

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI  
SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16  
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 1 1 0 0    0 0 1    A

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

File:IV0I00D26CLSL1100001A.docx

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A	FOGLIO 2 di 74

<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 .....	62
10.5.4 Verifica soletta inferiore.....	67
<b>11.INCIDENZA SCATOLARE .....</b>	<b>72</b>
<b>12.DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2) .....</b>	<b>73</b>
12.1 Tipo di analisi svolte.....	73
12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo.....	73
12.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	73

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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 SL11 alla pk 85+382, in località Albenga.

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

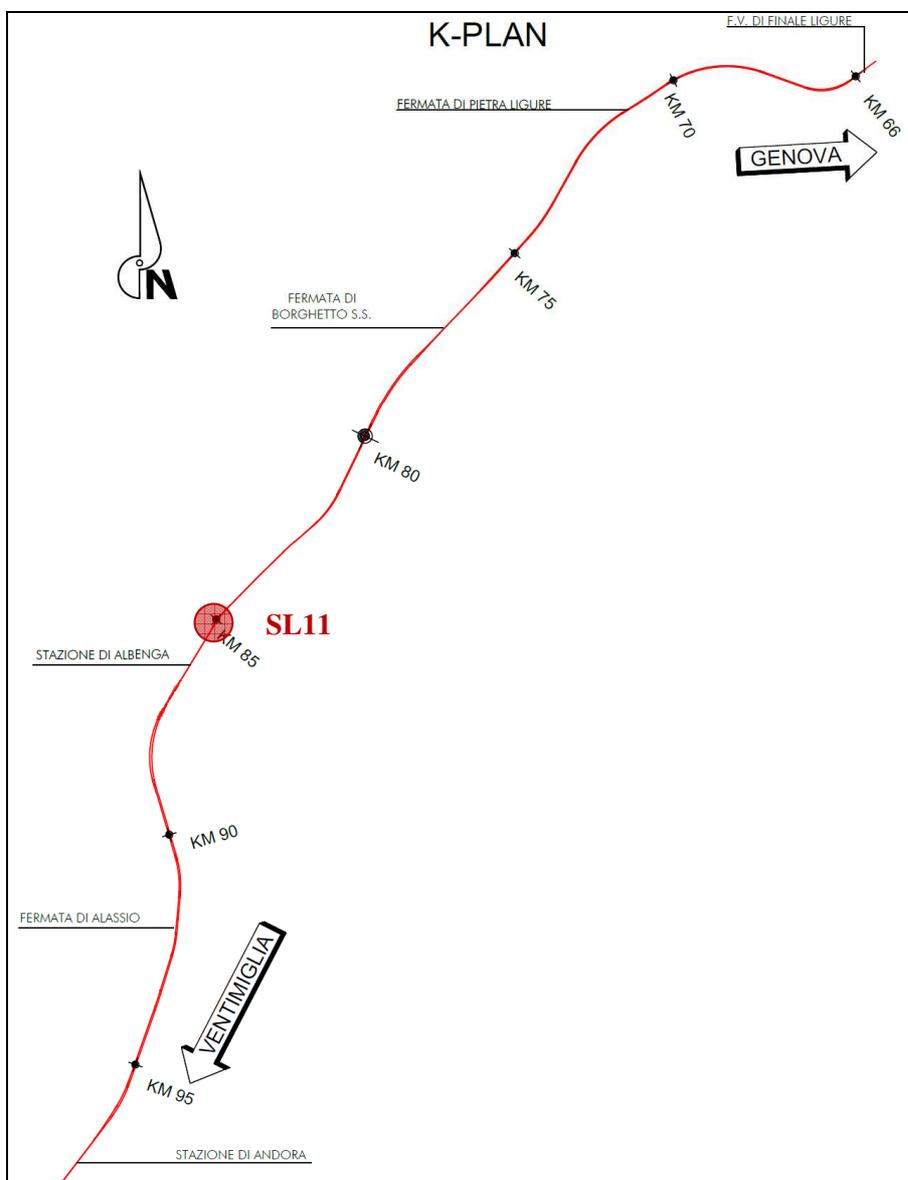


Figura 1: Raddoppio tratta Finale L. - Andora. Inquadramento dell'opera

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

## 2. DESCRIZIONE

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

### Ricoprimento

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	2.74	m

### Geometria

Spessore soletta superiore	Ss	1.10	m
Spessore soletta di fondazione	Sf	1.10	m
Spessore piedritti	Sp	1.00	m
Altezza netta	Hint	6.20	m
Larghezza netta	Lint	9.30	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr	0.20	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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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				<b>Scatolari</b>
Classe di esposizione ambientale				<b>XC4</b>
Classe di resistenza calcestruzzo				<b>C32/40</b>
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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

### 4.3 Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

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

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

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

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

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

Classe di esposizione: XC4

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A	FOGLIO 8 di 74

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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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	Prof top m TOP*
-	-
3	0
2	2
CMV	15

Unità	Descrizione	$\gamma$ kN/mc	$\phi$ °	$c'$ kPa	cu kPa	E MPa	Vs m/s	v
-	-	-	-	-	-	-	-	-
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-sabbiosa	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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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.

### 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

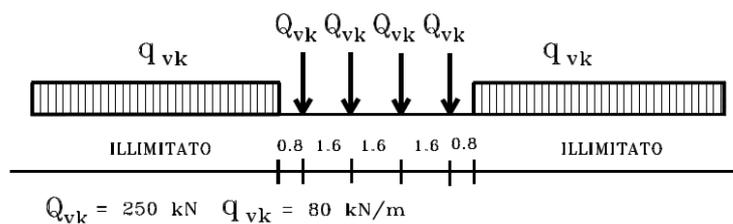
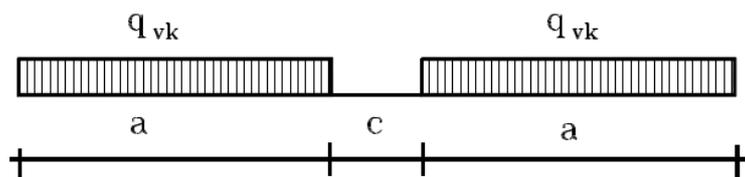


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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:

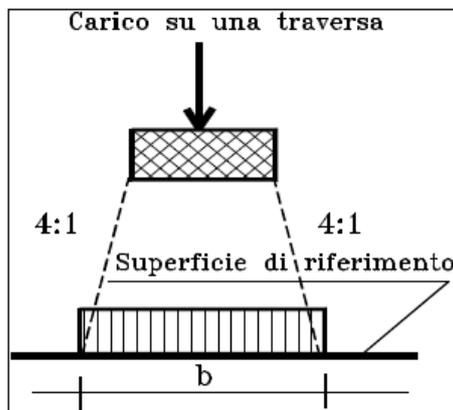
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

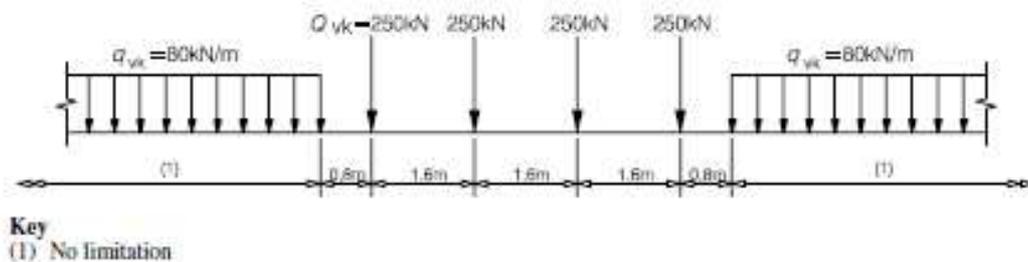
$L_\Phi$  rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

### 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.

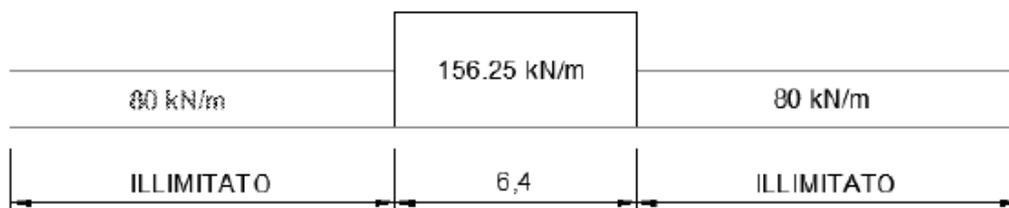


Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

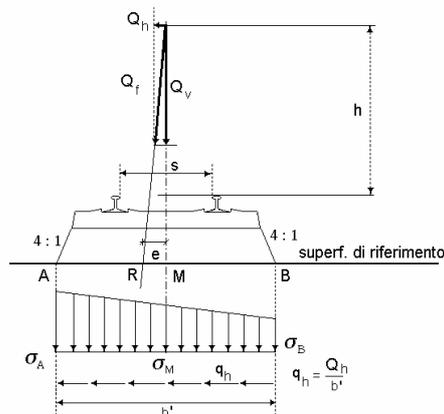
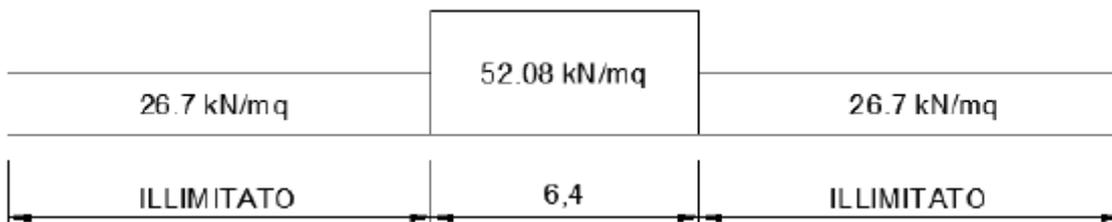
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

