

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

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

OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL08A - Sottovia Rampa Entrata Zona di Svincolo Albenga Km. 84+780

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 8 A 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: IV0100D26CLSL08A0001A.docx

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A	FOGLIO 2 di 80

<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.....	46
10.4 Sollecitazioni .....	50
10.5 Verifiche strutturali.....	56
10.5.1 Riepilogo armature .....	56
10.5.2 Verifica soletta superiore.....	57
10.5.3 Verifica piedritti .....	64
10.5.4 Verifica soletta inferiore.....	71
<b>11.INCIDENZA SCATOLARE .....</b>	<b>78</b>
<b>12.DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2) .....</b>	<b>79</b>
12.1 Tipo di analisi svolte.....	79
12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo.....	79
12.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	79

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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 SL08A al km 84+766, in località Albenga.

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

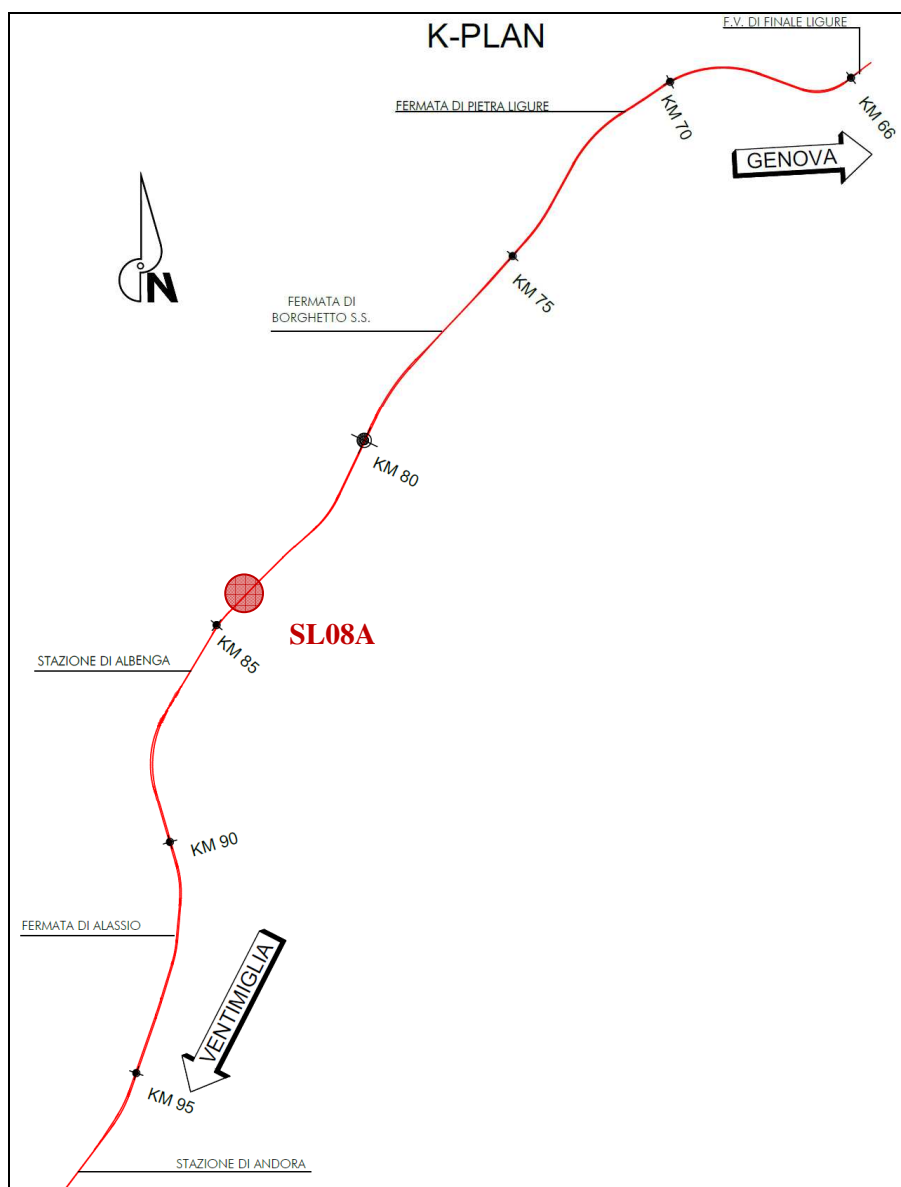


Figura 1: Raddoppio tratta Finale L. - Andora. Inquadramento dell'opera

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A

## 2. DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale dell'opera scatolare SL08A 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		0.20	m
<b>Geometria</b>				
Spessore soletta superiore	Ss		0.85	m
Spessore soletta di fondazione	Sf		0.85	m
Spessore piedritti	Sp		0.85	m
Altezza netta	Hint		7.30	m
Larghezza netta	Lint		8.50	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L		16.56	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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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	$\epsilon_{vd}$	[%]	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	
C <sub>min</sub>	C <sub>o</sub>	ambiente	C <sub>o</sub> ≤ C	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C <sub>o</sub> ≤ C	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C <sub>o</sub> ≤ C	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C <sub>o</sub> ≤ C	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>
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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A	FOGLIO 8 di 80

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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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:

Unità	$\gamma$	$\phi$	$c'$	cu	E	Vs	v
-	kN/mc	°	kPa	kPa	MPa	m/s	-
1	19	28	0	-	10	-	0.3
2	20	34	0	-	30	210	0.25
3	20	25	5	50	5	400	0.3

Unità	Descrizione	$\gamma$	$\phi$	$c'$	cu	E	Vs	v
-	-	kN/mc	°	kPa	kPa	MPa	m/s	-
2	Limo con sabbia fine moderatamente consistente	20	34	0	-	40	210	0.25
3	Sabbia con limo ghiaiosa addensata e ghiaia con sabbia limosa	20	25	5	50	5	400	0.3
CMV-c	Limo argilloso debolmente sabbioso da consistente a duro	20.5	25	10	100	14	800	0.25
CMV	Conglomerato con clasti poligenici ed eterometrici i matrice limo-	20	35	0	-	50	800	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:

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

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

### 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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A

### 6.3 Carichi mobili (traffico ferroviario)

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

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

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

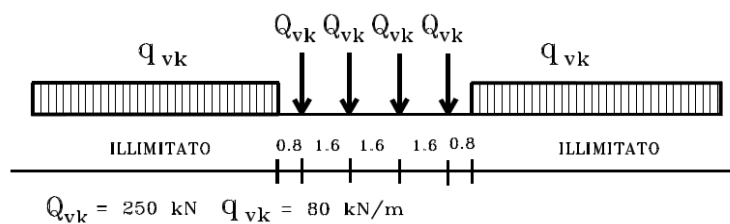
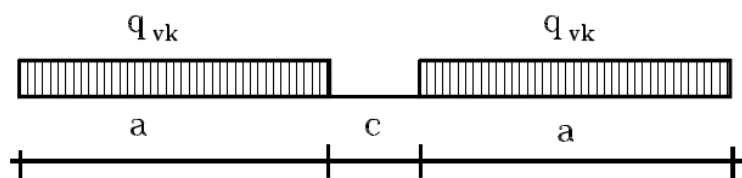


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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

Figura 6.2– Treno di carico SW

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A

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

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

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

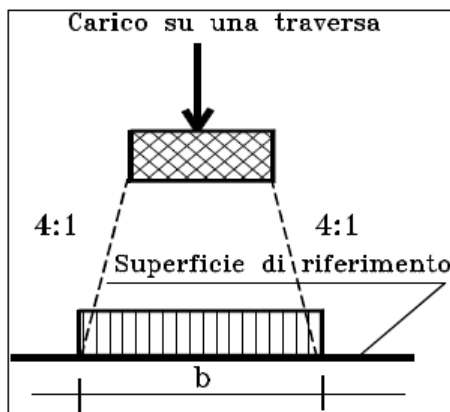
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

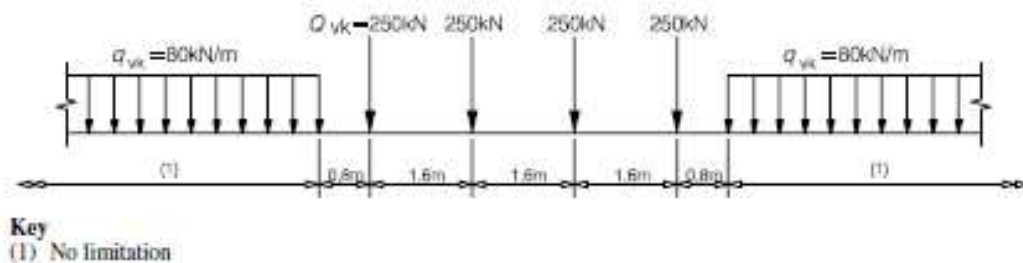
$L_\Phi$  rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

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

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



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

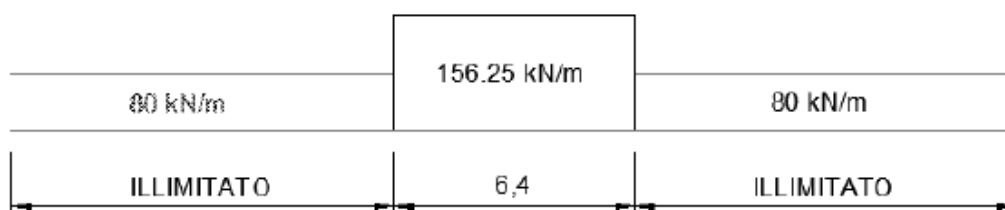


Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

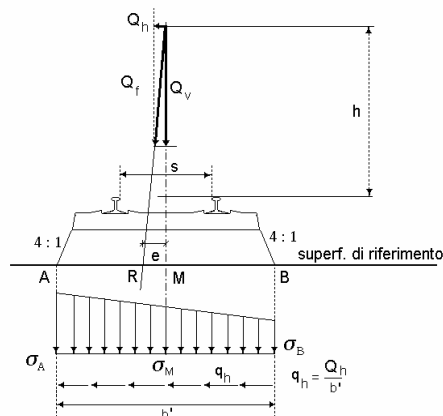
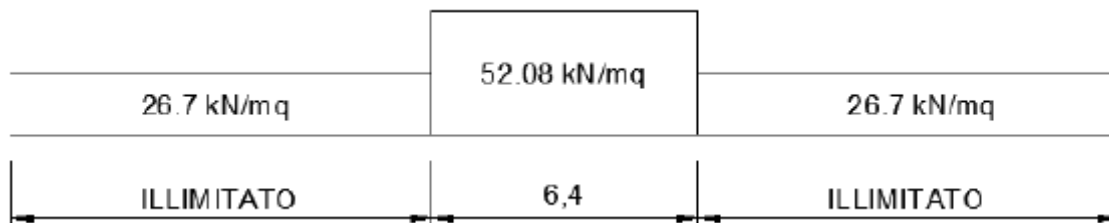
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A

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>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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: IV
- Coefficiente d'uso  $C_U = 2.0$
- 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:

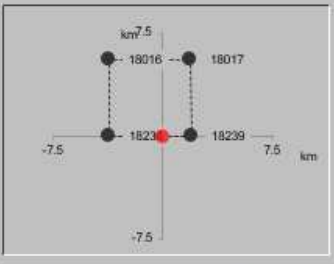
Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

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

Interpolazione:

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 progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$

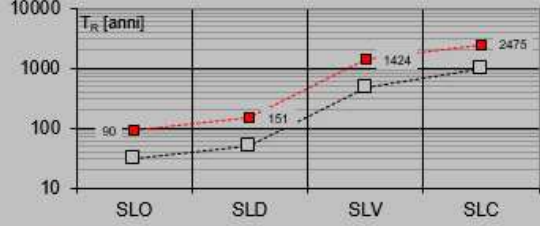
Stati limite ultimi - SLU

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- ..... Strategia a stata

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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A

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

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_2$	0.205 g
$F_0$	2.471
$T_0$	0.306 s
$S_s$	1.197
$C_c$	1.394
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.197
$\eta$	1.000
$T_B$	0.142 s
$T_C$	0.427 s
$T_D$	2.422 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°, ed un umidità relativa del 75% a 7 gg.

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

## 6.8 Variazione termica

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

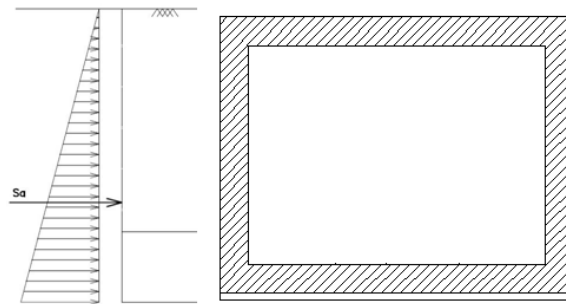
Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

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

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A

### 6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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

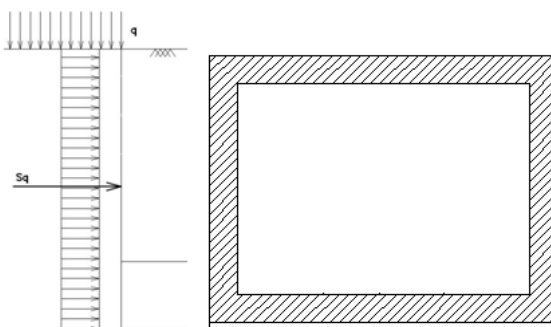


Figura 6.4– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

### 6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche

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

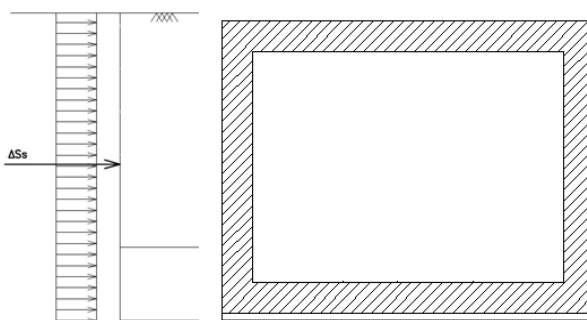


Figura 6.5– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A

## 8. VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

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

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

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

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

### 8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

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

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

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

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

- Resistenza di progetto a "taglio trazione":

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

- Resistenza di progetto a "taglio compressione":

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

 <b>ITALFERR</b> <b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b>	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A	FOGLIO 22 di 80

Nelle espressioni precedenti i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$s$  è il passo delle staffe;

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

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

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

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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:

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

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

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



	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A	FOGLIO 24 di 80

## 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

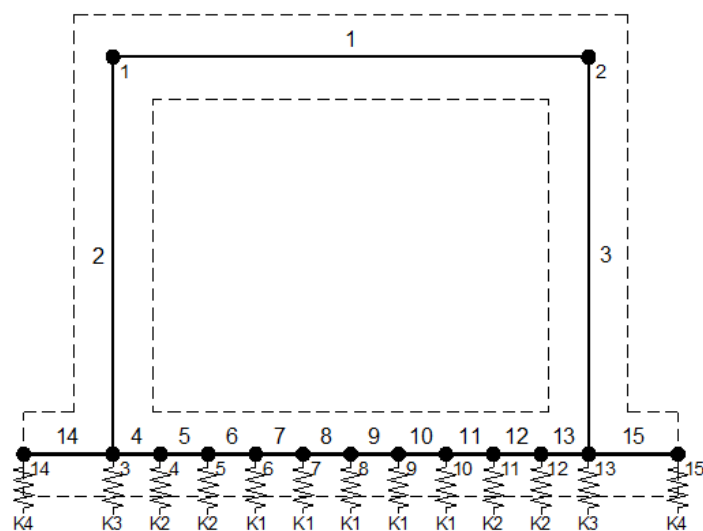
**x** = asse trasversale dello scatolare

**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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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 rigidezza delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale Kw pari a 969 kN/m<sup>3</sup>. Tale valore viene valutato tramite la teoria di Bowles, note le dimensioni della fondazione dell'opera e il modulo elastico del terreno di fondazione:

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

Dove:

