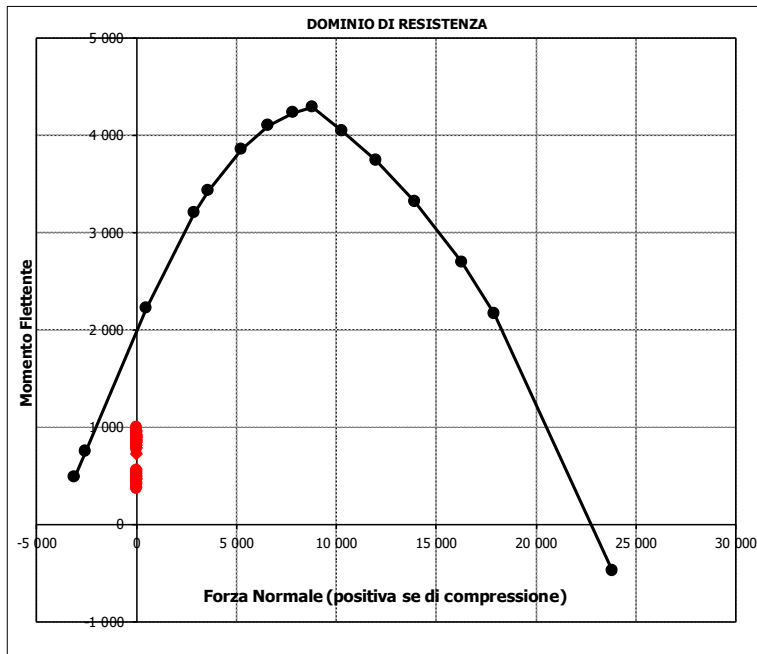
Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>26.55 cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	

(Mmax)	58S3-13T	0	999
(Mmin)	78SSS8--	0	369

Caratteristiche di sollecitazione				
Comb.	Nsd	Msd		

01S1-11M	0	908	44S1T23M	0	825
02S1-11T	0	914	45S1T23T	0	829
03S1-12M	0	840	46S1T24-	0	372
04S1-12T	0	846	47S1T25-	0	475
05S1-13M	0	959	48S1T26S	0	797
06S1-13T	0	964	49S1T27S	0	765
07S1-14-	0	438	50S1T28S	0	814
08S1-15-	0	556	51S1T29S	0	400
09S1-16S	0	927	52S1T30S	0	449
10S1-17S	0	894	53S3-11M	0	944
11S1-18S	0	945	54S3-11T	0	949
12S1-19S	0	473	55S3-12M	0	876
13S1-20S	0	524	56S3-12T	0	881
14S1-21M	0	853	57S3-13M	0	994
15S1-21T	0	858	58S3-13T	0	999
16S1-22M	0	785	59S3-14S	0	962
17S1-22T	0	790	60S3-15S	0	930
18S1-23M	0	903	61S3-16S	0	980
19S1-23T	0	909	62S3-21M	0	888
20S1-24-	0	382	63S3-21T	0	893
21S1-25-	0	501	64S3-22M	0	828
22S1-26S	0	871	65S3-22T	0	834
23S1-27S	0	839	66S3-23M	0	931
24S1-28S	0	890	67S3-23T	0	936
25S1-29S	0	418	68S3-24S	0	906
26S1-30S	0	468	69S3-25S	0	875
27S1T11M	0	875	70S3-26S	0	924
28S1T11T	0	879	71SSS1--	0	558
29S1T12M	0	815	72SSS2--	0	537
30S1T12T	0	819	73SSS3--	0	469
31S1T13M	0	918	74SSS4--	0	399
32S1T13T	0	922	75SSS5--	0	527
33S1T14-	0	464	76SSS6--	0	506
34S1T15-	0	567	77SSS7--	0	439
35S1T16S	0	889	78SSS8--	0	369
36S1T17S	0	858	79SSS9S	0	556
37S1T18S	0	906	80SSS10S	0	535
38S1T19S	0	493	81SSS11S	0	467
39S1T20S	0	541	82SSS12S	0	398
40S1T21M	0	782	83SSS13S	0	525
41S1T21T	0	786	84SSS14S	0	504
42S1T22M	0	722	85SSS15S	0	437
43S1T22T	0	726	86SSS16S	0	367



• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{ik} = 540$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R <sub>ck</sub>	40 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ck</sub>	33.2 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
f <sub>cd</sub>	22.1 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>cc</sub>	18.8 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec.	14	mm

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 110$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 101.3$ cm

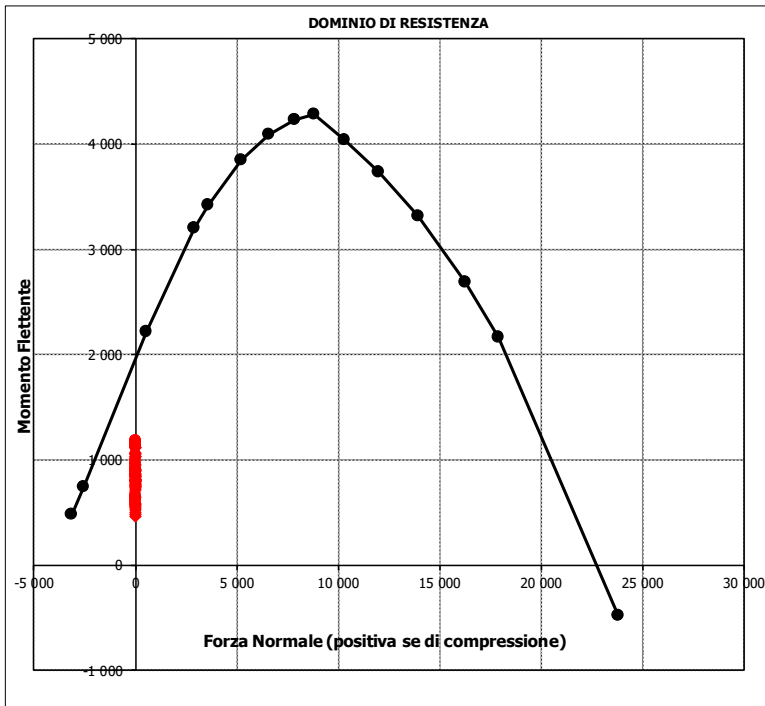
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>53.09 cm<sup>2</sup></b>			

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>26.55 cm<sup>2</sup></b>			

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Mmax)	75SSS5--	0	1189
(Mmin)	38S1T19S	0	465

Caratteristiche di sollecitazione				
Comb.	Nsd	Msd		

01S1-11M	0	739	44S1T23M	0	1127
02S1-11T	0	737	45S1T23T	0	1125
03S1-12M	0	809	46S1T24-	0	590
04S1-12T	0	807	47S1T25-	0	808
05S1-13M	0	1062	48S1T26S	0	864
06S1-13T	0	1060	49S1T27S	0	896
07S1-14-	0	522	50S1T28S	0	993
08S1-15-	0	775	51S1T29S	0	560
09S1-16S	0	759	52S1T30S	0	657
10S1-17S	0	792	53S3-11M	0	852
11S1-18S	0	894	54S3-11T	0	849
12S1-19S	0	486	55S3-12M	0	922
13S1-20S	0	587	56S3-12T	0	919
14S1-21M	0	796	57S3-13M	0	1175
15S1-21T	0	794	58S3-13T	0	1172
16S1-22M	0	866	59S3-14S	0	872
17S1-22T	0	864	60S3-15S	0	905
18S1-23M	0	1119	61S3-16S	0	1007
19S1-23T	0	1117	62S3-21M	0	909
20S1-24-	0	579	63S3-21T	0	906
21S1-25-	0	832	64S3-22M	0	970
22S1-26S	0	816	65S3-22T	0	968
23S1-27S	0	849	66S3-23M	0	1188
24S1-28S	0	951	67S3-23T	0	1186
25S1-29S	0	543	68S3-24S	0	929
26S1-30S	0	644	69S3-25S	0	961
27S1T11M	0	753	70S3-26S	0	1058
28S1T11T	0	751	71SSS1--	0	1158
29S1T12M	0	814	72SSS2--	0	1147
30S1T12T	0	812	73SSS3--	0	650
31S1T13M	0	1032	74SSS4--	0	615
32S1T13T	0	1030	75SSS5--	0	1189
33S1T14-	0	495	76SSS6--	0	1179
34S1T15-	0	713	77SSS7--	0	682
35S1T16S	0	769	78SSS8--	0	647
36S1T17S	0	801	79SSS9S	0	1135
37S1T18S	0	898	80SSS10S	0	1124
38S1T19S	0	465	81SSS11S	0	627
39S1T20S	0	562	82SSS12S	0	592
40S1T21M	0	848	83SSS13S	0	1166
41S1T21T	0	846	84SSS14S	0	1156
42S1T22M	0	909	85SSS15S	0	659
43S1T22T	0	907	86SSS16S	0	623