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

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



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



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

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

#### 6.4 Azione di avviamento / frenatura

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

I valori caratteristici considerati sono i seguenti:

- Avviamento  $Q_{1a,k} = 33 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$  per LM71 ed SW2
- Frenatura  $Q_{1b,k} = 20 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$  per LM71
- $Q_{2b,k} = 35 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$  per SW/2

#### 6.5 Azione di serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva. Il valore caratteristico di tale forza sarà assunto pari a  $Q_{sk}=100 \text{ kN}$ . Tale valore deve essere moltiplicato per  $a$ , (se  $a>1$ ), ma non per il coefficiente  $F$ . Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

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

#### 6.6 Azione del sisma

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

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

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

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

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATTITUDINE:

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



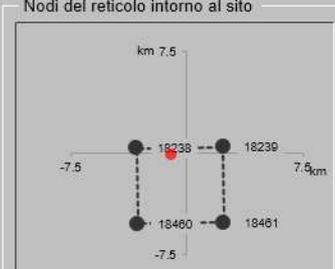
Controllo sul

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

superficie riga

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".

km 7.5



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	Stati limite ultimi - SLU
SLO - $P_{VR} = 81\%$	SLV - $P_{VR} = 10\%$
SLD - $P_{VR} = 63\%$	SLC - $P_{VR} = 5\%$
<input type="text" value="68"/>	<input type="text" value="1068"/>
<input type="text" value="113"/>	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni  
 Grafici parametri azione  
 Grafici spettri di risposta  
 Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie - - - - - Strategia scelta

Strategia di progettazione



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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

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

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.185 g
$F_0$	2.462
$T_C^*$	0.300 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.399
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.140 s
$T_C$	0.420 s
$T_D$	2.339 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.

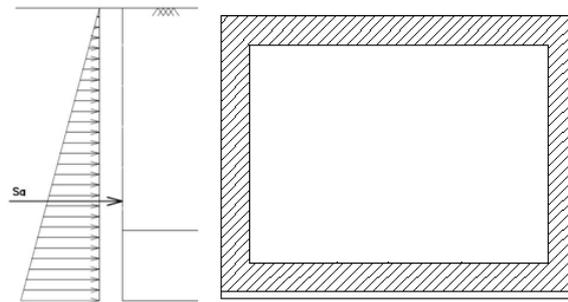
Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

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

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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.

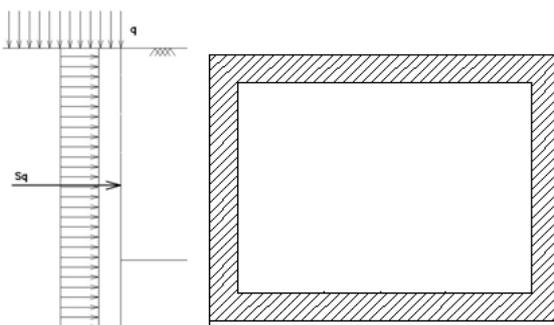


Figura 6.4– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

### 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  $H/2$ .

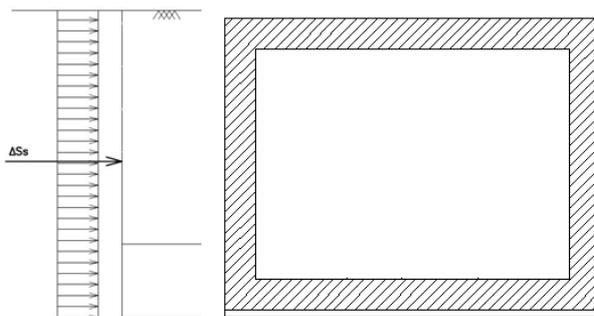


Figura 6.5– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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.

		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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

## 8. VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

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

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

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

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

### 8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

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

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

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

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

- 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> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

Nelle espressioni precedenti i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$s$  è il passo delle staffe;

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

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

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

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A	FOGLIO 24 di 74

## 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.

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

## 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

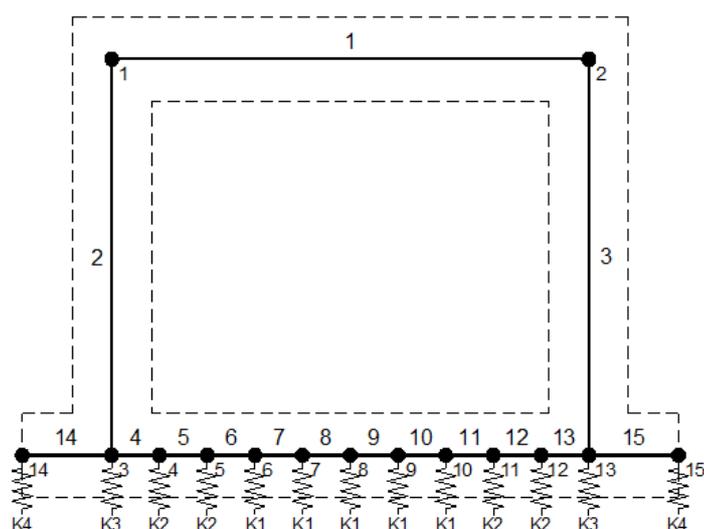
**x** = asse trasversale dello scatolare

**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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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 3129 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
$\nu$	coefficiente di Poisson
B	larghezza della fondazione
L	lato maggiore della fondazione
Ct	fattore di forma (Bowles, 1960)
Kw	coefficiente di sottofondo alla Winkler

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

#### Rigidezze molle verticali

Modulo elastico del terreno	E <sub>t</sub>	10.00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	$\nu$	0.30	-
Larghezza della fondazione	B = L <sub>r</sub> +S <sub>p</sub> +L <sub>int</sub> +S <sub>p</sub> +L <sub>r</sub>	11.70	m
Lato maggiore della fondazione	L	24.00	m
Fattore di forma	c <sub>t</sub>	1.24	-
Terreno di fondazione - Costante di sottofondo	K <sub>w</sub> K <sub>w</sub> = E <sub>t</sub> /(1- $\nu^2$ )*B*c <sub>t</sub>	759	kN/m <sup>3</sup>
Interasse molle	i i = (S <sub>p</sub> /2+L <sub>int</sub> +S <sub>p</sub> /2)/10	1.03	m
Molle centrali	K <sub>1</sub> K <sub>1</sub> = K <sub>w</sub> *i	782	kN/m
Molle intermedie	K <sub>2</sub> K <sub>2</sub> = 1.50*K <sub>w</sub> *i	1 173	kN/m
Molle laterali	K <sub>3</sub> K <sub>3</sub> = 2.00*K <sub>w</sub> *(i/2+S <sub>p</sub> /2)	1 542	kN/m
Molle risolto	K <sub>4</sub> K <sub>4</sub> = 1.50*K <sub>w</sub> *L <sub>r</sub>	228	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

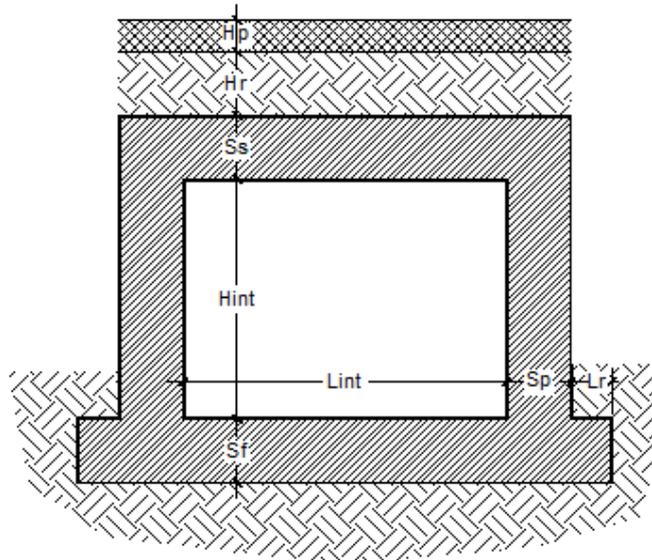
Calcestruzzo armato - Peso specifico	Y		25	kN/m <sup>3</sup>
Calcestruzzo armato - Tipo			C32/40	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R <sub>ck</sub>		40	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f <sub>ck</sub>	0.83 · 40 =	33.2	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E		33600	N/mm <sup>2</sup>
Ballast - 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		20.0	kN/m <sup>3</sup>
Terreno di riempimento laterale - Angolo di attrito	φ		38	°
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			aggressive	