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

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

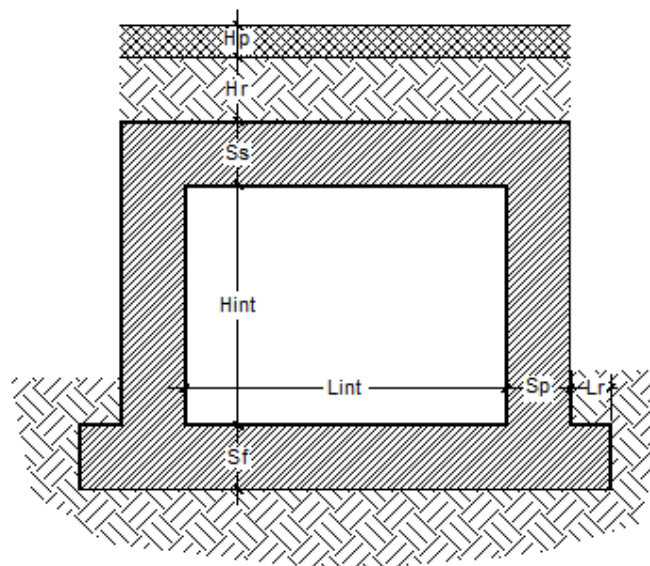
<b>Rigidezze molle verticali</b>				
Modulo elastico del terreno	E <sub>t</sub>		10.00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	v		0.30	-
Larghezza della fondazione	B	B = L <sub>r</sub> +S <sub>p</sub> +L <sub>int</sub> +S <sub>p</sub> +L <sub>r</sub>	10.20	m
Lato maggiore della fondazione	L		16.56	m
Fattore di forma	c <sub>t</sub>		1.11	-
Terreno di fondazione - Costante di sottofondo	K <sub>w</sub>	K <sub>w</sub> = E <sub>t</sub> /(1-ν <sup>2</sup> )*B*c <sub>t</sub>	969	kN/m <sup>3</sup>
Interasse mole	i	i = (S <sub>p</sub> /2+L <sub>int</sub> +S <sub>p</sub> /2)/10	0.94	m
Molle centrali	K1	K <sub>1</sub> = K <sub>w</sub> *i	906	kN/m
Molle intermedie	K2	K <sub>2</sub> = 1.50*K <sub>w</sub> *i	1 359	kN/m
Molle laterali	K3	K <sub>3</sub> = 2.00*K <sub>w</sub> *(i/2+S <sub>p</sub> /2)	1 730	kN/m
Molle risolto	K4	K <sub>4</sub> = 1.50*K <sub>w</sub> *L <sub>r</sub>	0	kN/m

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

## 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>
Balast - Peso specifico	Y <sub>b</sub>		18	kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato -Peso specifico	γ		20	kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ		38	°
Terreno di riempimento laterale - Peso specifico	γ		19.0	kN/m <sup>3</sup>
Terreno di riempimento laterale - Angolo di attrito	φ		28	°
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>		0.20	m
Geometria				
Spessore soletta superiore	S <sub>s</sub>		0.85	m
Spessore soletta di fondazione	S <sub>f</sub>		0.85	m
Spessore piedritti	S <sub>p</sub>		0.85	m
Altezza netta	H <sub>int</sub>		7.30	m
Larghezza netta	L <sub>int</sub>		8.50	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L <sub>r</sub>		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L		16.56	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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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	$0.20 \cdot 20 =$	4.00	kN/m <sup>2</sup>
Totale		$(Pr+Ps) \cdot r$	<b>20.07</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Risolvi 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.	$L_{\phi}$	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (7.73 + 9.35 + 7.73)$	10.75	m
Coefficiente dinamico	$\Phi_3$	$= 0.9 \cdot (2.16 / (\text{radq}(10.75) - 0.2) + 0.73)$	1.29	
Qvk				
Coefficiente di adattamento	$\alpha$		1.10	
Larghezza traversa	Lt		2.40	m
Impronta di carico y	Ld1	$2.40 + 2 \times (0.40/4 + 0.20 \times \text{TAN}(38^\circ) + 0.85/2) =$	3.76	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)		$1.1 \cdot 1.29 \cdot 1000 / (3.76 \cdot 6.40) =$	<b>58.86</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
qvk				
Carico qvk			80	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.29 \cdot 80 / 3.76 =$	<b>30.14</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)		$1 \cdot 1.29 \cdot 150 / 3.76 =$	<b>51.37</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Avviamento e frenatura (Condizione AVV)</b>				
Q1ak (= $\alpha \cdot 33 / Ld1$ )		$\alpha \cdot 33 / 3.76 =$	<b>9.65</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	$\varphi$		28.00	°	
Coefficiente di spinta a riposo	$K_0$	$K_0 = [1 - \text{sen}(\varphi)] \cdot \text{OCR}^m$	0.53	-	
Angolo di attrito terreno-muro	$\delta$		18.6667	°	
Inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale	$\beta$		0	°	
Inclinazione piedritto rispetto alla verticale	$\alpha$		90	°	
Coefficiente di spinta attiva	$K_a$		0.32	-	
<b>Spinta del terreno (Condizioni SPTSX e SPTDX)</b>					
K01		$1 - \text{sen}(38^\circ) =$	0.384		
K02		$1 - \text{sen}(28^\circ) =$	0.531		
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.384 \cdot 20.00 =$	7.69	kN/m <sup>2</sup>	
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.384 \cdot (20.00 + 20 \cdot 0.85/2) =$	10.95	kN/m <sup>2</sup>	
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.531 \cdot [20.00 + 20 \cdot (0.85 + 7.30 + 0.85/2)] =$	97.05	kN/m <sup>2</sup>	
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.531 \cdot [20.00 + 20 \cdot (0.85 + 7.30 + 0.85)] =$	101.33	kN/m <sup>2</sup>	
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(7.69 + 10.95)/2 \cdot 0.85/2 =$	3.96	kN/m	
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(97.05 + 101.33)/2 \cdot 0.85/2 =$	42.16	kN/m	
<b>Spinta del carico accidentale LM71 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)</b>					
Spinta dovuta al q1	p	$0.531 \cdot 1.1 \cdot 1000 / (3.76 \cdot 6.40) =$	24.24	kN/m <sup>2</sup>	
<b>Spinta del carico accidentale SW/2 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)</b>					
Spinta dovuta al q1	p	$0.531 \cdot 1 \cdot 150 / (3.76 \cdot 6.40) =$	3.30	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	$a_g/g$		0.205		
Amplificazione spettrale	$F_0$		2.471		
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	B		
Coeff. Amplificazione stratigrafica	$S_s$		1.197		
Coeff. Amplificazione topografica	$S_t$		1		
Coefficiente S	$S$	$= S_s \cdot S_t$	1.197		
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g = a_g/g \cdot S$		0.245		
Fattore di struttura	$q$		1.00		
Coeff. sismico orizzontale	$k_h$	$= a_{max}/g$	0.245		
Coeff. sismico verticale	$k_v$	$= \pm 0.5 \cdot k_h$	0.123		
Carico accidentale totale gravante sulla cop.		$1.1 \cdot 1000 / (3.76 \cdot 6.40) \cdot 6.40 + 1.1 \cdot 80 / 3.76 \cdot 10.20 =$	530.9	kN/m	
Forza orizz. sulla sol. di cop.	FHs	$0.245 \cdot (0.85 \cdot 25 + 20.07 + 0.2 \cdot 530.9 / 9.35) / 1.00 =$	12.93	kN/m <sup>2</sup>	
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.245 \cdot (0.85 \cdot 25) / 1.00 =$	5.22	kN/m <sup>2</sup>	
<b>Sisma verticale (Condizione SISMAV)</b>					
Forza vert. sulla sol. di cop.	FVs	$0.123 \cdot (0.85 \cdot 25 + 20.07 + 0.2 \cdot 530.9 / 9.35) / 1.00 =$	6.47	kN/m <sup>2</sup>	
<b>Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSPDX)</b>					
Risultante della spinta sismica	$\Delta S_E$	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (\text{Hint} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.245 \cdot 20 \cdot 10$	490.9	kN/m	
Pressione risultante	$\Delta p_E$	$= \Delta S_E / H = 490.9 / 8.15$	60.24	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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

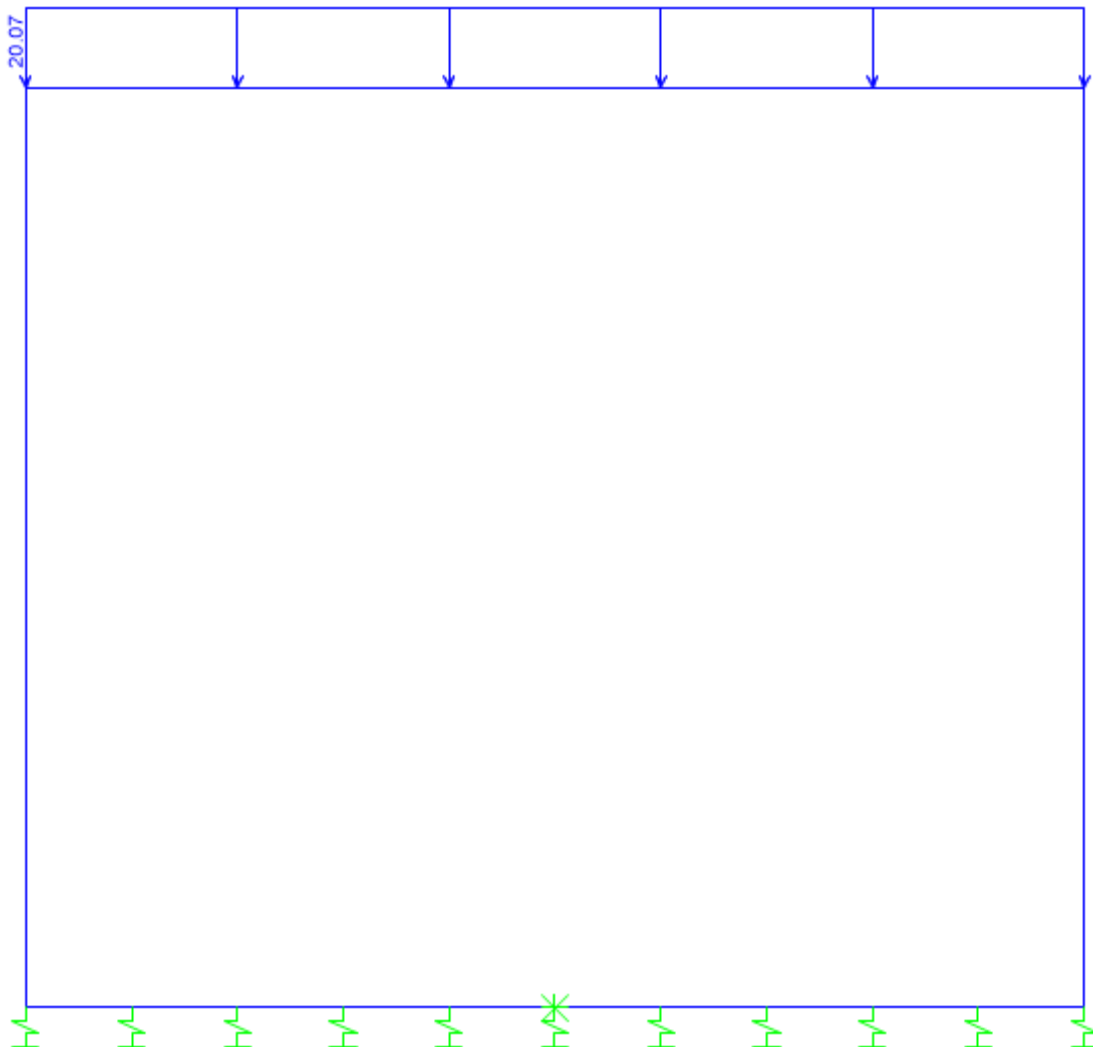


Figura 6: Condizione di carico PERM (kN/m/m)

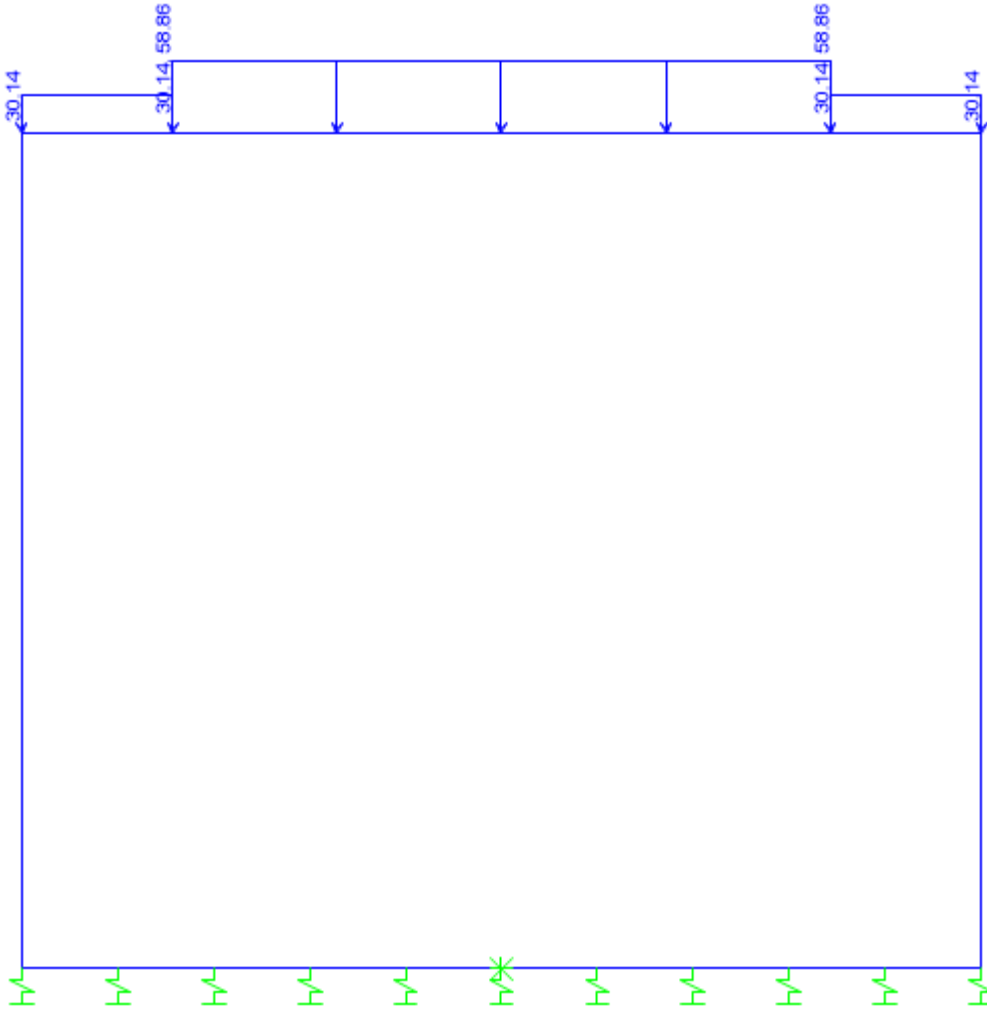


Figura 7: Condizione ACC-LM71-  $M(kN/m/m)$



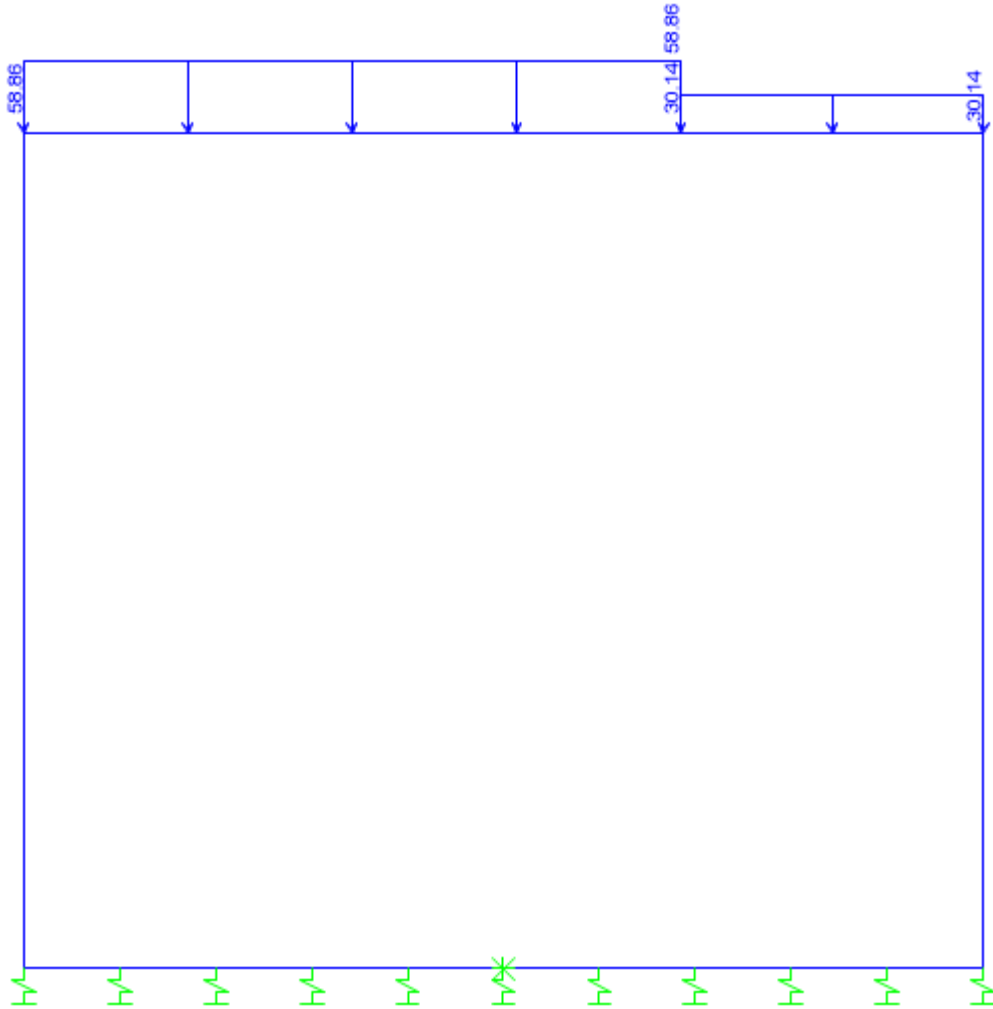


Figura 8: Condizione ACC-LM71- T(kN/m/m)