- 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.

**Calcestruzzo**

Tipo	C32/40	
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	18.8	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

$V_{Ed}$	kN	<b>718</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

**Soletta inf**

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	10
Numero barre		2.5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	1.96
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	26
$n_2$		5
$\varnothing_2$	mm	26
Asl	cm <sup>2</sup>	53.09

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	110
c	cm	8.7
d	cm	101.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.44
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.35
$\rho$		0.0052
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>455</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>NECESSITA ARMATURA A TAGLIO</b>

**Resistenza con armatura a taglio**

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
$\omega_{sw}$		0.02
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{RSd}$	kN	876
$V_{RCd}$	kN	2957
$V_{Rd}$	kN	<b>876</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

• Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>664</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

**Materiali**

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck}$	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck}$	<b>33.2</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm}$	33642.78	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	18.3	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.5	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.4	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s$	205000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>110</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b>	$C_{s1} = \downarrow$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \downarrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b>	$C_{t2} = \downarrow$ <b>11.3</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b>	$C_{t1} = \downarrow$ <b>8.7</b> cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.1</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>141.5</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	$e$ (M)	$\infty$	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	$\infty$	cm		
Posizione asse neutro	$y$ (M)	<b>30.5</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	12115	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	13559320.54	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	4983114.259	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	597	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	854	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	$u$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.2		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	181.8	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	<b>30.5</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	26.49	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2648.77	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0200	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000354766	-	
Copriferro netto	$c'$	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>26.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta S_{max}$	390.5111786	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta S_m$	229.712458	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.08	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.14</b>	mm	

• Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>816</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

**Materiali**

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck}$	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck}$	<b>33.2</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm}$	33642.78	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	18.3	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.5	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.4	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s$	205000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>110</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1^1$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$c_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2^1$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$c_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$c_{t2} = 11.3$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$c_{t1} = 8.7$ cm


**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.0</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>173.8</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	<b>30.5</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	12115	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	13559320.54	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	4983114.259	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	597	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	854	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.2		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	181.8	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	<b>30.5</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_c$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	26.49	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2648.77	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0200	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000354766	-	
Copriferro netto	$c'$	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>26.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	390.5111786	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	229.712458	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.08	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.14</b>	mm	

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL0700001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 62 di 64</p>


## 11. INCIDENZA SCATOLARE

I valori delle incidenze di armatura lenta sono indicati nella seguente tabella:

Soletta superiore	<b>100 kg/mc</b>
Soletta inferiore	<b>100 kg/mc</b>
Piedritti	<b>90 kg/mc</b>

Come previsto dall' Eurocodice (UNI EN 1992-1-1) per le piastre a portanza unidirezionale si raccomanda di prevedere un'armatura secondaria in quantità non minore del 20% dell'armatura principale.

Pertanto nel calcolo è stata considerata un' armatura longitudinale diffusa  $\phi 20/20$  ed un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature e spille.

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL07 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+578.62</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0700001	REV. A

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

### 12.1 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.

### 12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo

Titolo: SAP2000 Ultimate  
 Versione: 21.0.2  
 Produttore: CSI Computers and Structures, Inc.

### 12.3 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.