#### Ricoprimento

Spessore ballast+armamento	H <sub>b</sub>		0.80	m
Spessore medio traversina+binario	H <sub>t</sub>		0.40	m
Spessore ballast sotto la traversina			0.40	m
Spessore del rinterro	H <sub>r</sub>		2.74	m

#### Geometria

Spessore soletta superiore	S <sub>s</sub>		1.10	m
Spessore soletta di fondazione	S <sub>f</sub>		1.10	m
Spessore piedritti	S <sub>p</sub>		1.00	m
Altezza netta	H <sub>int</sub>		6.20	m
Larghezza netta	L <sub>int</sub>		9.30	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L <sub>r</sub>		0.20	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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

### Azioni elementari applicate

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

Soletta superiore						
Peso ballast	Ps	$0.80 \cdot 18 =$		14.40	kN/m <sup>2</sup>	
Peso del rinterro	Pr	$2.74 \cdot 20 =$		54.80	kN/m <sup>2</sup>	
Totale		$(Pr+Ps)*r$		<b>75.92</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	
Risvolti soletta inferiore						
Peso ballast	Ps	$0.80 \times 18 =$		14.40	kN/m <sup>2</sup>	
Peso del rinterro	Pr	$(2.74+1.10+6.20) \times 20 =$		200.80	kN/m <sup>2</sup>	
Totale				<b>215.20</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	

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

Coefficiente dinamico						
Lunghezza caratteristica per coeff. din.	$L_0$	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (6.75 + 10.30 + 6.75)$		10.31	m	
Coefficiente dinamico	$\Phi_3$	$= 0.9 \cdot (2.16 / (\text{radq}(10.31) - 0.2) + 0.73)$		1.00		
Qvk						
Coefficiente di adattamento	$\alpha$			1.10		
Larghezza traversa	Lt			2.40	m	
Impronta di carico y	Ld1	$2.40 + 2 \times (0.40/4 + 2.74 \times \text{TAN}(38^\circ) + 1.10/2) =$		7.98	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)		$1.1 \cdot 1.00 \cdot 1000 / (7.98 \cdot 6.40) =$		<b>21.53</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	
qvk						
Carico qvk				80	kN/m	
Carico qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.00 \cdot 80 / 7.98 =$		<b>11.03</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	

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

Coefficiente di adattamento	$\alpha$			1.00		
Carico qvk				150	kN/m	
Carico qvk (ripartito)		$1 \cdot 1.00 \cdot 150 / 7.98 =$		<b>18.79</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	

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

Q1ak (= $\alpha*33 / Ld1$ )		$\alpha*33 / 7.98 =$		<b>4.55</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.

**Azione termica (Condizione TERM)**

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

**Ritiro (Condizione RITIRO)**

Ritiro applicato alla sol. Superiore	$\Delta T_R$		-10	°
--------------------------------------	--------------	--	-----	---

**Coefficienti di spinta statici del terreno**

Grado di sovraconsolidazione	OCR		1	-
Coefficiente dipendente dall'OCR	m		0.5	-
Angolo di attrito - terreno ai lati dei piedritti	$\varphi$		38.00	°
Coefficiente di spinta a riposo	$K_0$	$K_0 = [1 - \text{sen}(\varphi_t)] \cdot \text{OCR}^m$	0.38	-
Angolo di attrito terreno-muro	$\delta$		25	°
Inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale	$\beta$		0	°
Inclinazione piedritto rispetto alla verticale	$\alpha$		90	°
Coefficiente di spinta attiva	$K_a$		0.22	-

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

K01	$1 - \text{sen}(38^\circ) =$		0.384	
K02	$1 - \text{sen}(38^\circ) =$		0.384	
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.384 \cdot 70.80 =$	27.21	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.384 \cdot (70.80 + 20 \cdot 1.10/2) =$	31.44	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.384 \cdot [70.80 + 20 \cdot (1.10 + 6.20 + 1.10/2)] =$	87.55	kN/m <sup>2</sup>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.384 \cdot [70.80 + 20 \cdot (1.10 + 6.20 + 1.10)] =$	91.78	kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(27.21 + 31.44)/2 \cdot 1.10/2 =$	16.13	kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(87.55 + 91.78)/2 \cdot 1.10/2 =$	49.32	kN/m

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

Spinta dovuta al q1	p	$0.384 \cdot 1.1 \cdot 1000 / (7.98 \cdot 6.40) =$	8.28	kN/m <sup>2</sup>
---------------------	---	--	------	-------------------

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

Spinta dovuta al q1	p	$0.384 \cdot 1 \cdot 150 / (7.98 \cdot 6.40) =$	1.13	kN/m <sup>2</sup>
---------------------	---	---	------	-------------------

**Sisma orizzontale (Condizione SISMAH)**

Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV	
Vita nominale	$V_N$		75	anni
Classe d'uso			III	
Coefficiente $C_U$	$C_U$		1.5	
Periodo di riferimento	$V_R$		112.5	anni
Accelerazione orizzontale	$a_g/g$		0.185	
Amplificazione spettrale	Fo		2.462	

Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	B	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	Ss		1.200	
Coeff. Amplificazione topografica	St		1	
Coefficiente S	S	$= Ss \cdot St$	1.200	
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g$	$= a_g/g \cdot S$	0.222	
Fattore di struttura	q		1.00	
Coeff. sismico orizzontale	$k_h$	$= a_{max}/g$	0.222	
Coeff. sismico verticale	$k_v$	$= \pm 0.5 \cdot k_h$	0.111	

Carico accidentale totale gravante sulla cop.		$1.1 \cdot 1000 / (7.98 \cdot 6.40) \cdot 6.40 + 1.1 \cdot 80 / 7.98 \cdot 11.30 =$	262.4	kN/m
---	--	---	-------	------

Forza orizz. sulla sol. di cop.	FHs	$0.222 \cdot (1.10 \cdot 25 + 75.92 + 0.2 \cdot 262.4 / 10.30) / 1.00$	24.09	kN/m <sup>2</sup>
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.222 \cdot (1.00 \cdot 25) / 1.00 =$	5.55	kN/m <sup>2</sup>

**Sisma verticale (Condizione SISMAV)**

Forza vert. sulla sol. di cop.	FVs	$0.111 \cdot (1.10 \cdot 25 + 75.92 + 0.2 \cdot 262.4 / 10.30) / 1.00$	12.05	kN/m <sup>2</sup>
--------------------------------	-----	--	-------	-------------------

**Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSPDX)**

Risultante della spinta sismica	$\Delta S_E$	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (\text{Hint} + Ss + Sf + Hb + Hr)^2 = 0.222 \cdot 2$	633.0	kN/m
Pressione risultante	$\Delta P_E$	$= \Delta S_E / H = 633.0 / 7.30$	86.71	kN/m <sup>2</sup>

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

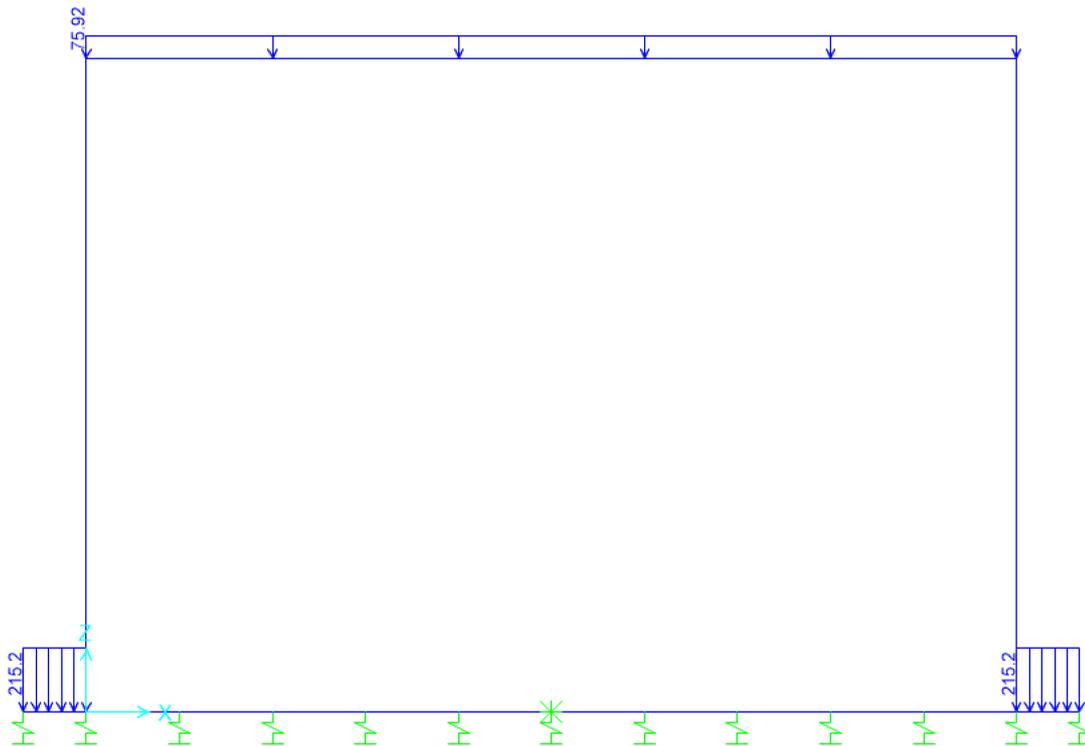


Figura 6: Condizione di carico PERM (kN/m/m)