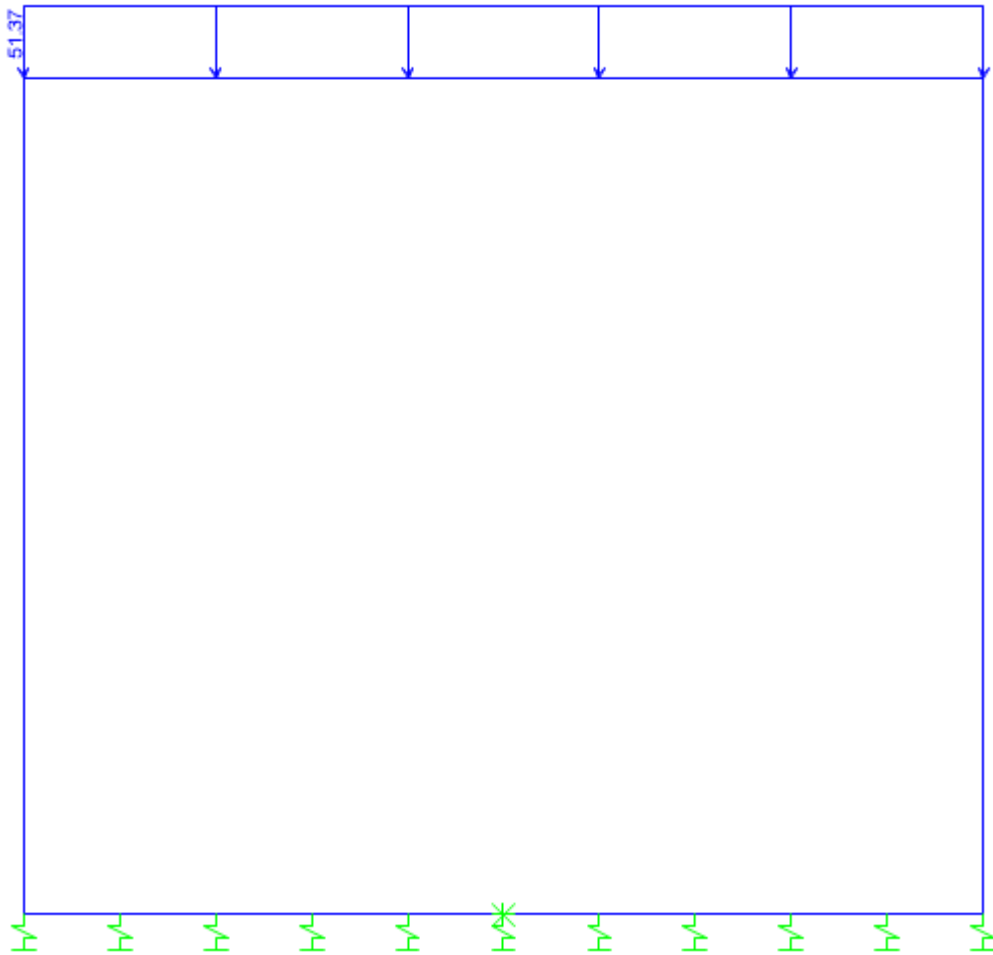


Figura 9: Condizione ACC-SW (kN/m/m)

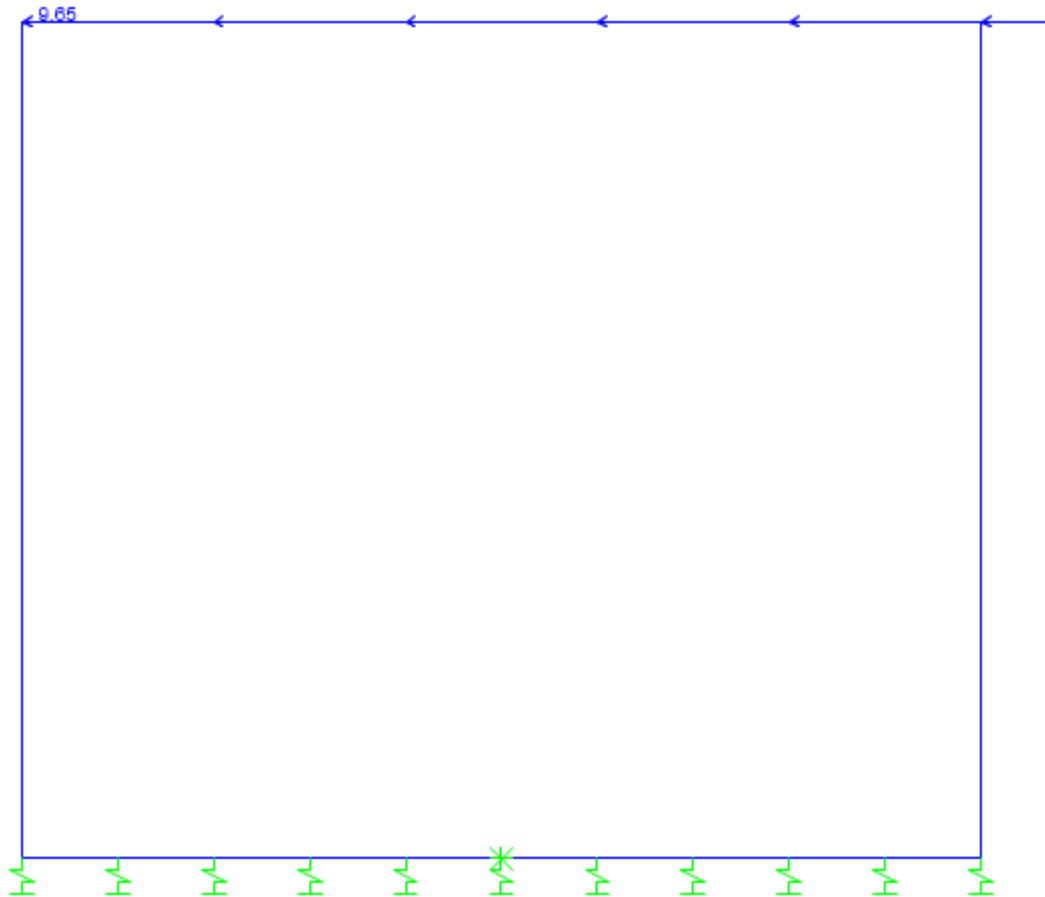


Figura 10: Condizione AVV (kN/m/m)

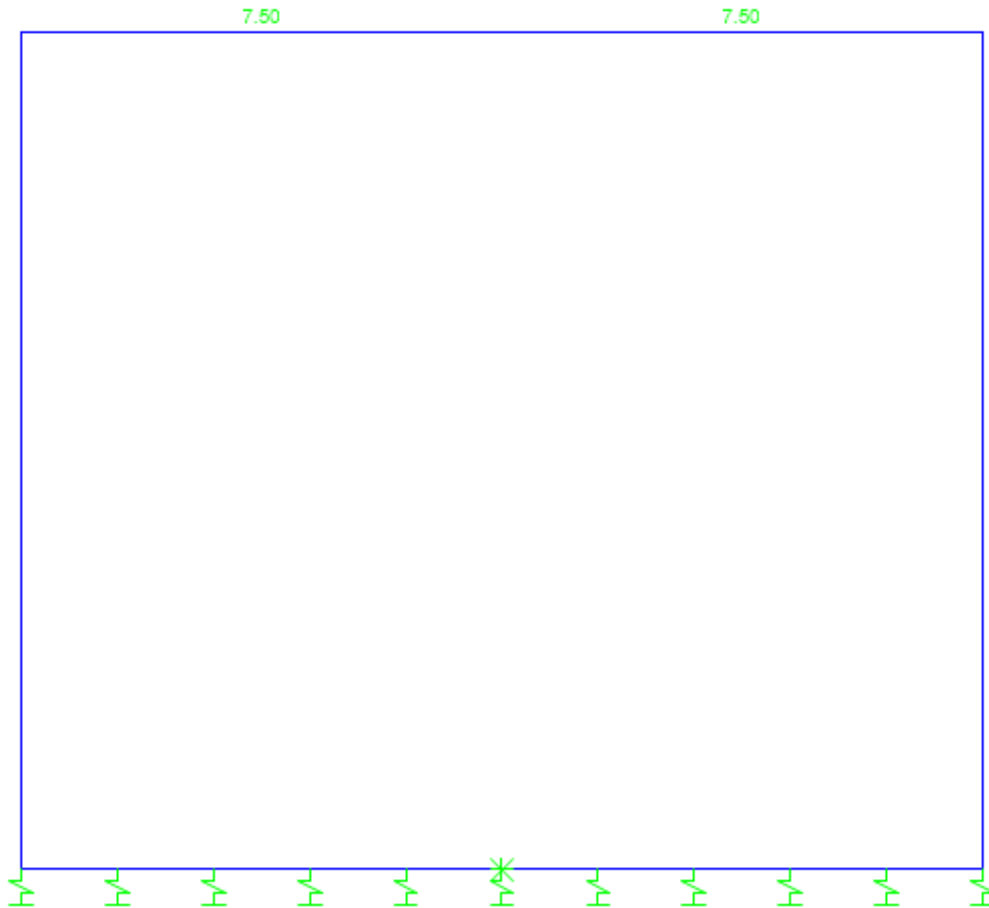


Figura 11: Condizione TERM (°C)

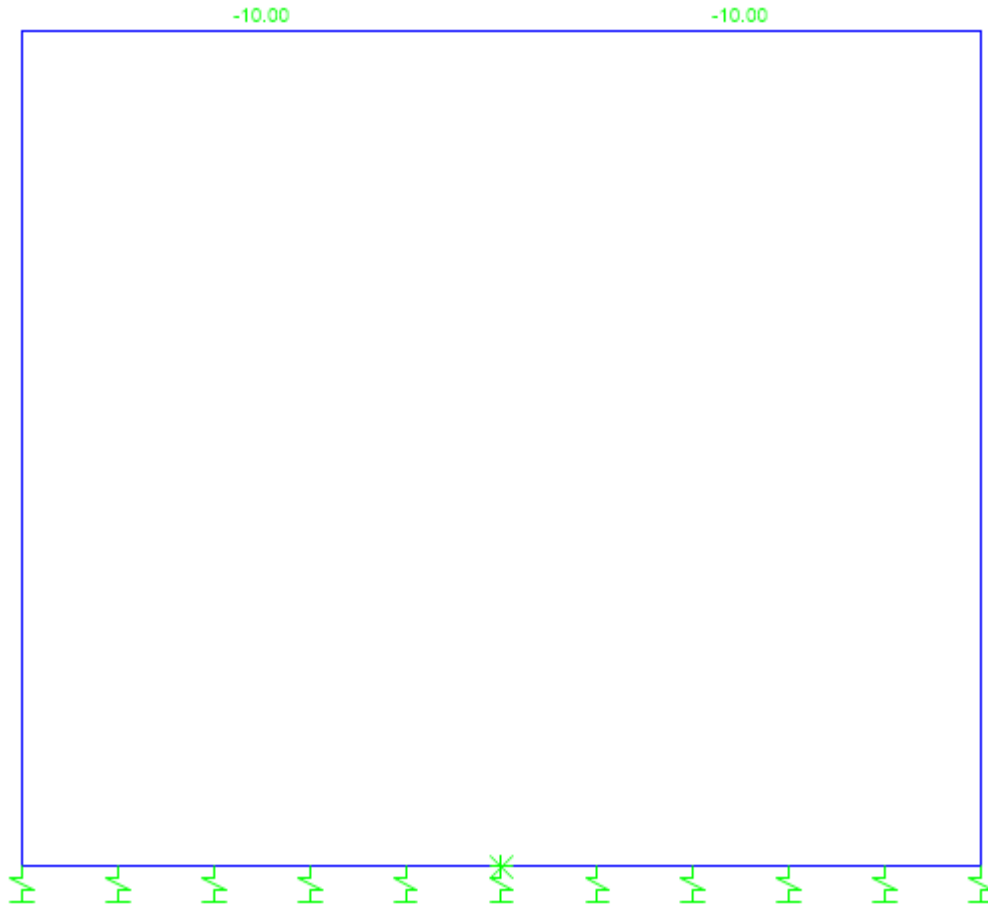


Figura 12: Condizione RITIRO (°C)

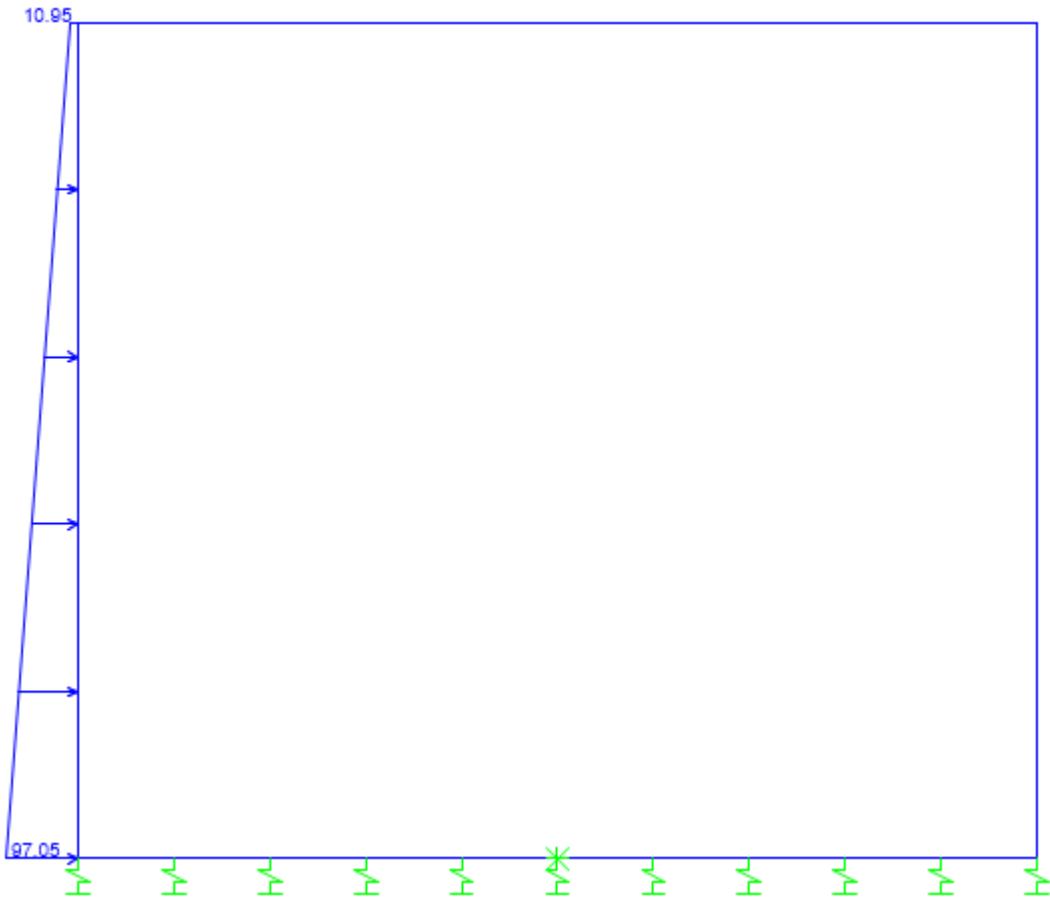


Figura 13: Condizione SPTSX (kN/m/m)