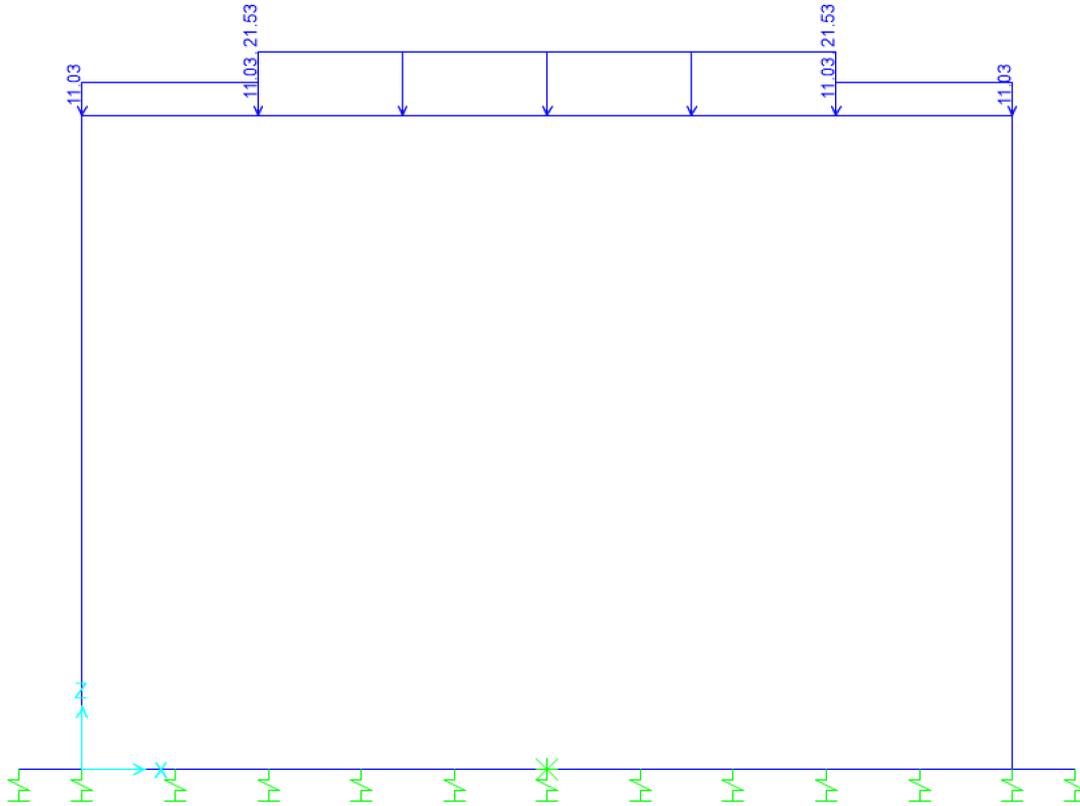


Figura 7: Condizione ACC-LM71-  $M(kN/m/m)$

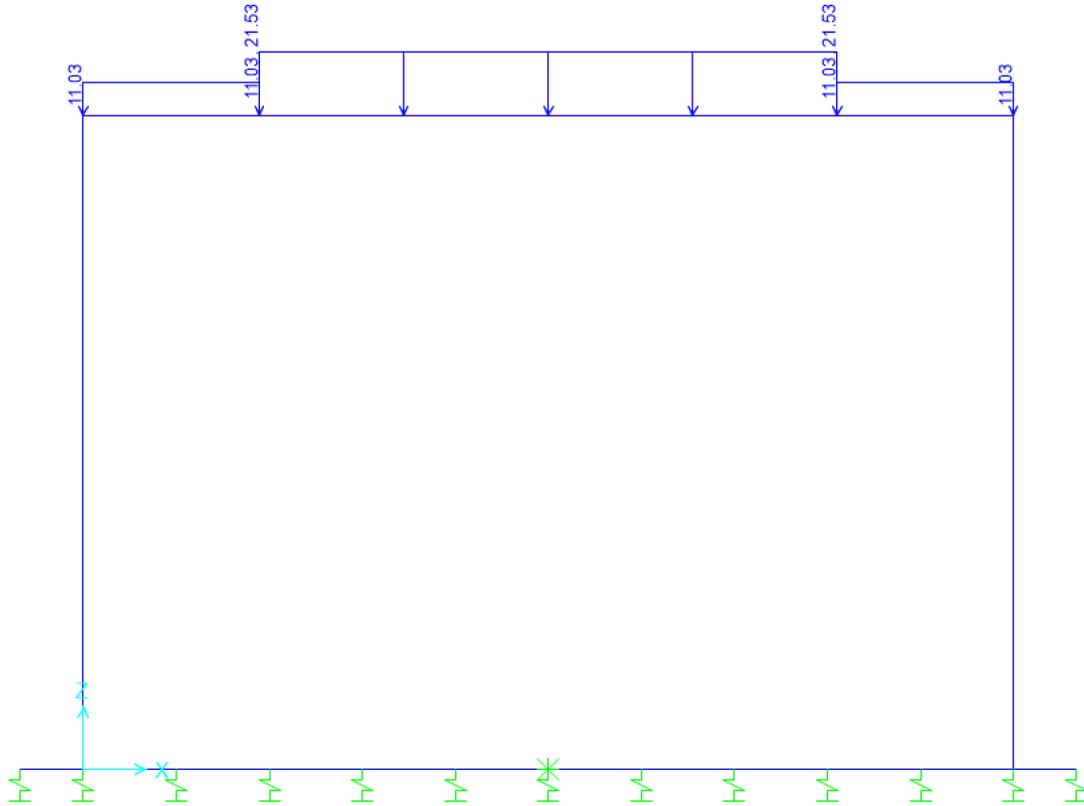


Figura 8: Condizione ACC-LM71- T(kN/m/m)

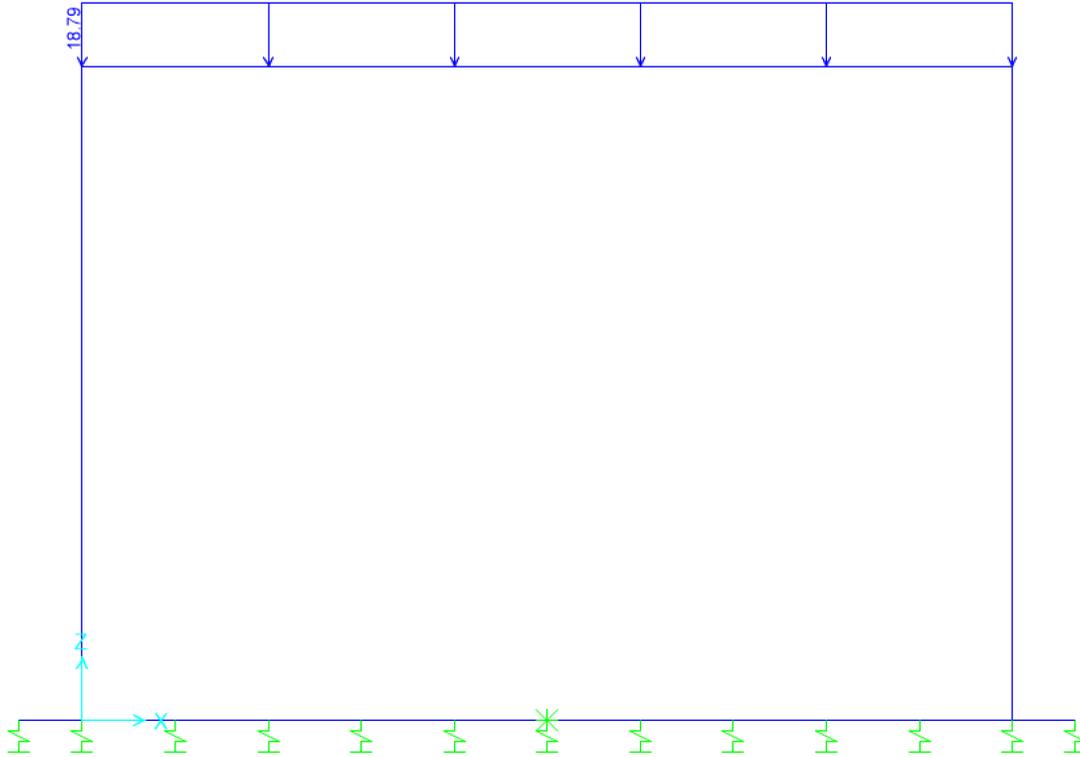


Figura 9: Condizione ACC-SW (kN/m/m)

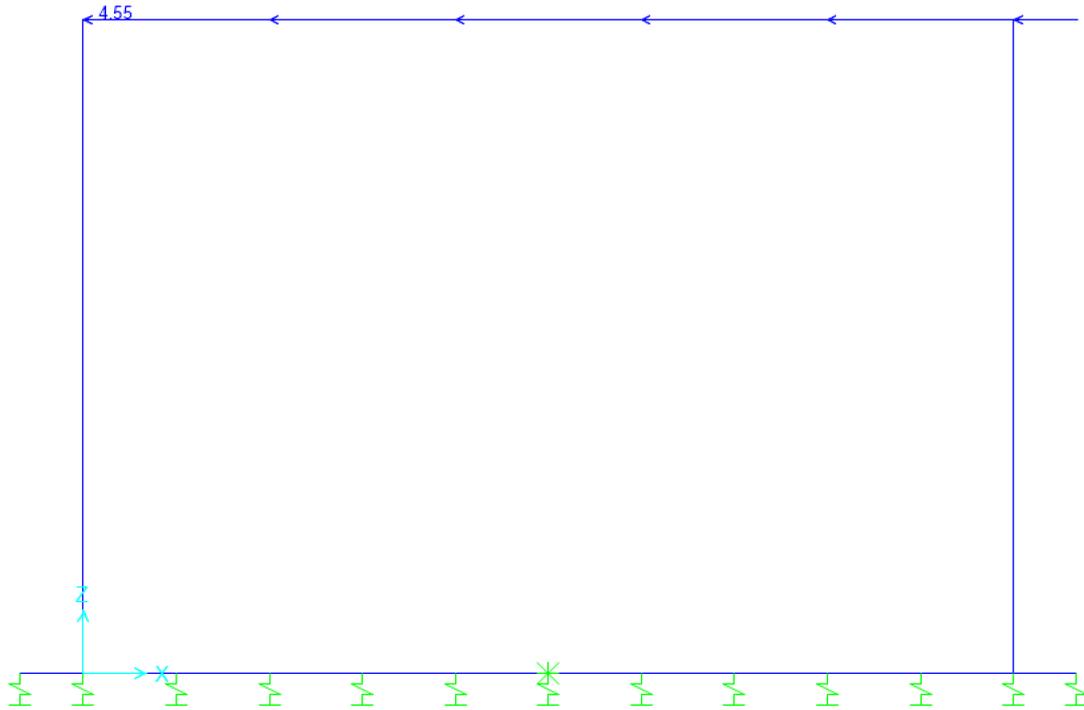
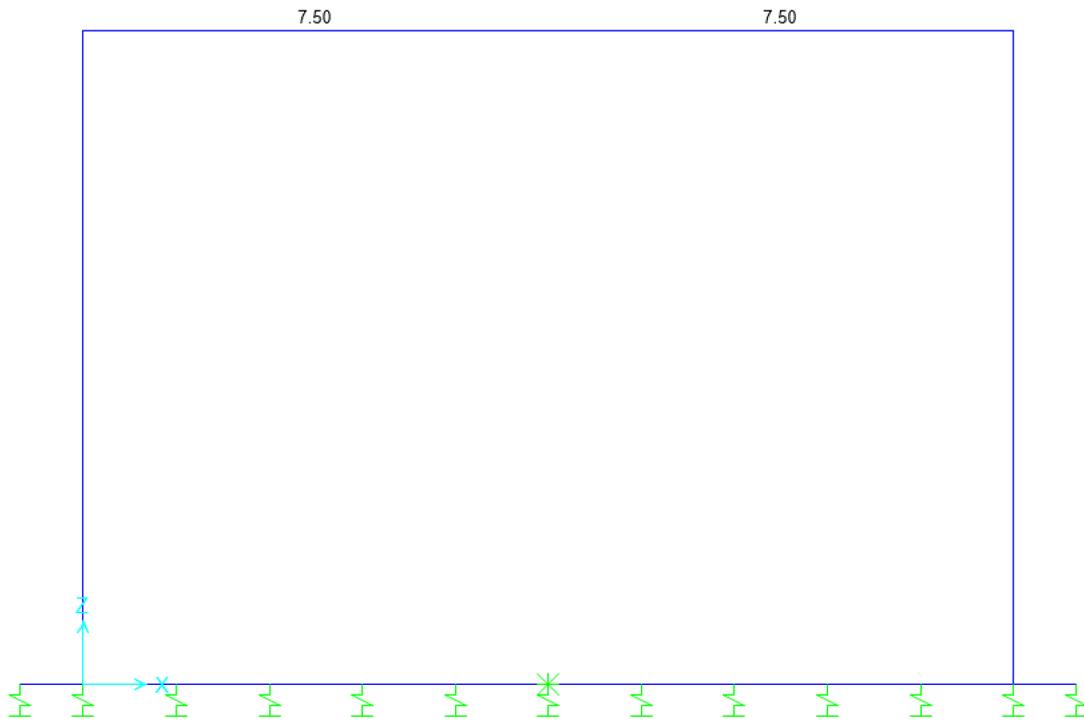


Figura 10: Condizione AVV (kN/m/m)



*Figura 11: Condizione TERM (°C)*

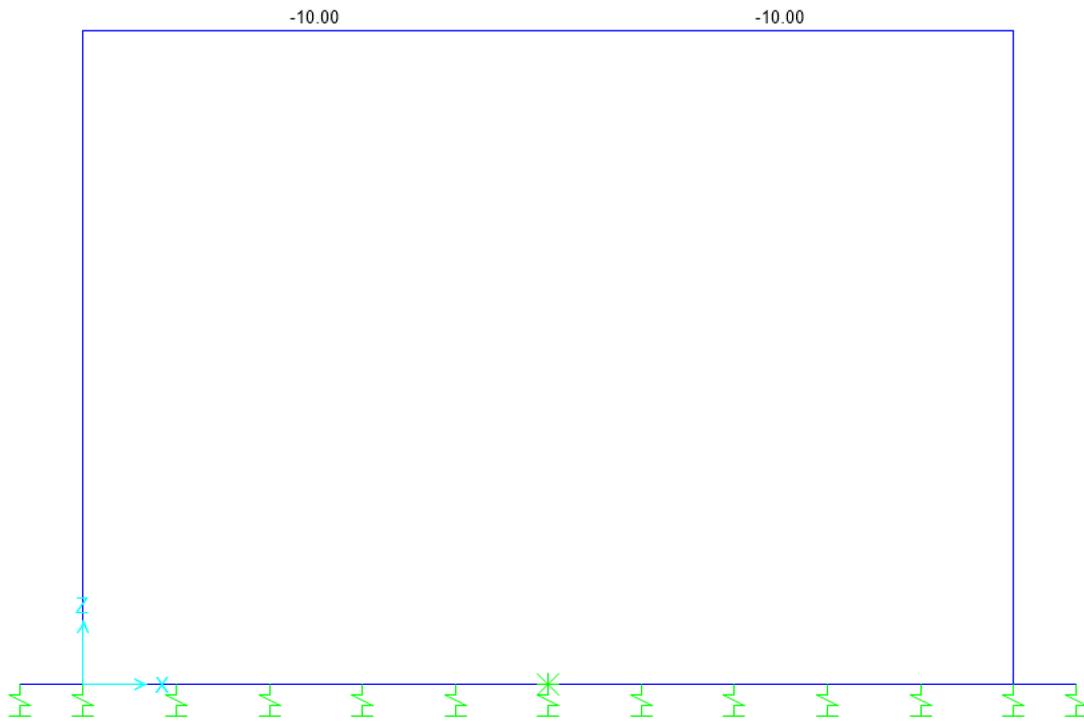


Figura 12: Condizione RITIRO (°C)