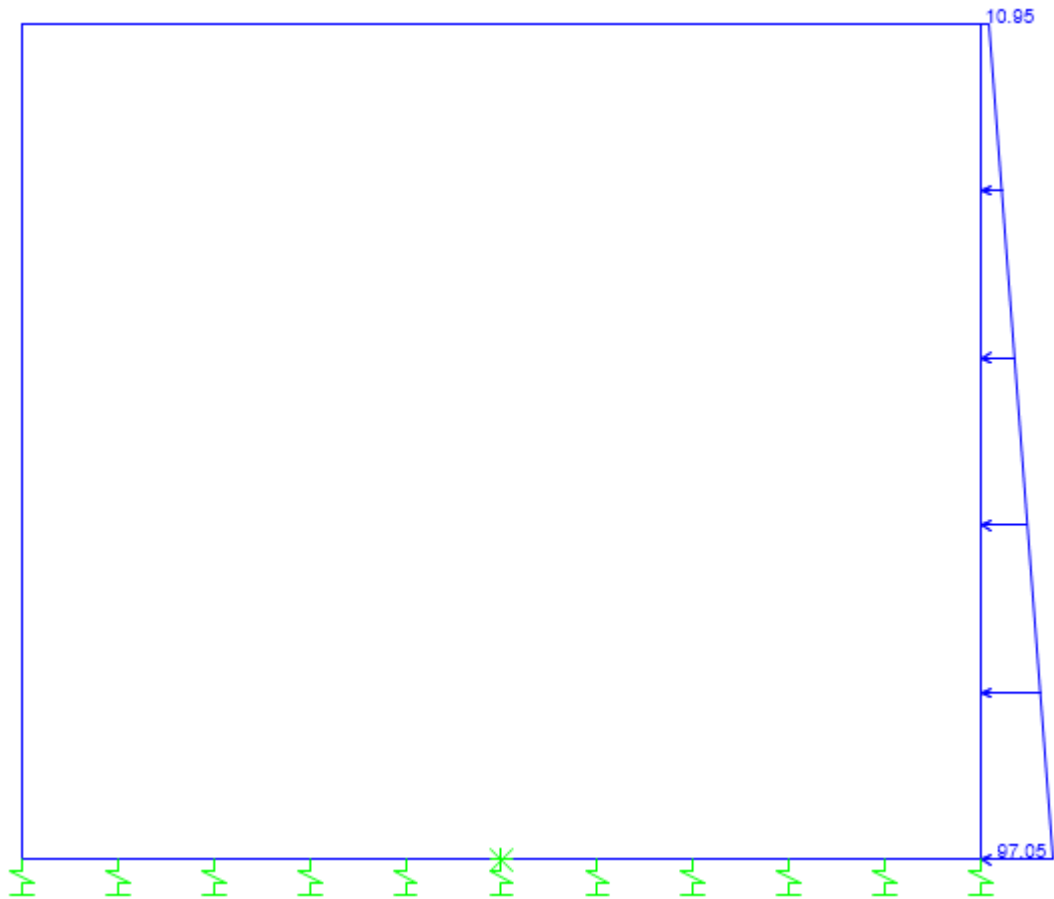


Figura 14: Condizione SPTDX (kN/m/m)

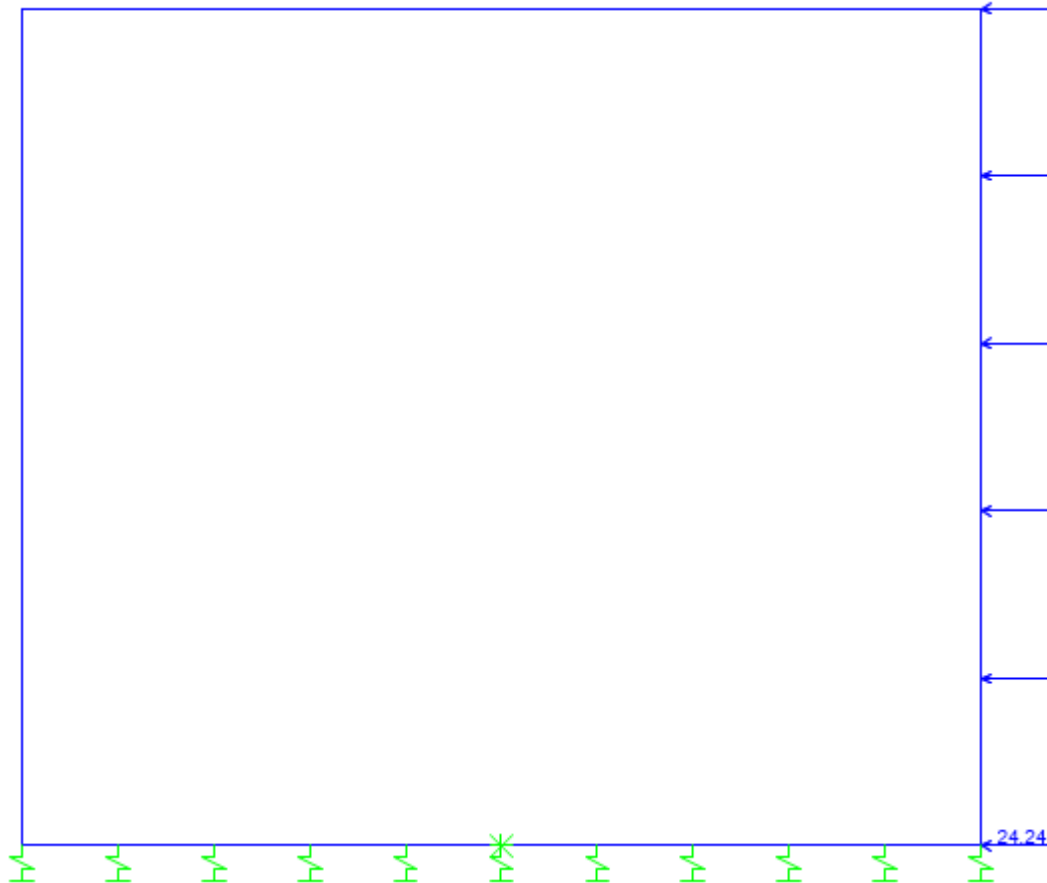


Figura 15: Condizione SPQDX71 (kN/m/m)



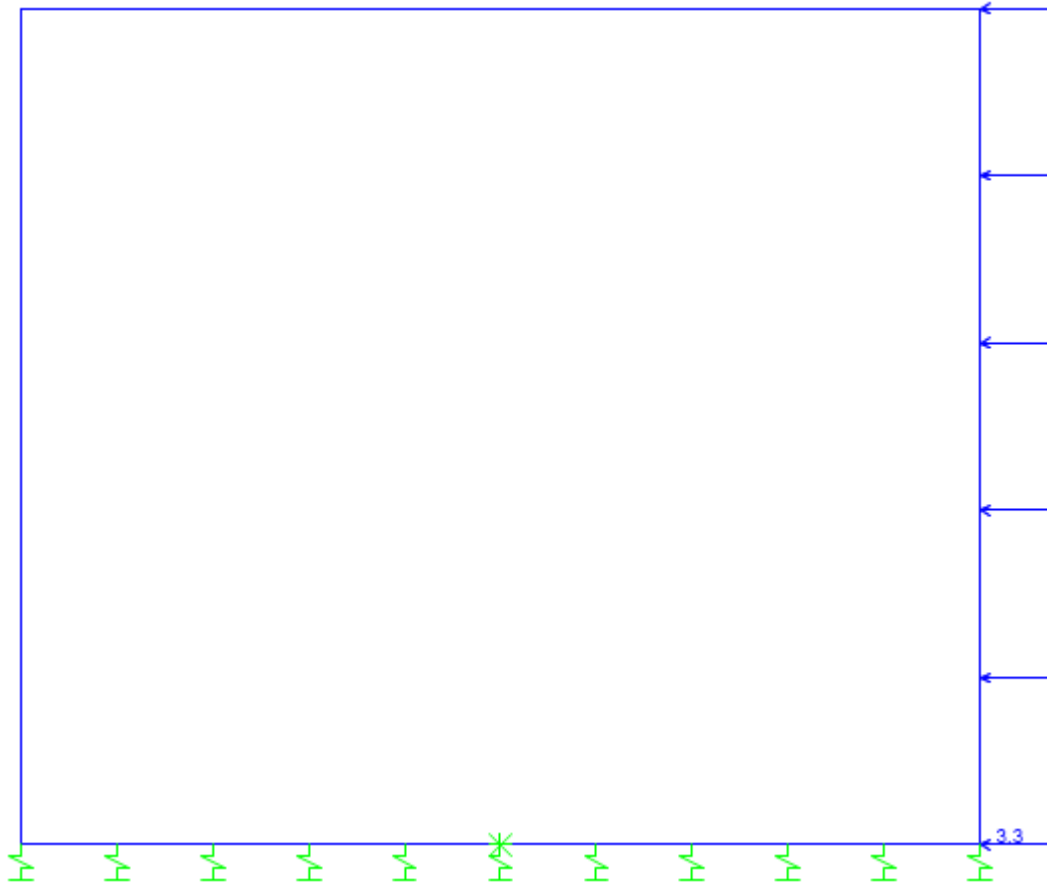


Figura 16: Condizione SPQDXSW (kN/m/m)

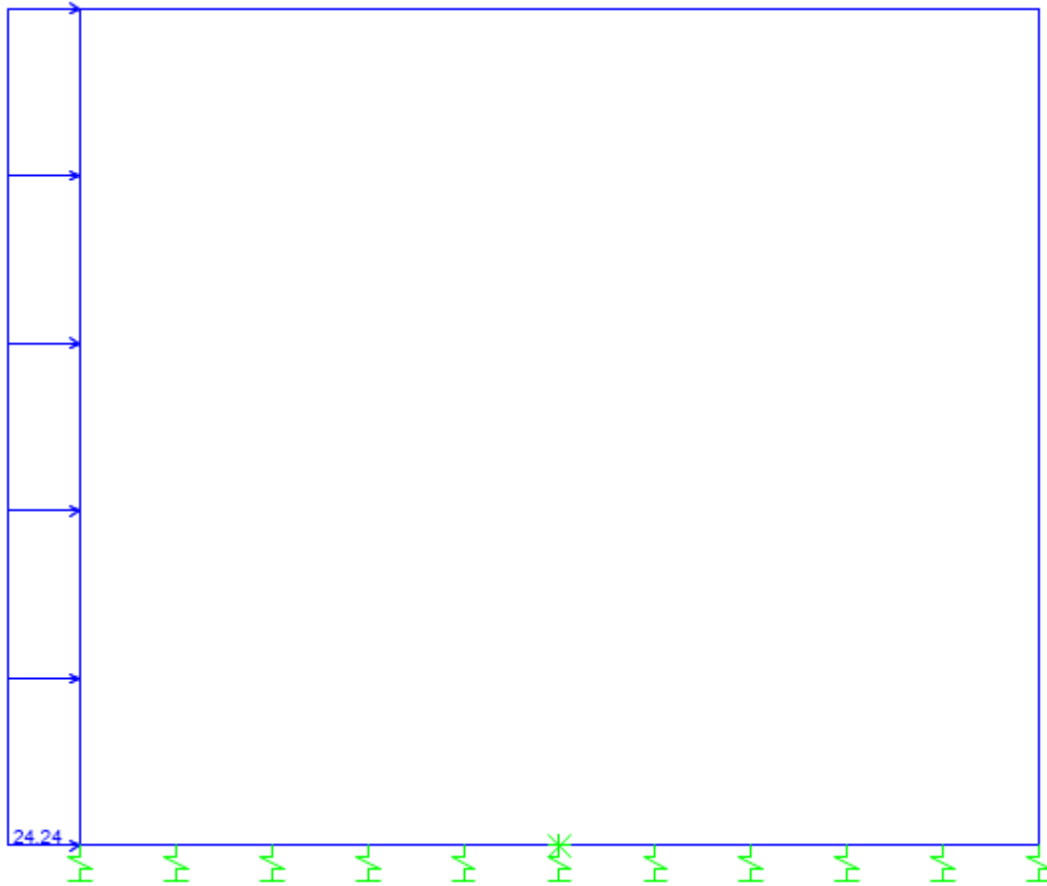


Figura 17: Condizione SPQSX71 (kN/m/m)

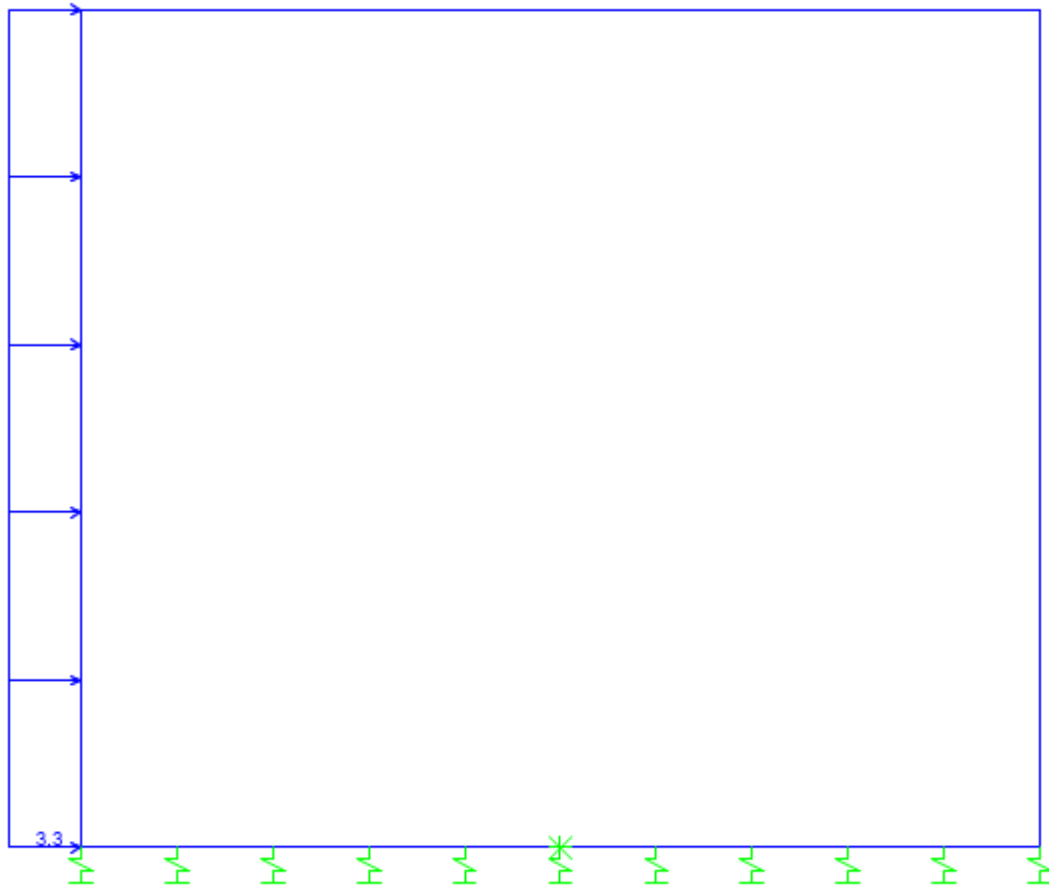


Figura 18: Condizione SPQSXS (kN/m/m)