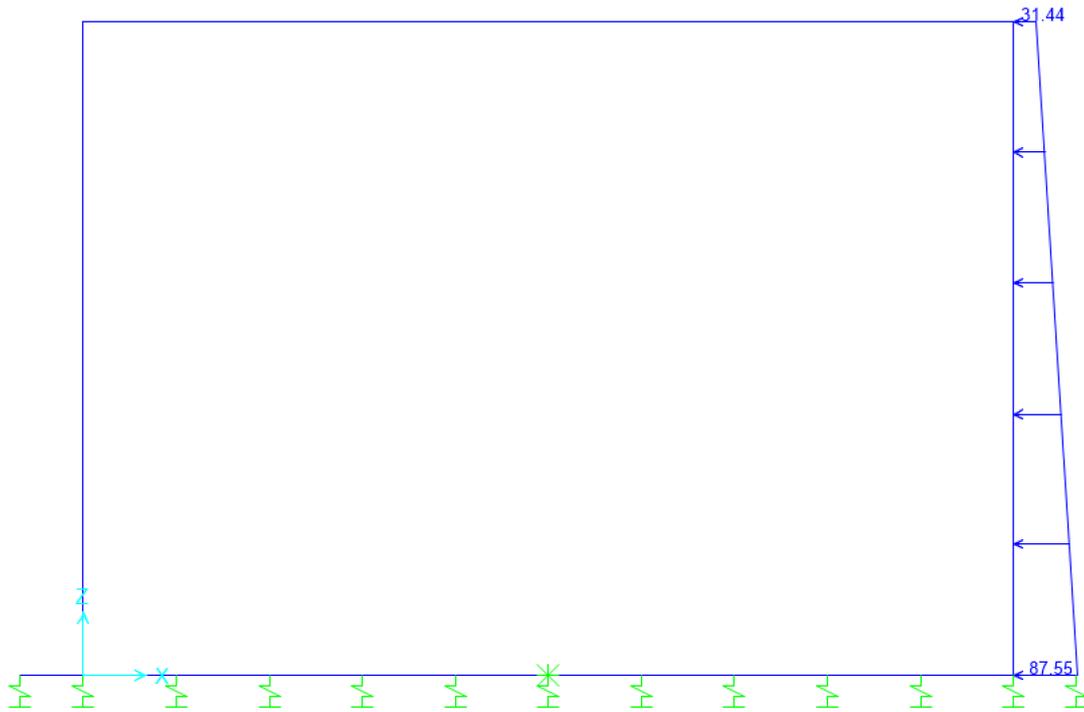


Figura 14: Condizione SPTDX (kN/m/m)

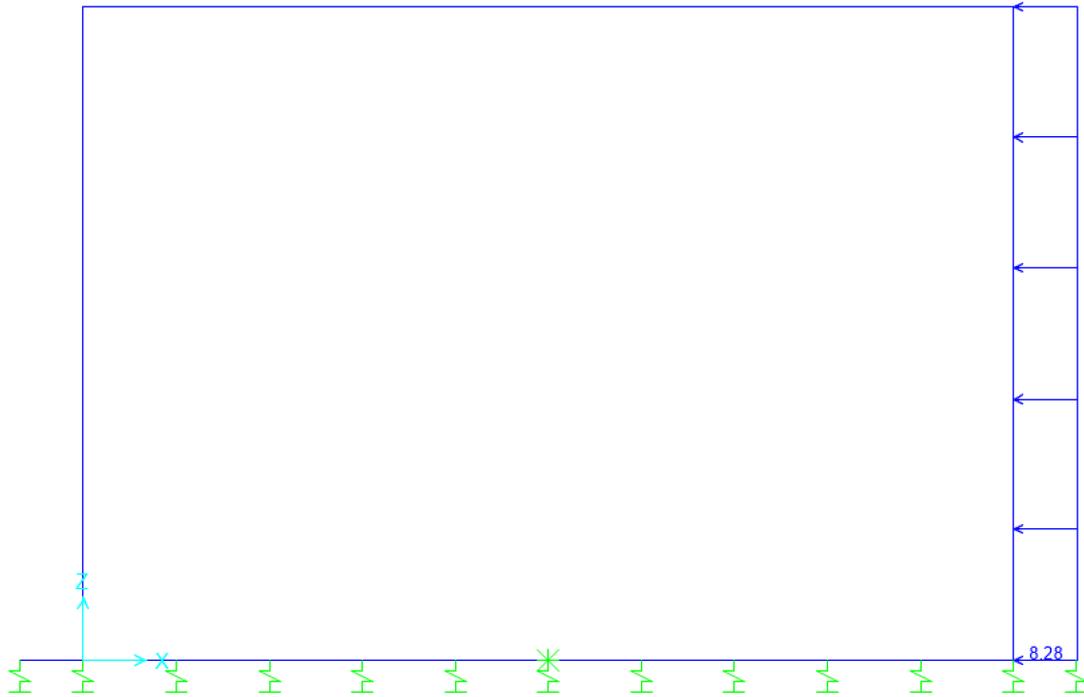


Figura 15: Condizione SPQDX71 (kN/m/m)

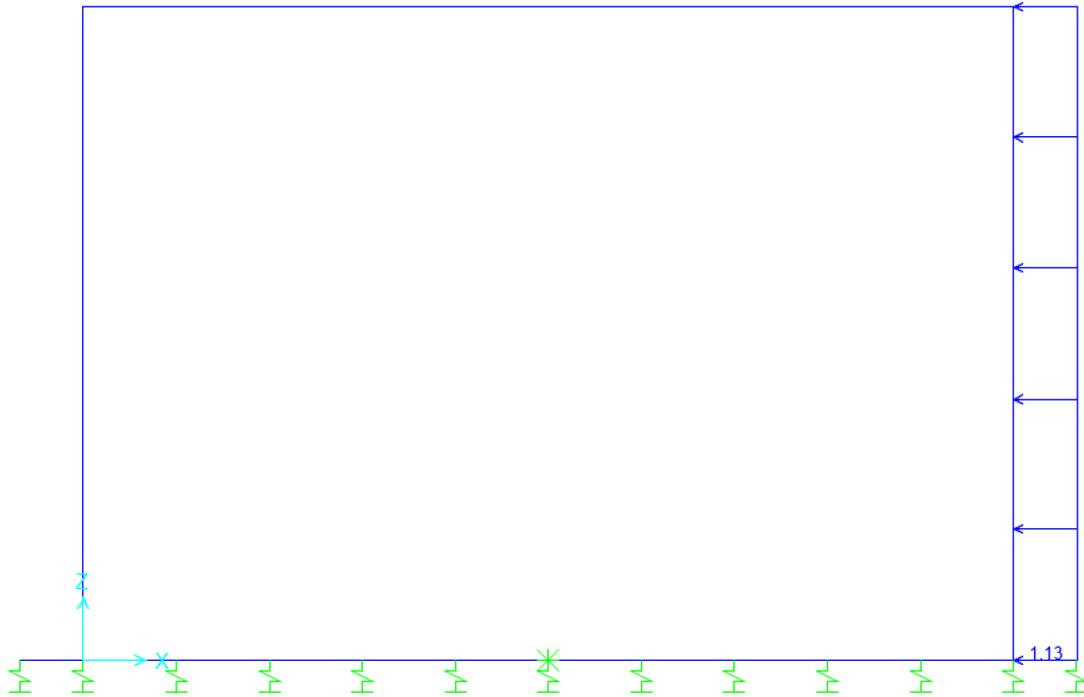


Figura 16: Condizione SPQDXSW (kN/m/m)

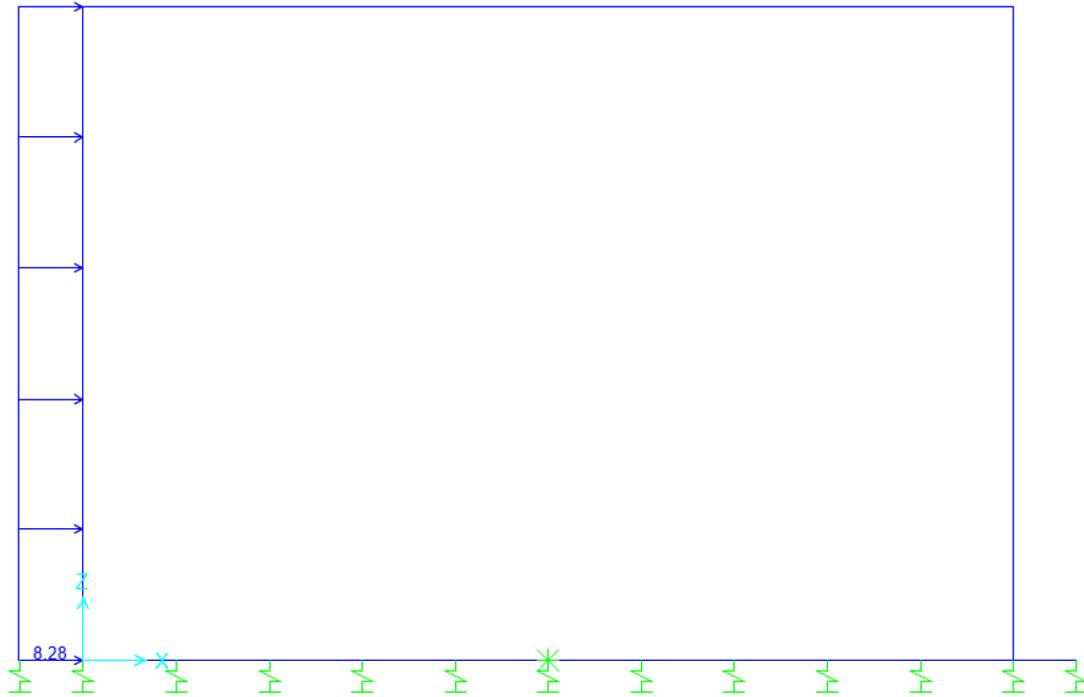


Figura 17: Condizione SPQSX71 (kN/m/m)