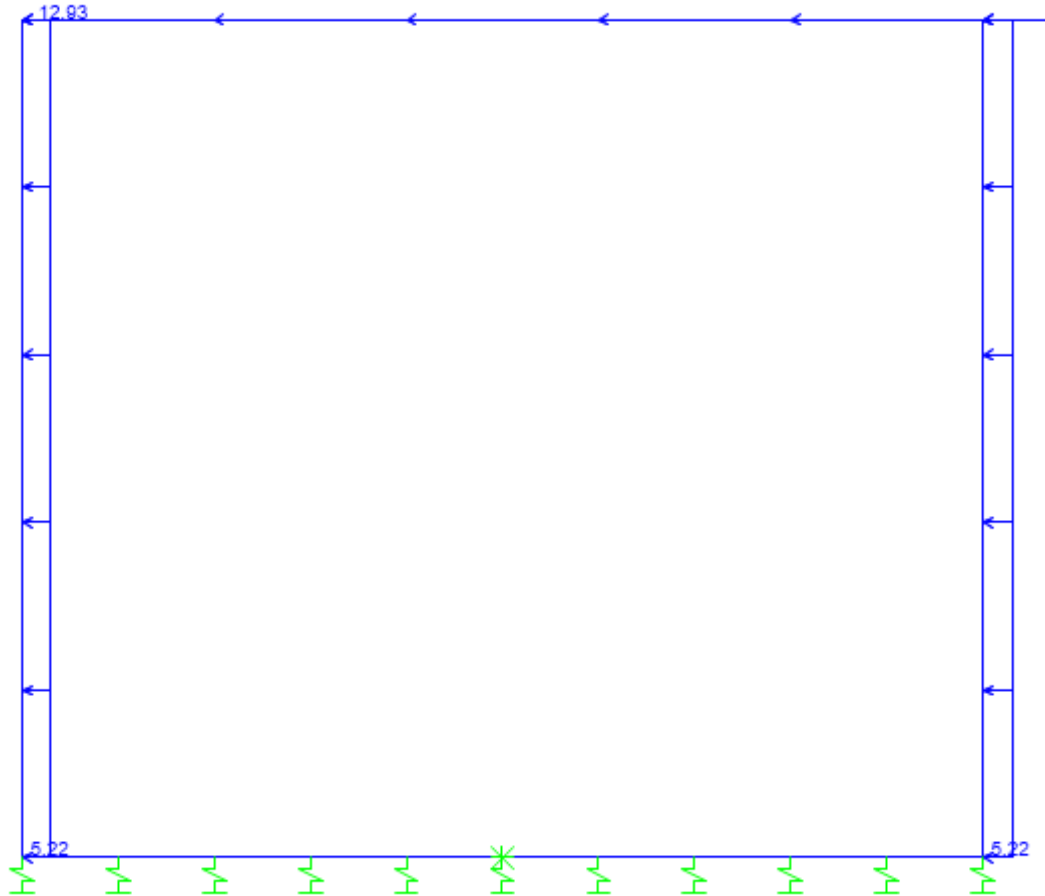


Figura 19: Condizione SISMAH (kN/m/m)

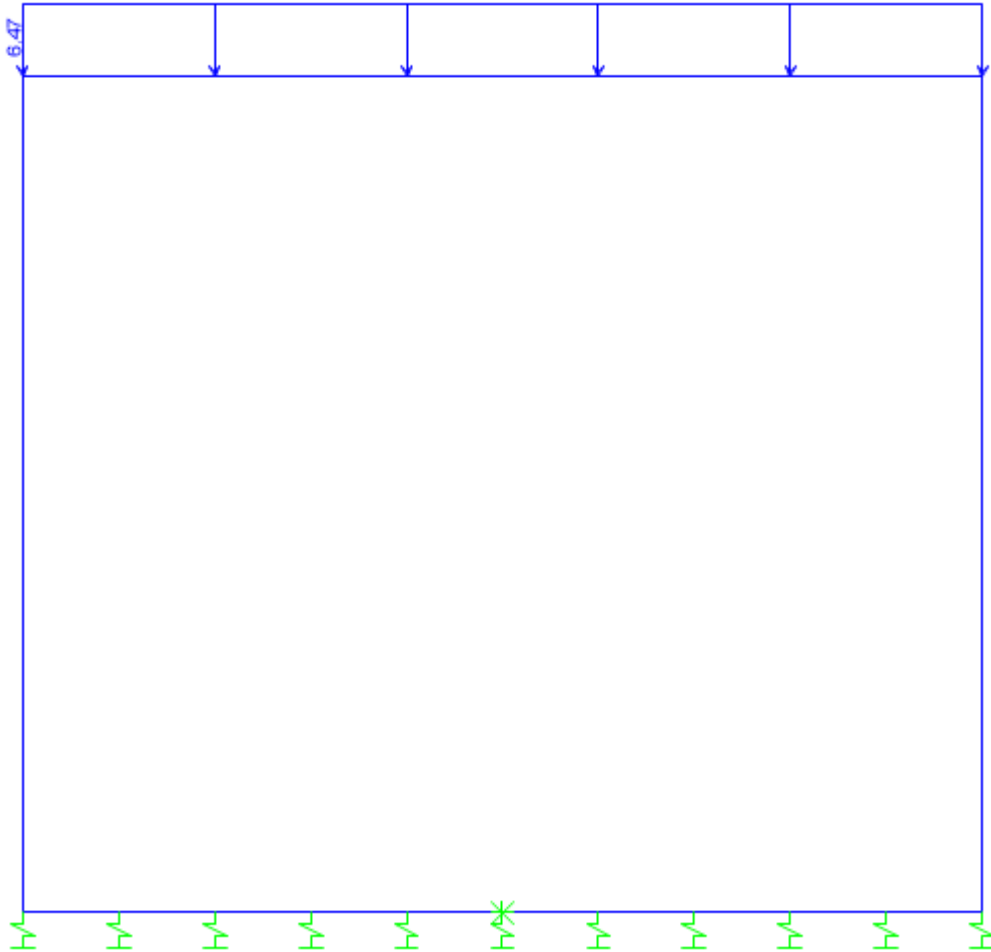


Figura 20: Condizione SISMAV (kN/m/m)

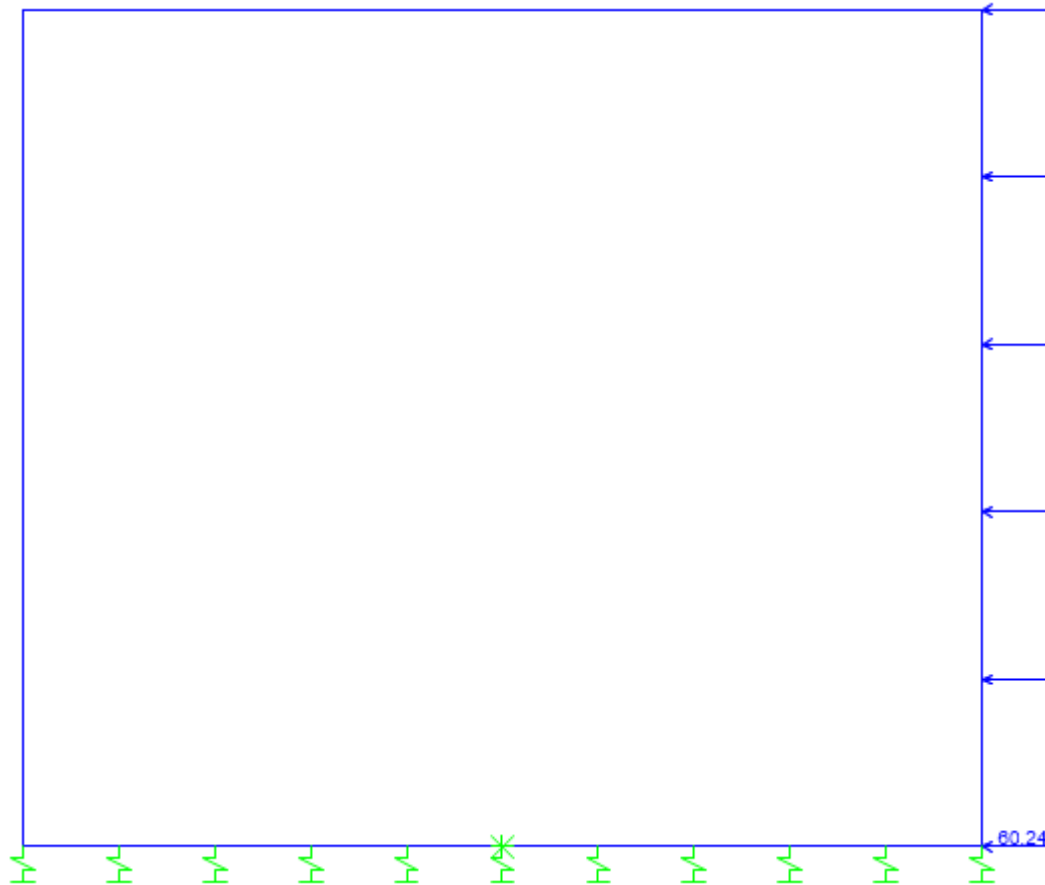


Figura 21: Condizione SPSDX (kN/m<sup>2</sup>)

### 10.3 Combinazioni

N	PERM	PERM-G2	ACC-M71	ACC-T71	AVV	SPTSX	SPTDX	SPOSX71	SPQDX71	TERM	RITIRO	SISMAH	SISMAV	SPSDX	ACC-SW	SPOSXSW	SPQDXSW	
01	01S1-11M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
02	02S1-11T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
03	03S1-12M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
04	04S1-12T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
05	05S1-13M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
06	06S1-13T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
07	07S1-14-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
08	08S1-15-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
09	09S1-16S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.00	1.00	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	1.45	0	0
10	10S1-17S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.35	1.35	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	1.45	1.45	1.45
11	11S1-18S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.00	1.35	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	1.45	0	1.45
12	12S1-19S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	0	1.45	1.45
13	13S1-20S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.00	1.35	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	0	0	1.45
14	14S1-21M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
15	15S1-21T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
16	16S1-22M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
17	17S1-22T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
18	18S1-23M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
19	19S1-23T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
20	20S1-24-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
21	21S1-25-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
22	22S1-26S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	0
23	23S1-27S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	1.45	1.45	1.45
24	24S1-28S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	1.45
25	25S1-29S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	1.45	1.45
26	26S1-30S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	1.45
27	27S1T11M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
28	28S1T11T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
29	29S1T12M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
30	30S1T12T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
31	31S1T13M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.35	0	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
32	32S1T13T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.35	0	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
33	33S1T14-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
34	34S1T15-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
35	35S1T16S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	1.2	0	0	0	1.16	0	0
36	36S1T17S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.35	1.35	0	0	1.5	1.2	0	0	0	1.16	1.16	1.16
37	37S1T18S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.35	0	0	1.5	1.2	0	0	0	1.16	0	1.16
38	38S1T19S	1.35	1.5	0	0	0	1.35	1.35	0	0	1.5	1.2	0	0	0	0.00	1.16	1.16
39	39S1T20S	1.35	1.5	0	0	0	1.00	1.35	0	0	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0	1.16
40	40S1T21M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
41	41S1T21T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
42	42S1T22M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
43	43S1T22T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
44	44S1T23M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
45	45S1T23T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
46	46S1T24-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
47	47S1T25-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
48	48S1T26S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	1.16	0	0
49	49S1T27S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	1.16	1.16	1.16
50	50S1T28S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	1.16	0	1.16
51	51S1T29S	1.35	1.5	0	0	0	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	0	1.16	1.16
52	52S1T30S	1.35	1.5	0	0	0	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	0	0	1.16
53	53S3-11M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
54	54S3-11T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
55	55S3-12M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
56	56S3-12T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
57	57S3-13M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
58	58S3-13T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
59	59S3-14S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	0
60	60S3-15S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.35	1.35	0	0	0.9	1.2	0	0	0	1.45	1.45	1.45
61	61S3-16S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.35	0	0	0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	1.45
62	62S3-21M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
63	63S3-21T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
64	64S3-22M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.35	1.35	1.16	1.16	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
65	65S3-22T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.35	1.35	1.16	1.16	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
66	66S3-23M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.35	0	1.16	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
67	67S3-23T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.35	0	1.16	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0

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	105RIT11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
106	106RIT11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
107	107RIT12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
108	108RIT12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
109	109RIT13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
110	110RIT13T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
111	111RIT14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0
112	112RIT15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
113	113RIT16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0.8
114	114RIT21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
115	115RIT21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
116	116RIT22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
117	117RIT22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
118	118RIT23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
119	119RIT23T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
120	120RIT24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0
121	121RIT25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
122	122RIT26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0.8



**SL08A - Sottovia Rampa Entrata**  
**Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL08A0001	A	48 di 80

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	0	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	0	1
141	141RIT11M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
142	142RIT11T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
143	143RIT12M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
144	144RIT12T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
145	145RIT13M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
146	146RIT13T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
147	147RIT14S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0
148	148RIT15S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
149	149RIT16S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0.8
150	150RIT21M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
151	151RIT21T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
152	152RIT22M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
153	153RIT22T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
154	154RIT23M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
155	155RIT23T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
156	156RIT24S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0
157	157RIT25S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
158	158RIT26S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	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	0	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	0	1
177	177RIT11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
178	178RIT11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
179	179RIT12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
180	180RIT12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
181	181RIT13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
182	182RIT13T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
183	183RIT14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0
184	184RIT15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
185	185RIT16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0.8
186	186RIT21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
187	187RIT21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
188	188RIT22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
189	189RIT22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
190	190RIT23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
191	191RIT23T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
192	192RIT24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0
193	193RIT25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
194	194RIT26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	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
196	196F1-11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	0.5	1	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
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
199	199F1-13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	0.5	1	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
201	201F1-14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	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
203	203F1-16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	0	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
205	205F1-21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-0.5	1	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
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
208	208F1-23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-0.5	1	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
210	210F1-24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	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
212	212F1-26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	0	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
214	214F3-11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	0.5	1	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
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
217	217F3-13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	0.5	1	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
219	219F3-14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	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
221	221F3-16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	0	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
223	223F3-21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-0.5	1	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
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
226	226F3-23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-0.5	1	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
228	228F3-24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	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
230	230F3-26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0.8	0	0.8
231	231QPT1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0.5	1	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

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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A

#### 10.4 Sollecitazioni

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

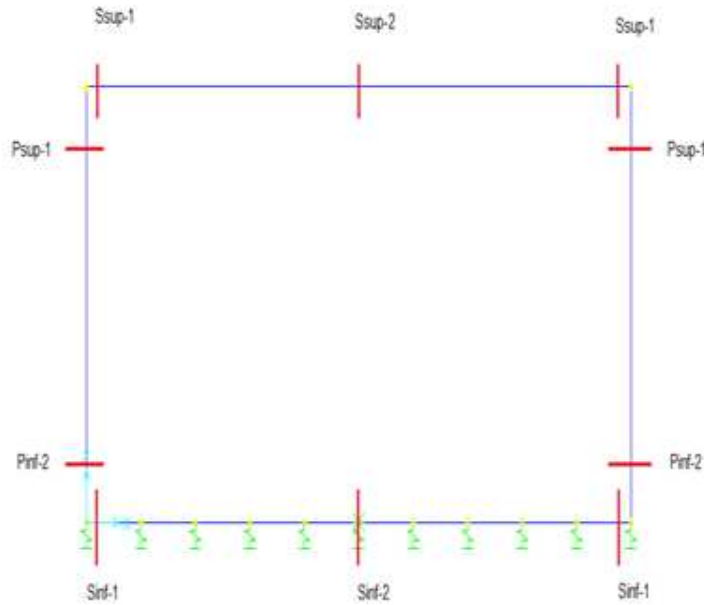


Figura 10.22 - Sezioni di verifica

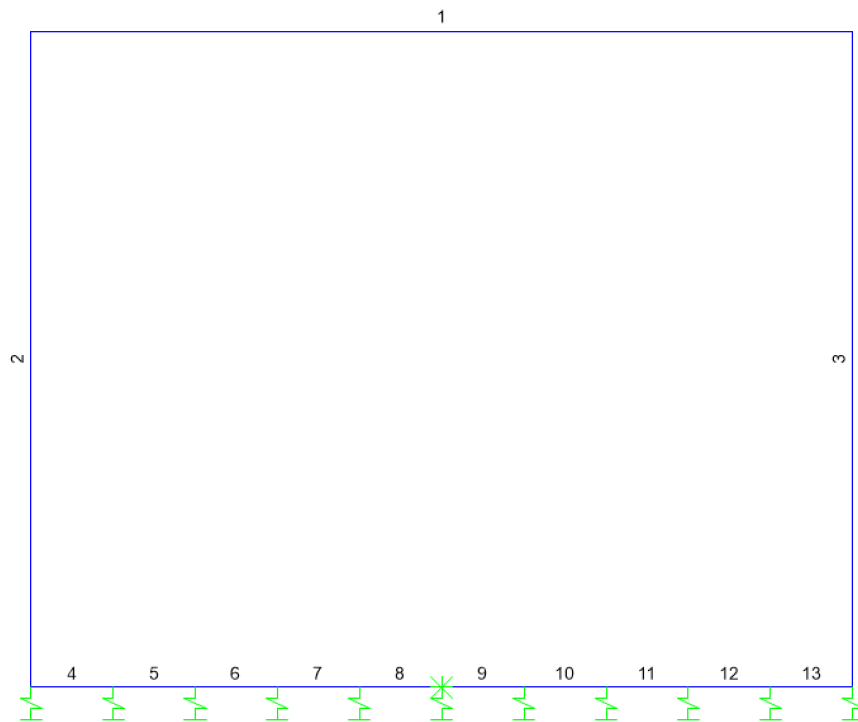


Figura 10.23 - Nomenclatura frame

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A

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

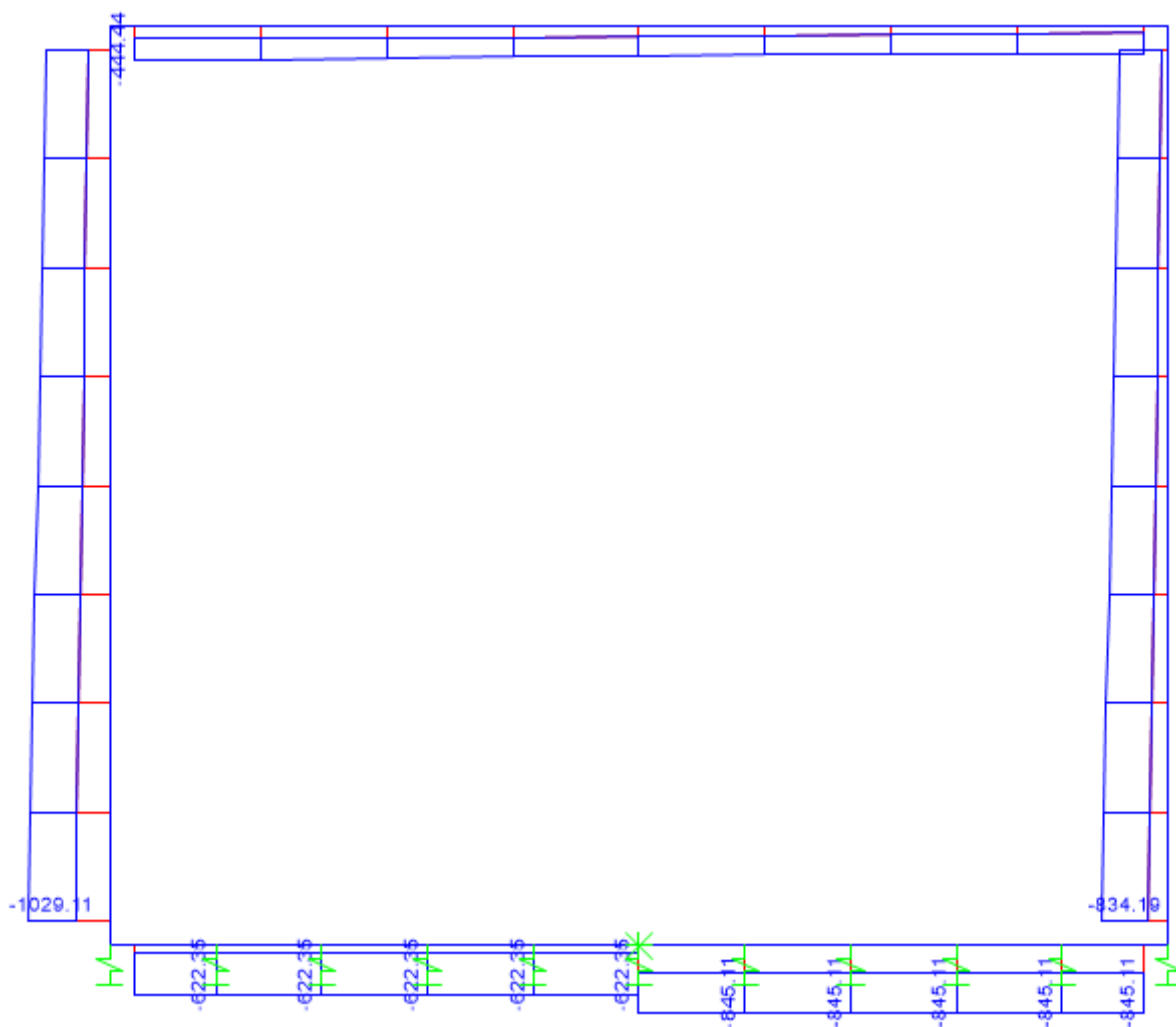


Figura 10.24 - Sforzo Normale – Involuppo SLU (KN)

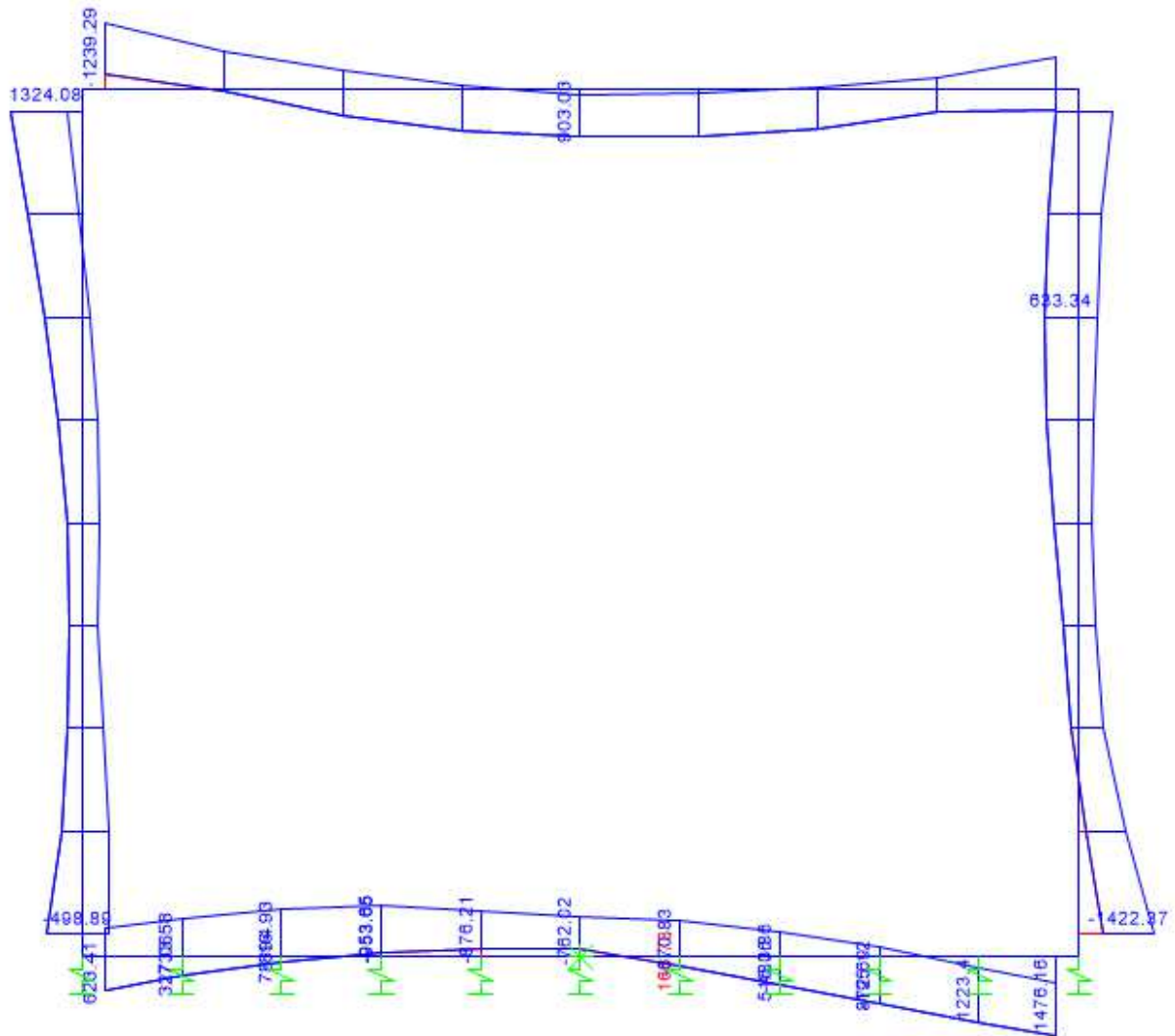


Figura 10.25 - Momento flettente – Involuppo SLU (KNm)

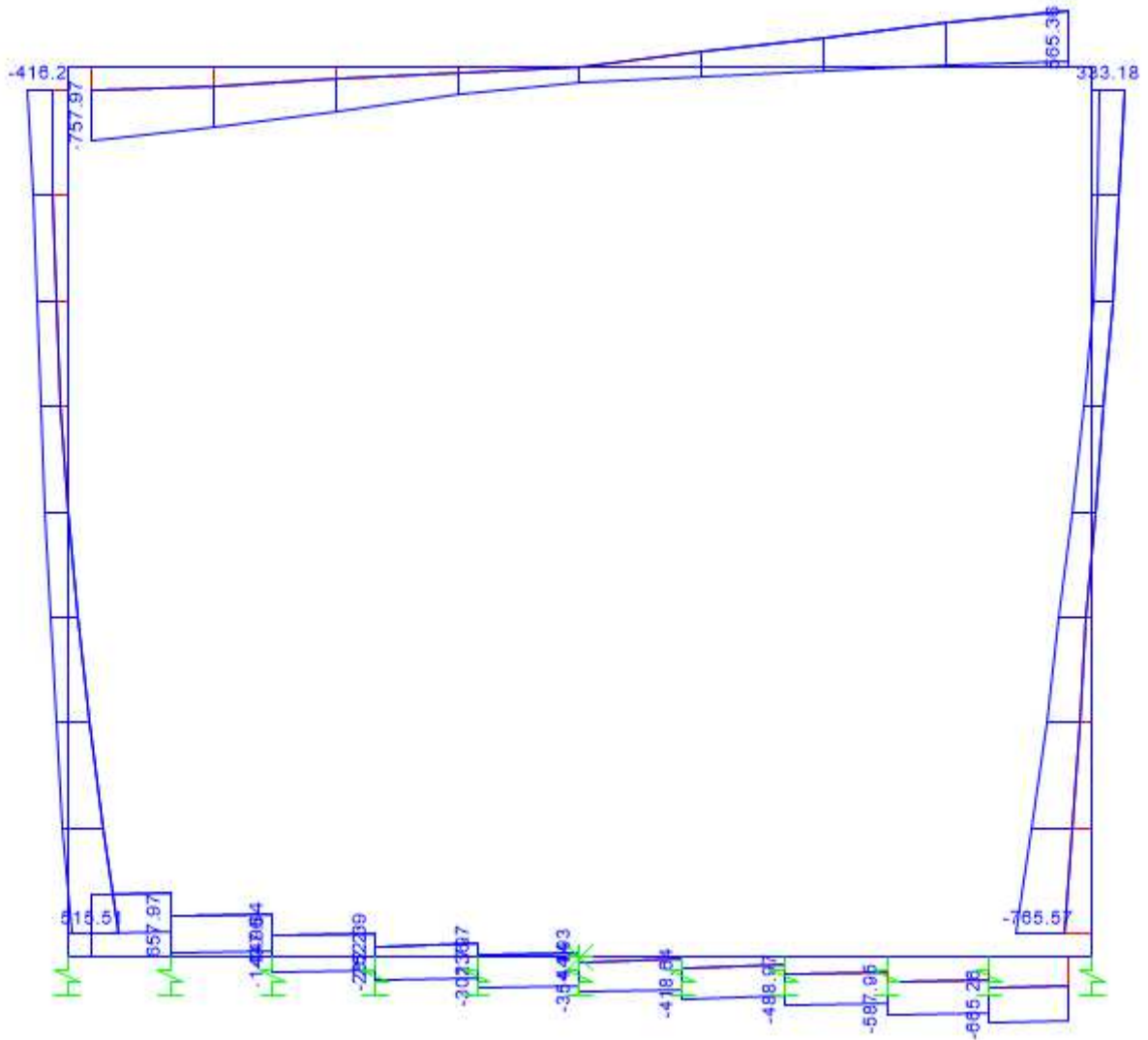


Figura 10.26 - Taglio – Involuppo SLU (kN)

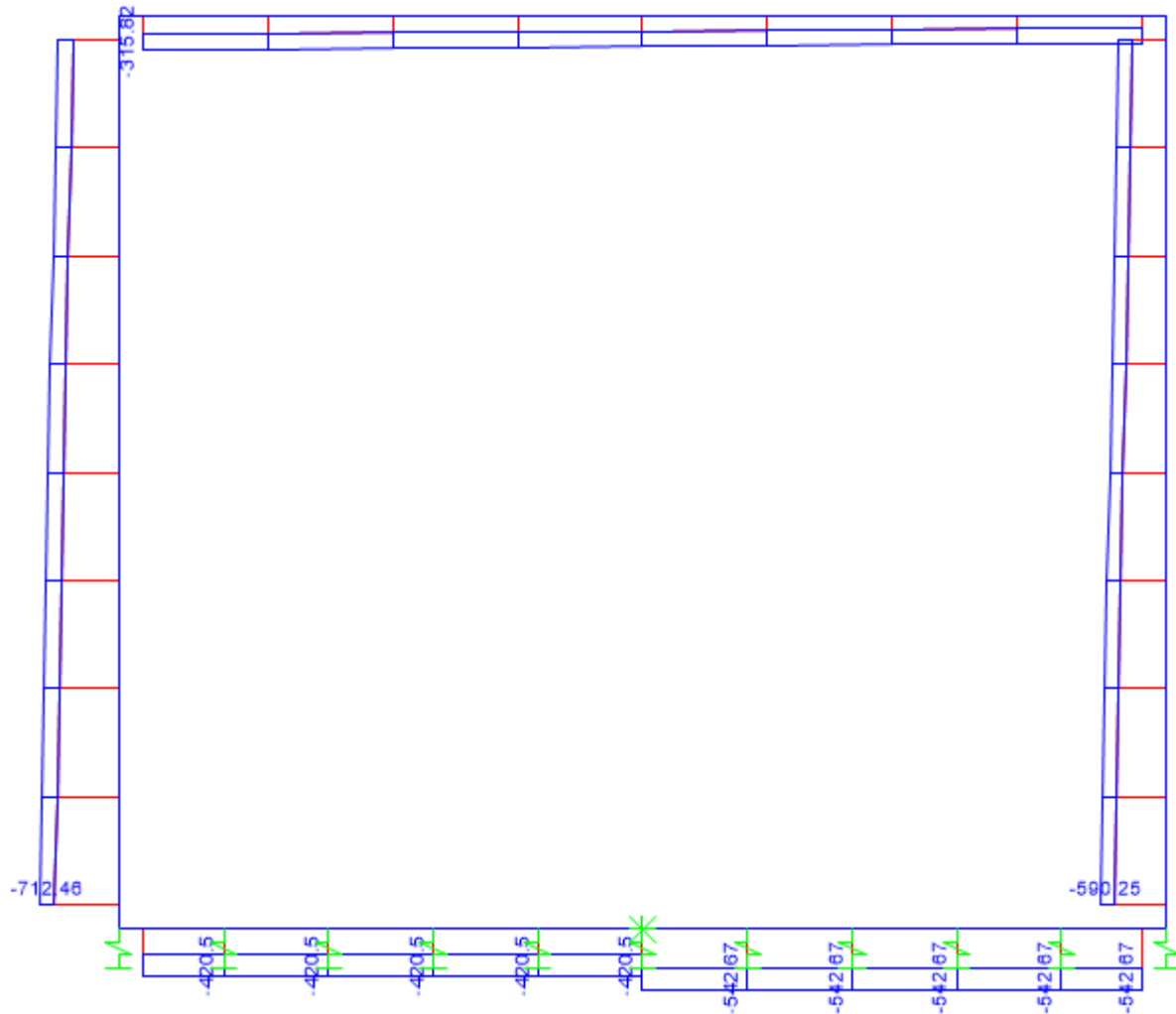


Figura 10.27 - Sforzo Normale – Involuppo SLE – Rara (kN)