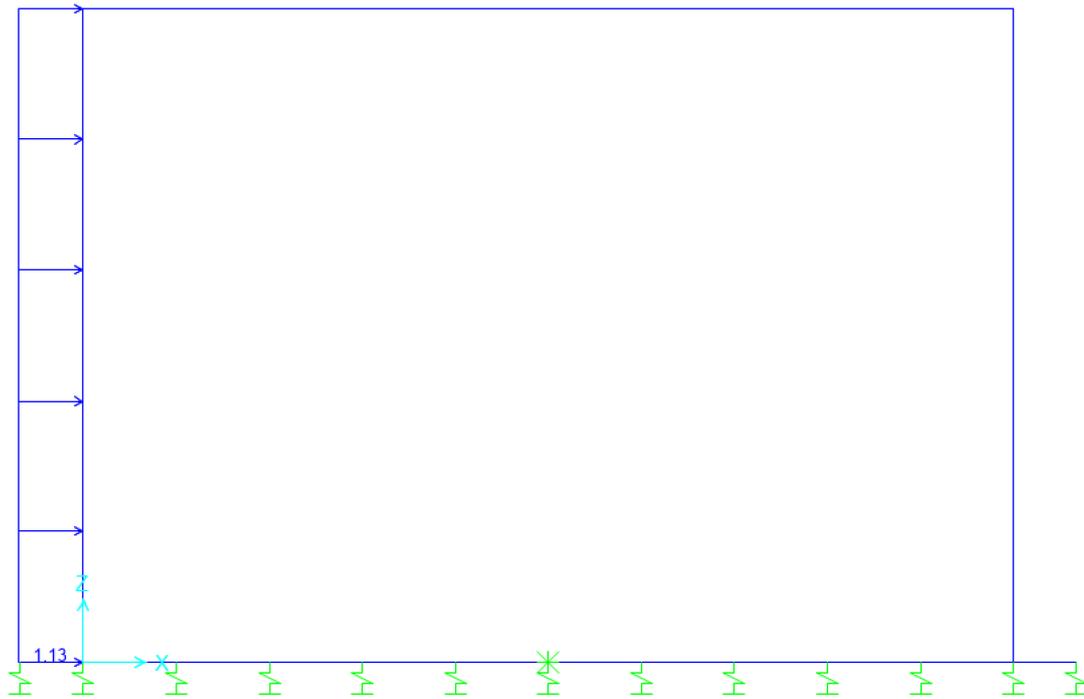


Figura 18: Condizione SPQSXS (kN/m/m)

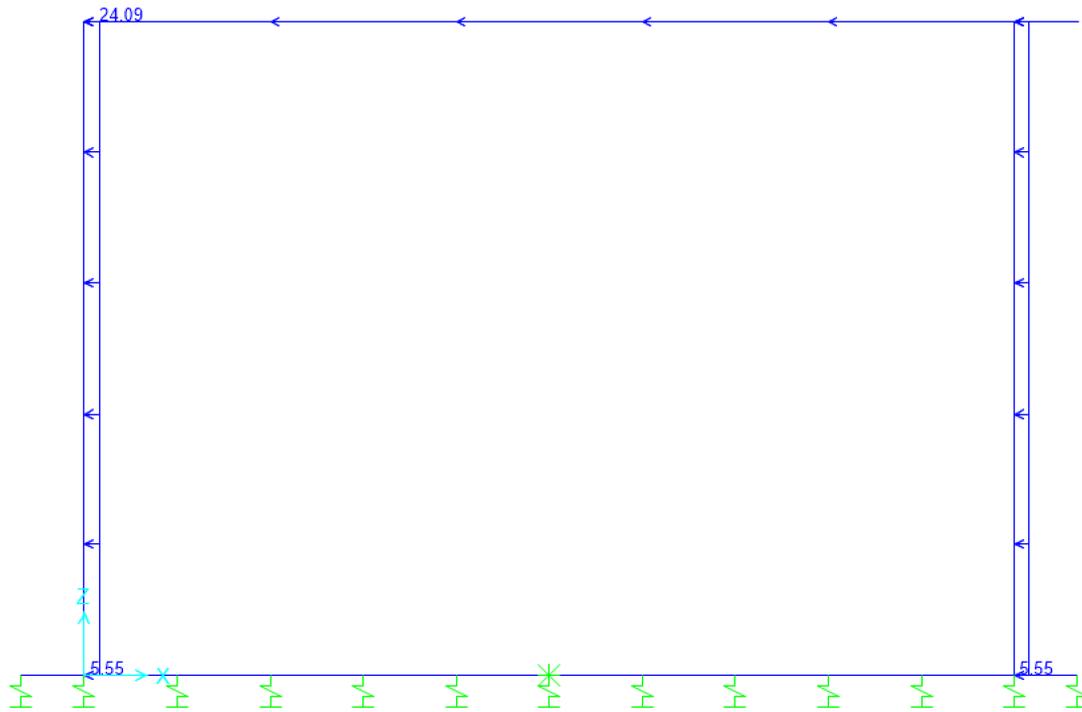


Figura 19: Condizione SISMAH (kN/m/m)

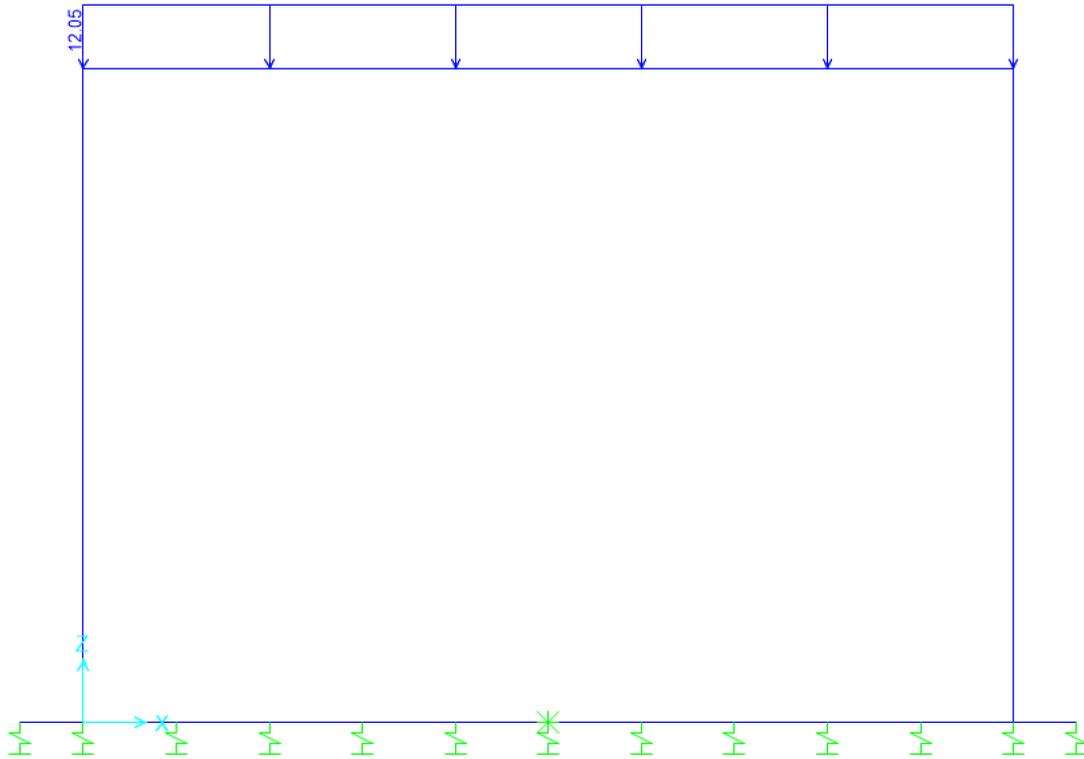


Figura 20: Condizione SISMAV (kN/m/m)

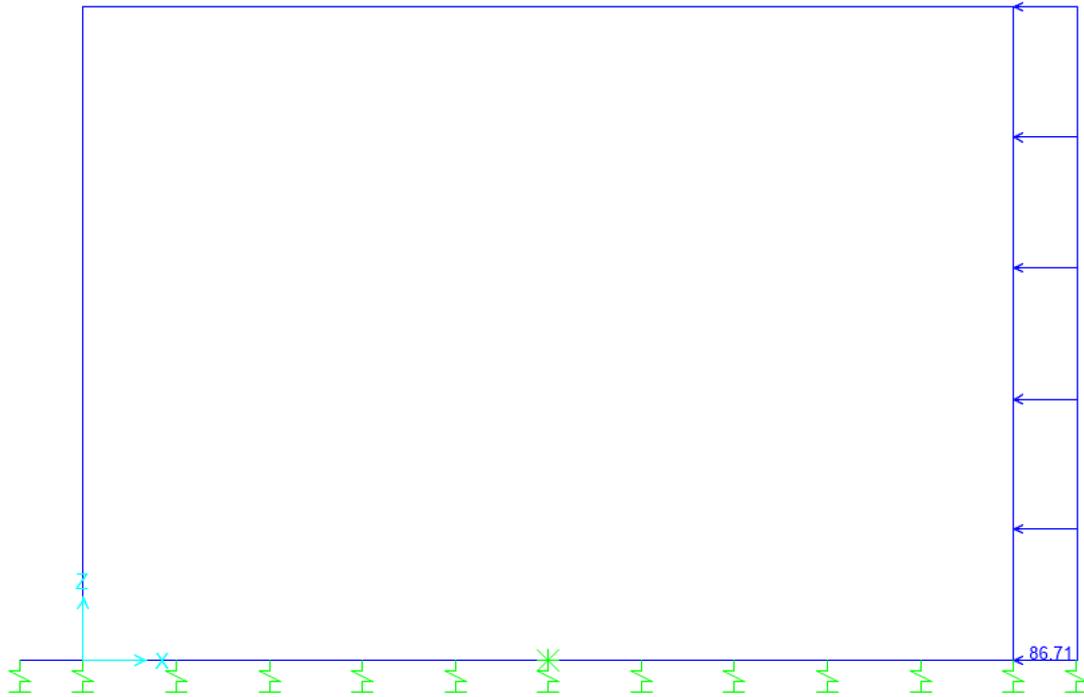


Figura 21: Condizione SPSDX ( $kN/m^2$ )