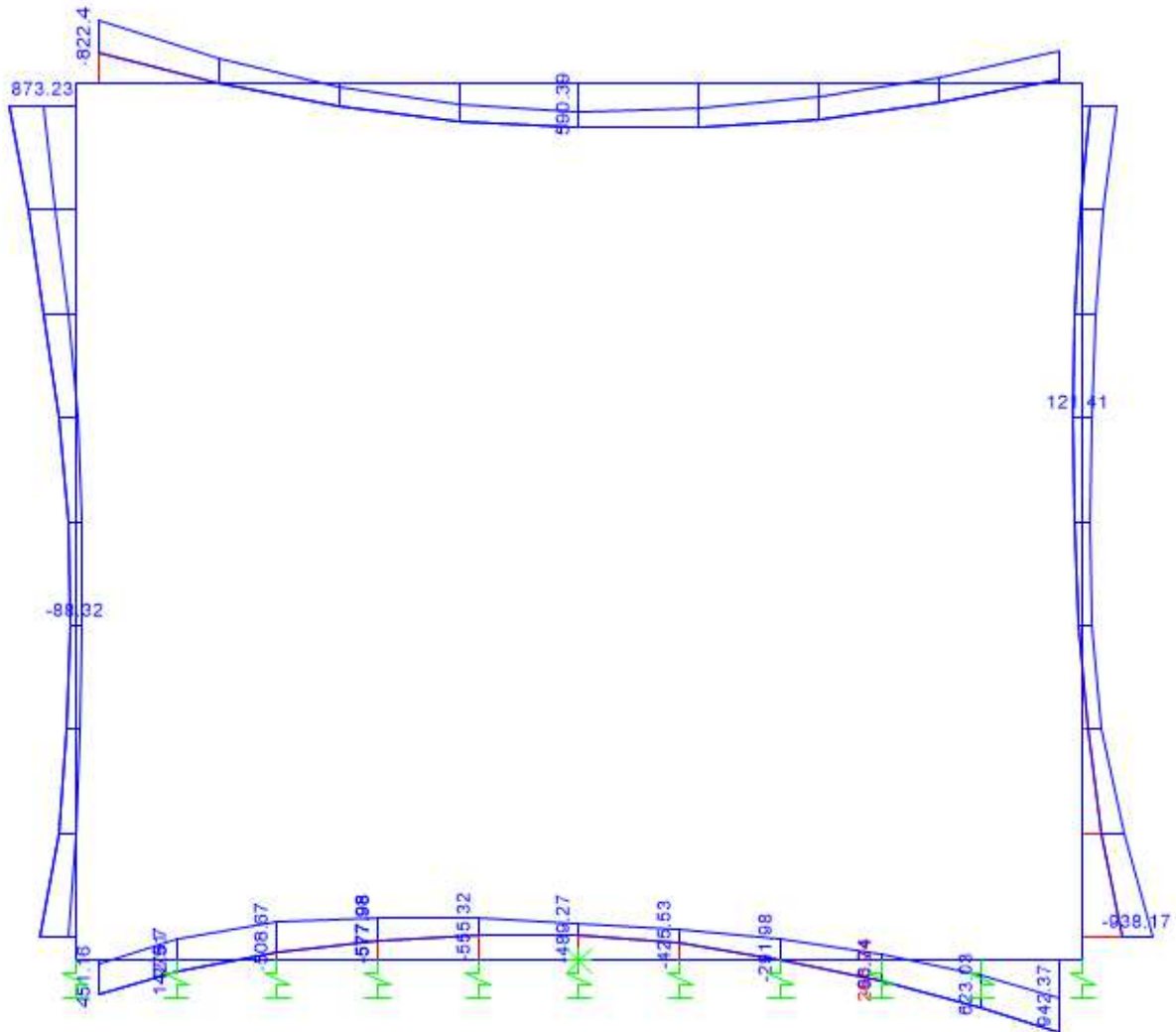


Figura 10.28 - Momento flettente – Inviluppo SLE – Rara (kNm)



	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	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	10 Ø26	-	5 Ø26	-
Soletta superiore - Appoggio	10 Ø26	5 Ø20	5 Ø26	-
Piedritto - Spiccato	10 Ø26	5 Ø20	10 Ø26	-
Piedritto - Sommità	10 Ø26	-	10 Ø26	-
Soletta inferiore - Campata	10 Ø26	-	5 Ø26	-
Soletta inferiore - Appoggio	10 Ø26	5 Ø20	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>
	$\epsilon_{y,d} = 0.00191$

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	$h = 85$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copri ferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 76.3$ cm

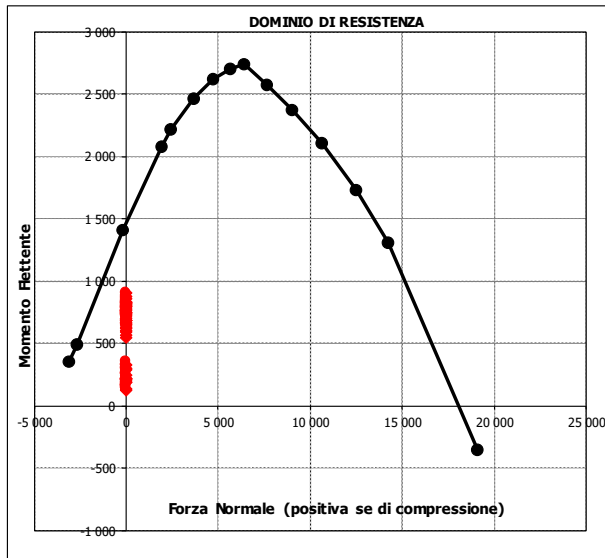
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>53.09</b> cm <sup>2</sup>

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> cm <sup>2</sup>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)			
(Nmin)			
(Mmax)	14S1-21M	0	903
(Mmin)	33S1T14-	0	128

#### Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	822	44S1T23M	0	760
02S1-11T	0	798	45S1T23T	0	741
03S1-12M	0	683	46S1T24-	0	263
04S1-12T	0	659	47S1T25-	0	323
05S1-13M	0	753	48S1T26S	0	784
06S1-13T	0	728	49S1T27S	0	728
07S1-14-	0	136	50S1T28S	0	756
08S1-15-	0	206	51S1T29S	0	327
09S1-16S	0	776	52S1T30S	0	355
10S1-17S	0	717	53S3-11M	0	822
11S1-18S	0	747	54S3-11T	0	798
12S1-19S	0	216	55S3-12M	0	683
13S1-20S	0	246	56S3-12T	0	659
14S1-21M	0	903	57S3-13M	0	753
15S1-21T	0	879	58S3-13T	0	728
16S1-22M	0	764	59S3-14S	0	776
17S1-22T	0	740	60S3-15S	0	717
18S1-23M	0	834	61S3-16S	0	747
19S1-23T	0	809	62S3-21M	0	903
20S1-24-	0	217	63S3-21T	0	879
21S1-25-	0	287	64S3-22M	0	783
22S1-26S	0	857	65S3-22T	0	758
23S1-27S	0	798	66S3-23M	0	843
24S1-28S	0	828	67S3-23T	0	818
25S1-29S	0	297	68S3-24S	0	857
26S1-30S	0	327	69S3-25S	0	801
27S1T11M	0	686	70S3-26S	0	829
28S1T11T	0	666	71SSS1--	0	166
29S1T12M	0	565	72SSS2--	0	140
30S1T12T	0	546	73SSS3--	0	252
31S1T13M	0	626	74SSS4--	0	165
32S1T13T	0	606	75SSS5--	0	211
33S1T14-	0	128	76SSS6--	0	185
34S1T15-	0	188	77SSS7--	0	297
35S1T16S	0	649	78SSS8--	0	210
36S1T17S	0	593	79SSS9S	0	166
37S1T18S	0	621	80SSS10S	0	140
38S1T19S	0	192	81SSS11S	0	252
39S1T20S	0	220	82SSS12S	0	165
40S1T21M	0	821	83SSS13S	0	211
41S1T21T	0	801	84SSS14S	0	184
42S1T22M	0	700	85SSS15S	0	297
43S1T22T	0	681	86SSS16S	0	210



• **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	$h = 85$	cm
Base della sezione	$b = 100$	cm
Copriferro	$d' = 8.7$	cm
Altezza utile della sezione	$d = 76.3$	cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>68.80</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

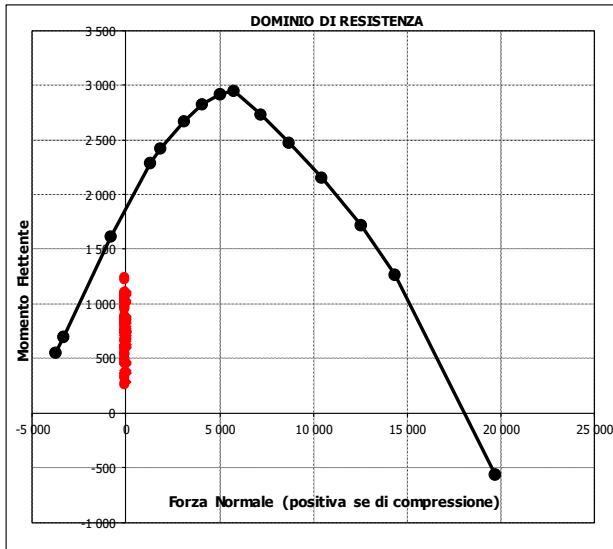
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>26.55</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Nmax)		
(Nmin)		
(Mmax)	57S3-13M	0 1239
(Mmin)	51S1T29S	0 259

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd		
01S1-11M	0	711	44S1T23M	0 966
02S1-11T	0	691	45S1T23T	0 950
03S1-12M	0	850	46S1T24-	0 323
04S1-12T	0	830	47S1T25-	0 540
05S1-13M	0	1108	48S1T26S	0 605
06S1-13T	0	1088	49S1T27S	0 661
07S1-14-	0	449	50S1T28S	0 739
08S1-15-	0	707	51S1T29S	0 259
09S1-16S	0	682	52S1T30S	0 337
10S1-17S	0	741	53S3-11M	0 842
11S1-18S	0	824	54S3-11T	0 822
12S1-19S	0	369	55S3-12M	0 981
13S1-20S	0	453	56S3-12T	0 961
14S1-21M	0	630	57S3-13M	0 1239
15S1-21T	0	610	58S3-13T	0 1219
16S1-22M	0	769	59S3-14S	0 813
17S1-22T	0	749	60S3-15S	0 872
18S1-23M	0	1027	61S3-16S	0 956
19S1-23T	0	1007	62S3-21M	0 762
20S1-24-	0	368	63S3-21T	0 741
21S1-25-	0	626	64S3-22M	0 882
22S1-26S	0	601	65S3-22T	0 862
23S1-27S	0	660	66S3-23M	0 1099
24S1-28S	0	744	67S3-23T	0 1079
25S1-29S	0	288	68S3-24S	0 732
26S1-30S	0	372	69S3-25S	0 789
27S1T11M	0	763	70S3-26S	0 867
28S1T11T	0	747	71SSS1--	0 1093
29S1T12M	0	883	72SSS2--	0 1080
30S1T12T	0	867	73SSS3--	0 575
31S1T13M	0	1101	74SSS4--	0 533
32S1T13T	0	1085	75SSS5--	0 1048
33S1T14-	0	458	76SSS6--	0 1035
34S1T15-	0	675	77SSS7--	0 530
35S1T16S	0	740	78SSS8--	0 488
36S1T17S	0	796	79SSS9S	0 1054
37S1T18S	0	874	80SSS10S	0 1041
38S1T19S	0	394	81SSS11S	0 536
39S1T20S	0	472	82SSS12S	0 494
40S1T21M	0	628	83SSS13S	0 1009
41S1T21T	0	612	84SSS14S	0 996
42S1T22M	0	748	85SSS15S	0 491
43S1T22T	0	732	86SSS16S	0 449



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura a 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>758</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

**Soletta sup**

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	10
Numero barre		5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	3.93
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		10
$\varnothing_1$	mm	26
$n_2$		5
$\varnothing_2$	mm	20
Asl	cm <sup>2</sup>	68.80

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	85
c	cm	8.7
d	cm	76.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.51
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.37
$\rho$		0.0090
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>430</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>NECESSITA ARMATURA A TAGLIO</b>

**Resistenza con armatura a taglio**

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
$\omega_{sw}$		0.04
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{Rsd}$	kN	1319
$V_{RCd}$	kN	2227
$V_{Rd}$	kN	<b>1319</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A	FOGLIO 60 di 80

- Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>590</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>85</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)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$c_{t2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	10 Ø 26	$c_{t1} = 8.7$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.6</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>164.3</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	$\infty$	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
Posizione asse neutro	u (M)	$\infty$	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	y (M)	<b>25.8</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	9615	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	6482456.426	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	2719886.023	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	370	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	528	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	147.0	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	<b>25.8</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	19.72	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	1972.21	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0269	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000286789	-	
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	$\Delta s_{max}$	334.1874296	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	196.580841	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.10</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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00D26</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO SL08A0001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 62 di 80</p>

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>822</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>85</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)	$AS_2$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$c_{t2} = \downarrow$ <b>11.0</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$c_{t1} = \downarrow$ <b>8.7</b> cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>7.3</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>182.0</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	$\infty$	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
Posizione asse neutro	u (M)	$\infty$	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	y (M)	<b>28.6</b>	cm		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$A_{id}$	9835	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}$	6716249.824	cm <sup>4</sup>		
	$J_{id}^*$	3235150.19	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	383	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	547	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	4.8		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	121.1	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	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	18.81	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	68.80	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	1881.06	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0366	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000251875	-	
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>24.33</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	283.0994071	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	166.529063	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.04	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.07</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

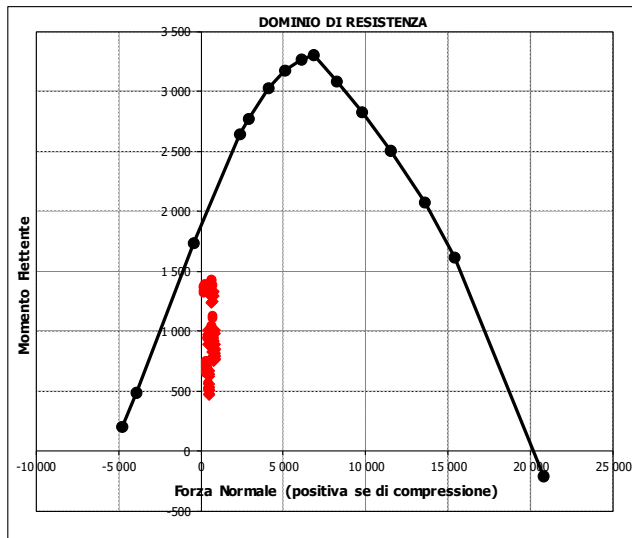
Geometria della sezione		
Altezza geometrica della sezione	$h$	= 85 cm
Base della sezione	$b$	= 100 cm
Copriferro	$d'$	= 8.7 cm
Altezza utile della sezione	$d$	= 76.3 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>68.80</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>53.09</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	09S1-16S	834	774
(Nmin)	72SS2--	247	1357
(Mmax)	57S3-13M	721	1422
(Mmin)	38S1T19S	515	469

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	824	762	44S1T23M	676	1297
02S1-11T	780	756	45S1T23T	641	1292
03S1-12M	824	859	46S1T24-	515	564
04S1-12T	780	853	47S1T25-	453	941
05S1-13M	750	1300	48S1T26S	747	845
06S1-13T	706	1295	49S1T27S	747	886
07S1-14-	515	536	50S1T28S	723	1041
08S1-15-	442	978	51S1T29S	515	520
09S1-16S	834	774	52S1T30S	492	675
10S1-17S	834	816	53S3-11M	794	884
11S1-18S	809	980	54S3-11T	750	878
12S1-19S	515	481	55S3-12M	794	981
13S1-20S	490	645	56S3-12T	750	976
14S1-21M	824	792	57S3-13M	721	1422
15S1-21T	780	786	58S3-13T	677	1417
16S1-22M	824	890	59S3-14S	805	896
17S1-22T	780	884	60S3-15S	805	938
18S1-23M	750	1331	61S3-16S	779	1102
19S1-23T	706	1325	62S3-21M	794	914
20S1-24-	515	567	63S3-21T	750	908
21S1-25-	442	1008	64S3-22M	794	999
22S1-26S	834	804	65S3-22T	750	993
23S1-27S	834	847	66S3-23M	732	1376
24S1-28S	809	1010	67S3-23T	688	1370
25S1-29S	515	512	68S3-24S	805	926
26S1-30S	490	676	69S3-25S	805	967
27S1T11M	738	785	70S3-26S	781	1122
28S1T11T	703	780	71SSS1--	266	1368
29S1T12M	738	869	72SSS2--	247	1357
30S1T12T	703	865	73SSS3--	394	727
31S1T13M	676	1246	74SSS4--	333	690
32S1T13T	641	1242	75SSS5--	266	1384
33S1T14-	515	514	76SSS6--	247	1373
34S1T15-	453	890	77SSS7--	394	744
35S1T16S	747	794	78SSS8--	333	707
36S1T17S	747	835	79SSS9S	274	1323
37S1T18S	723	990	80SSS10S	256	1312
38S1T19S	515	469	81SSS11S	402	683
39S1T20S	492	625	82SSS12S	341	646
40S1T21M	738	835	83SSS13S	274	1340
41S1T21T	703	831	84SSS14S	256	1329
42S1T22M	738	920	85SSS15S	402	700
43S1T22T	703	915	86SSS16S	341	663



• 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
Resistenza caratteristica	$R_{ck} = 40$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{ck} = 33.2$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_c = 1.5$
Resistenza di calcolo	$f_{cd} = 22.1$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_{cc} = 18.8$ N/mm <sup>2</sup>

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

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 85$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copri ferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 76.3$ cm

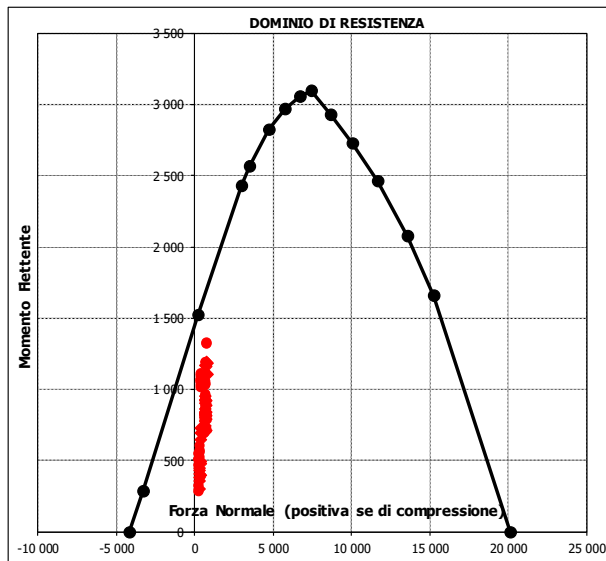
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>53.09</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>53.09</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	58S3-13T	807	-1313
(Nmin)	82SSS12S	271	-505
(Mmax)	57S3-13M	764	1324
(Mmin)	51S1T29S	294	274

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	661	804	44S1T23M	673	1043
02S1-11T	705	793	45S1T23T	708	1034
03S1-12M	661	902	46S1T24-	294	318
04S1-12T	705	890	47S1T25-	356	564
05S1-13M	734	1194	48S1T26S	619	690
06S1-13T	778	1182	49S1T27S	619	731
07S1-14-	294	434	50S1T28S	643	821
08S1-15-	367	726	51S1T29S	294	274
09S1-16S	671	778	52S1T30S	318	364
10S1-17S	671	821	53S3-11M	690	935
11S1-18S	697	917	54S3-11T	734	923
12S1-19S	294	380	55S3-12M	690	1032
13S1-20S	319	476	56S3-12T	734	1021
14S1-21M	661	726	57S3-13M	764	1324
15S1-21T	705	715	58S3-13T	807	1313
16S1-22M	661	824	59S3-14S	701	908
17S1-22T	705	812	60S3-15S	701	951
18S1-23M	734	1116	61S3-16S	726	1047
19S1-23T	778	1104	62S3-21M	690	857
20S1-24-	294	356	63S3-21T	734	845
21S1-25-	367	648	64S3-22M	690	942
22S1-26S	671	700	65S3-22T	734	930
23S1-27S	671	743	66S3-23M	752	1188
24S1-28S	697	839	67S3-23T	796	1177
25S1-29S	294	302	68S3-24S	701	830
26S1-30S	319	398	69S3-25S	701	872
27S1T11M	611	841	70S3-26S	725	962
28S1T11T	646	832	71SSS1--	422	1106
29S1T12M	611	926	72SSS2--	404	1090
30S1T12T	646	917	73SSS3--	337	597
31S1T13M	673	1173	74SSS4--	276	543
32S1T13T	708	1164	75SSS5--	422	1062
33S1T14-	294	448	76SSS6--	404	1046
34S1T15-	356	694	77SSS7--	337	553
35S1T16S	619	820	78SSS8--	276	499
36S1T17S	619	861	79SSS9S	417	1068
37S1T18S	643	951	80SSS10S	399	1051
38S1T19S	294	404	81SSS11S	331	558
39S1T20S	318	494	82SSS12S	271	505
40S1T21M	611	711	83SSS13S	417	1024
41S1T21T	646	702	84SSS14S	399	1008
42S1T22M	611	796	85SSS15S	331	515
43S1T22T	646	787	86SSS16S	271	461



- 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>766</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

#### Piedritto

#### Armatura a taglio

Diametro	mm	10
Numero barre		5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	3.93
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

#### Armatura longitudinale

$n_1$		10
$\varnothing_1$	mm	26
$n_2$		5
$\varnothing_2$	mm	20
Asl	cm <sup>2</sup>	68.80

#### Sezione

$b_w$	cm	100
H	cm	85
c	cm	8.7
d	cm	76.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.51
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.37
$\rho$		0.0090
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

#### Resistenza senza armatura a taglio

$V_{Rd}$	kN	<b>430</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>NECESSITA ARMATURA A TAGLIO</b>

#### Resistenza con armatura a taglio

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
$\omega_{sw}$		0.04
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{Rsd}$	kN	1319
$V_{RCd}$	kN	2227
$V_{Rd}$	kN	<b>1319</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A	FOGLIO 67 di 80

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>938</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>630</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>85</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$c_{s1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$c_{s2} = \uparrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$c_{t2} = \uparrow$ <b>11.0</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$c_{t1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>8.0</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>164.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	149.0	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
Posizione asse neutro	u (M)	106.5	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	y (M)	<b>32.1</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	10207	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	7171165.855	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	3510491.755	cm <sup>4</sup>		

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	513	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	688	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	109.3	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	66.8	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	6.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	110.4	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	<b>34.2</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	16.93	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	68.80	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	1692.59	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0406	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000227407	-	
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>24.33</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	271.7671464	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	159.8630273	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.04	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.06</b>	mm	

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A	FOGLIO 69 di 80

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>873</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>791</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>85</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$c_{s1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$c_{s2} = \uparrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$c_{t2} = \uparrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$c_{t1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>8.1</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>174.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	110.4	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
Posizione asse neutro	u (M)	67.9	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	y (M)	<b>31.2</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	9987	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	6937372.457	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	3034975.685	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	525	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	694	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	87.8	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	45.3	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	6.5		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	126.1	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	<b>33.2</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	17.25	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	1725.23	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0308	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000246137	-	
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	$\Delta s_{max}$	313.6260956	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	184.4859386	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.05	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.08</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	$h$	= 85	cm
Base della sezione	$b$	= 100	cm
Copriferro	$d'$	= 8.7	cm
Altezza utile della sezione	$d$	= 76.3	cm

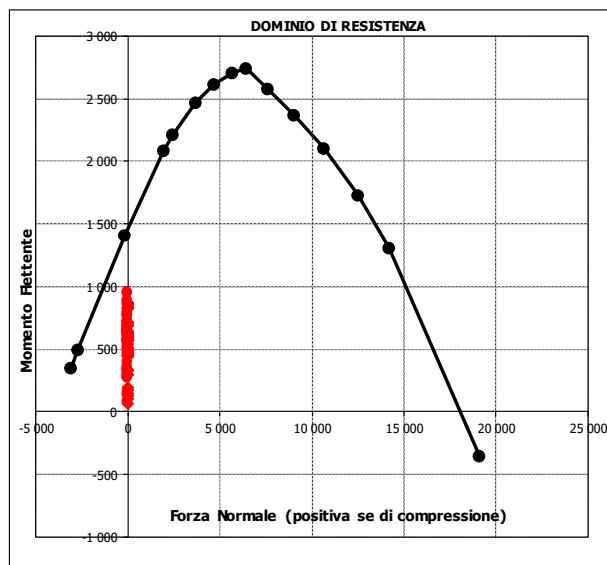
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>53.09 cm<sup>2</sup></b>

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]	
(Nmax)			
(Nmin)			
(Mmax)	58S3-13T	0	954
(Mmin)	20S1-24-	0	69

#### Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	634	44S1T23M	0	771
02S1-11T	0	646	45S1T23T	0	780
03S1-12M	0	489	46S1T24-	0	77
04S1-12T	0	501	47S1T25-	0	399
05S1-13M	0	864	48S1T26S	0	578
06S1-13T	0	876	49S1T27S	0	515
07S1-14-	0	102	50S1T28S	0	654
08S1-15-	0	477	51S1T29S	0	140
09S1-16S	0	637	52S1T30S	0	280
10S1-17S	0	571	53S3-11M	0	712
11S1-18S	0	718	54S3-11T	0	724
12S1-19S	0	182	55S3-12M	0	567
13S1-20S	0	328	56S3-12T	0	579
14S1-21M	0	601	57S3-13M	0	941
15S1-21T	0	613	58S3-13T	0	954
16S1-22M	0	456	59S3-14S	0	715
17S1-22T	0	468	60S3-15S	0	649
18S1-23M	0	831	61S3-16S	0	796
19S1-23T	0	843	62S3-21M	0	679
20S1-24-	0	69	63S3-21T	0	691
21S1-25-	0	444	64S3-22M	0	553
22S1-26S	0	604	65S3-22T	0	565
23S1-27S	0	539	66S3-23M	0	874
24S1-28S	0	685	67S3-23T	0	887
25S1-29S	0	149	68S3-24S	0	682
26S1-30S	0	296	69S3-25S	0	619
27S1T11M	0	630	70S3-26S	0	759
28S1T11T	0	640	71SSS1--	0	670
29S1T12M	0	503	72SSS2--	0	654
30S1T12T	0	513	73SSS3--	0	362
31S1T13M	0	825	74SSS4--	0	308
32S1T13T	0	835	75SSS5--	0	652
33S1T14-	0	131	76SSS6--	0	635
34S1T15-	0	453	77SSS7--	0	344
35S1T16S	0	632	78SSS8--	0	290
36S1T17S	0	569	79SSS9S	0	650
37S1T18S	0	709	80SSS10S	0	634
38S1T19S	0	195	81SSS11S	0	342
39S1T20S	0	335	82SSS12S	0	288
40S1T21M	0	575	83SSS13S	0	632
41S1T21T	0	585	84SSS14S	0	615
42S1T22M	0	449	85SSS15S	0	324
43S1T22T	0	459	86SSS16S	0	270





• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-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>
$f_{ctc}$	18.8	N/mm <sup>2</sup>

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

Geometria della sezione		
Altezza geometrica della sezione	$h$	= 85 cm
Base della sezione	$b$	= 100 cm
Copriferro	$d'$	= 8.7 cm
Altezza utile della sezione	$d$	= 76.3 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>68.80 cm<sup>2</sup></b>

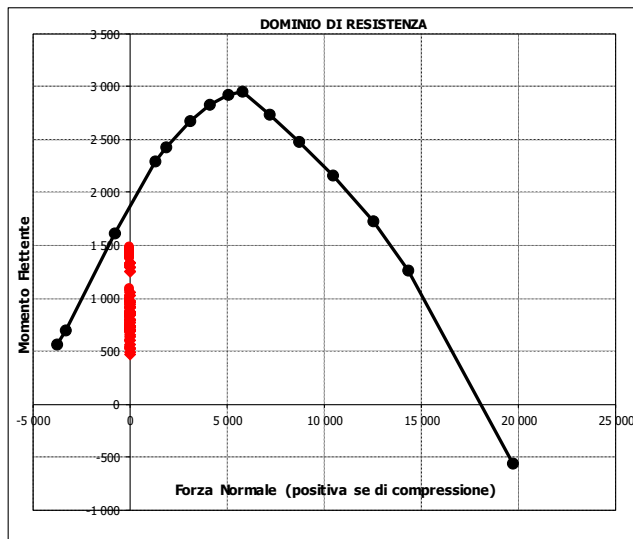
Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>26.55 cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
75SS5--	0	1476	
38S1T19S	0	472	

(Nmax)  
(Nmin)  
(Mmax)  
(Mmin)

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	692	44S1T23M	0	1305
02S1-11T	0	692	45S1T23T	0	1305
03S1-12M	0	840	46S1T24-	0	592
04S1-12T	0	839	47S1T25-	0	984
05S1-13M	0	1298	48S1T26S	0	795
06S1-13T	0	1297	49S1T27S	0	859
07S1-14-	0	567	50S1T28S	0	1019
08S1-15-	0	1025	51S1T29S	0	528
09S1-16S	0	704	52S1T30S	0	689
10S1-17S	0	770	53S3-11M	0	821
11S1-18S	0	940	54S3-11T	0	821
12S1-19S	0	486	55S3-12M	0	968
13S1-20S	0	656	56S3-12T	0	968
14S1-21M	0	726	57S3-13M	0	1427
15S1-21T	0	725	58S3-13T	0	1426
16S1-22M	0	873	59S3-14S	0	833
17S1-22T	0	872	60S3-15S	0	899
18S1-23M	0	1331	61S3-16S	0	1069
19S1-23T	0	1331	62S3-21M	0	854
20S1-24-	0	600	63S3-21T	0	854
21S1-25-	0	1058	64S3-22M	0	983
22S1-26S	0	737	65S3-22T	0	983
23S1-27S	0	804	66S3-23M	0	1375
24S1-28S	0	974	67S3-23T	0	1374
25S1-29S	0	519	68S3-24S	0	866
26S1-30S	0	689	69S3-25S	0	930
27S1T11M	0	730	70S3-26S	0	1091
28S1T11T	0	729	71SS1--	0	1458
29S1T12M	0	858	72SS2--	0	1450
30S1T12T	0	858	73SS3--	0	750
31S1T13M	0	1250	74SS4--	0	723
32S1T13T	0	1249	75SS5--	0	1476
33S1T14-	0	537	76SS6--	0	1468
34S1T15-	0	928	77SS7--	0	768
35S1T16S	0	739	78SS8--	0	741
36S1T17S	0	803	79SS9S	0	1408
37S1T18S	0	964	80SS10S	0	1400
38S1T19S	0	472	81SS11S	0	701
39S1T20S	0	633	82SS12S	0	674
40S1T21M	0	785	83SS13S	0	1427
41S1T21T	0	785	84SS14S	0	1419
42S1T22M	0	914	85SS15S	0	719
43S1T22T	0	913	86SS16S	0	692



- 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>645</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

**Soletta inf**

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	10
Numero barre		5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	3.93
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		10
$\varnothing_1$	mm	26
$n_2$		5
$\varnothing_2$	mm	20
Asl	cm <sup>2</sup>	68.80

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	85
c	cm	8.7
d	cm	76.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.51
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.37
$\rho$		0.0090
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>430</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>NECESSITA ARMATURA A TAGLIO</b>

**Resistenza con armatura a taglio**

$\cot \alpha$		0.5
v		0.5
$\omega_{sw}$		0.04
$\cot \theta$		2.50
Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{RSd}$	kN	1319
$V_{RCd}$	kN	2227
$V_{Rd}$	kN	<b>1319</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A	FOGLIO 74 di 80

- Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>578</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>85</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>	$c_{s1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$c_{s2} = \uparrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$c_{t2} = \uparrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$c_{t1} = \uparrow$ <b>8.7</b> 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>160.9</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>25.8</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	9615	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	6482456.426	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	2719886.023	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	370	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	528	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	147.0	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	<b>25.8</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	19.72	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	1972.21	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0269	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000286789	-	
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	$\Delta s_{max}$	334.1874296	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	196.580841	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.10</b>	mm	

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A	FOGLIO 76 di 80

- Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>942</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>85</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)	$AS_2$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$c_{t2} = \text{11.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$c_{t1} = \text{8.7}$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>8.3</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{Camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>208.6</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)	<b>28.6</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	9835	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	6716249.824	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	3235150.19	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	383	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	547	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	4.8		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	121.1	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	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	18.81	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	68.80	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	1881.07	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0366	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000251876	-	
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>24.33</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	283.099413	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	166.5290665	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.04	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.07</b>	mm	

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A

## 11. INCIDENZA SCATOLARE

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

Soletta superiore	<b>130 kg/mc</b>
Soletta inferiore	<b>130 kg/mc</b>
Piedritti	<b>155 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>SL08A - Sottovia Rampa Entrata</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL08A0001	REV. A	FOGLIO 79 di 80

## 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.