### 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	105R1T11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
106	106R1T11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
107	107R1T12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
108	108R1T12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
109	109R1T13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
110	110R1T13T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
111	111R1T14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0
112	112R1T15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
113	113R1T16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0.8
114	114R1T21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
115	115R1T21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
116	116R1T22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
117	117R1T22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
118	118R1T23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
119	119R1T23T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
120	120R1T24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0
121	121R1T25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
122	122R1T26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0.8

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

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

dove:

- PERM** : carichi permanenti
- PERM-G2** : carichi permanenti non strutturali
- ACC-M71** : carichi da traffico concentrato LM71 (disposizione per massimizzare il momento)
- ACC-T71** : carichi da traffico concentrato LM71(disposizione per massimizzare il taglio)
- ACC-SW** : carichi da traffico concentrato SW/2
- AVV** : avviamento
- SPTSx** : spinta del terreno sulla parete sx
- SPTDx** : spinta del terreno sulla parete dx
- SPQSx71** : spinta del carico accidentale LM71 sulla parete sx
- SPQDx71** : spinta del carico accidentale LM71 sulla parete dx
- TERM** : termica
- RITIRO** : ritiro
- SISMAH** : azione sismica
- SISDX** : incremento sismico della spinta del terreno
- SPQSxSW** : spinta del carico accidentale SW/2 sulla parete sx
- SPQDxSW** : spinta del carico accidentale SW/2 sulla parete dx

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

### 10.4 Sollecitazioni

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

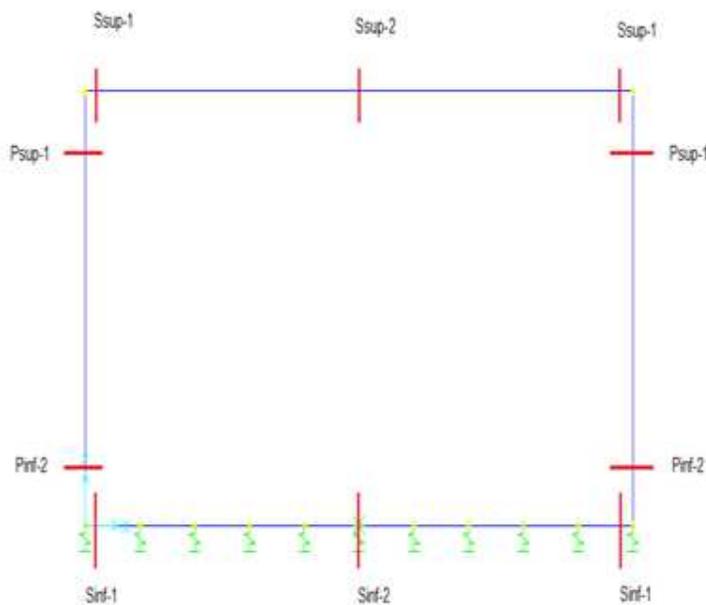


Figura 10.22 - Sezioni di verifica

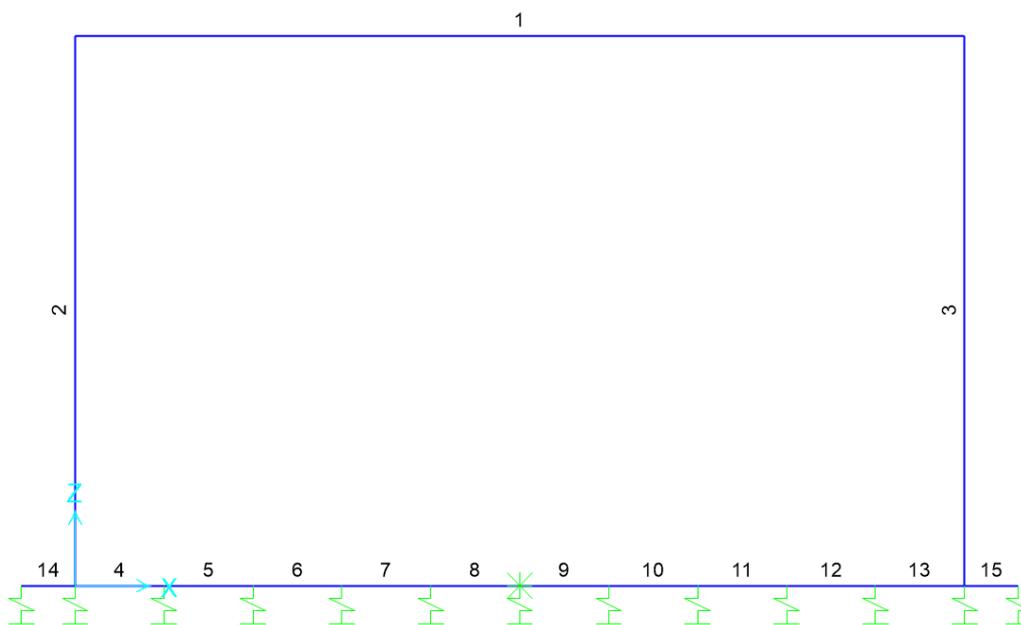


Figura 10.23 - Nomenclatura frame

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

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

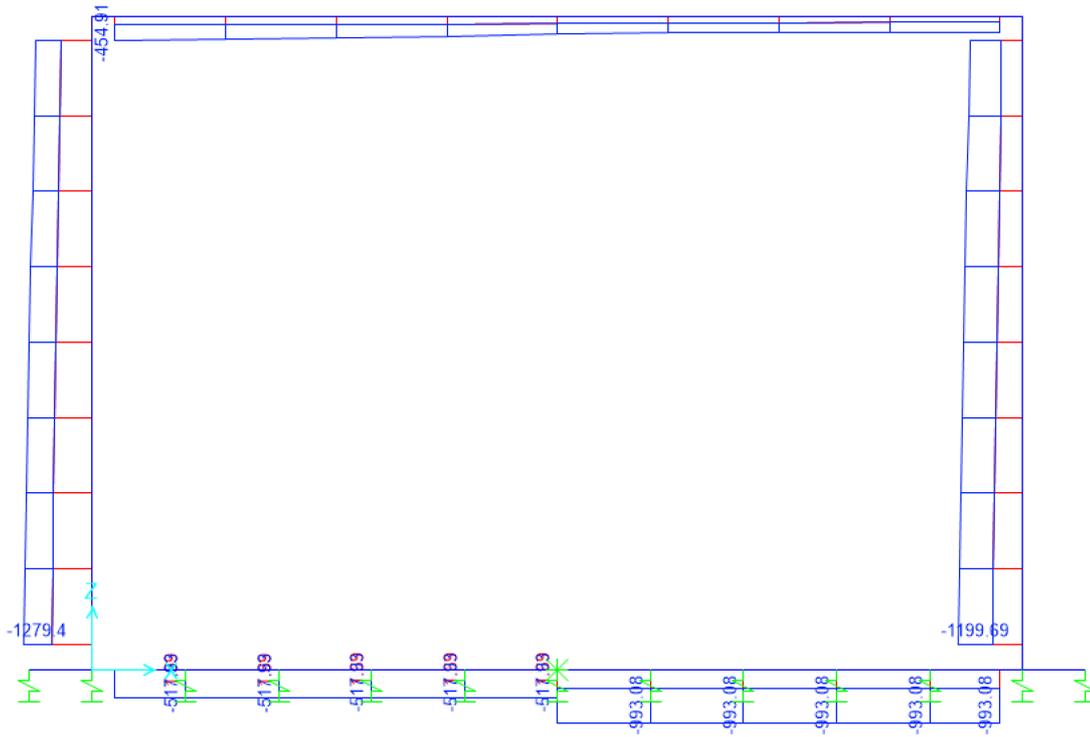


Figura 10.24 - Sforzo Normale – Involuppo SLU (KN)

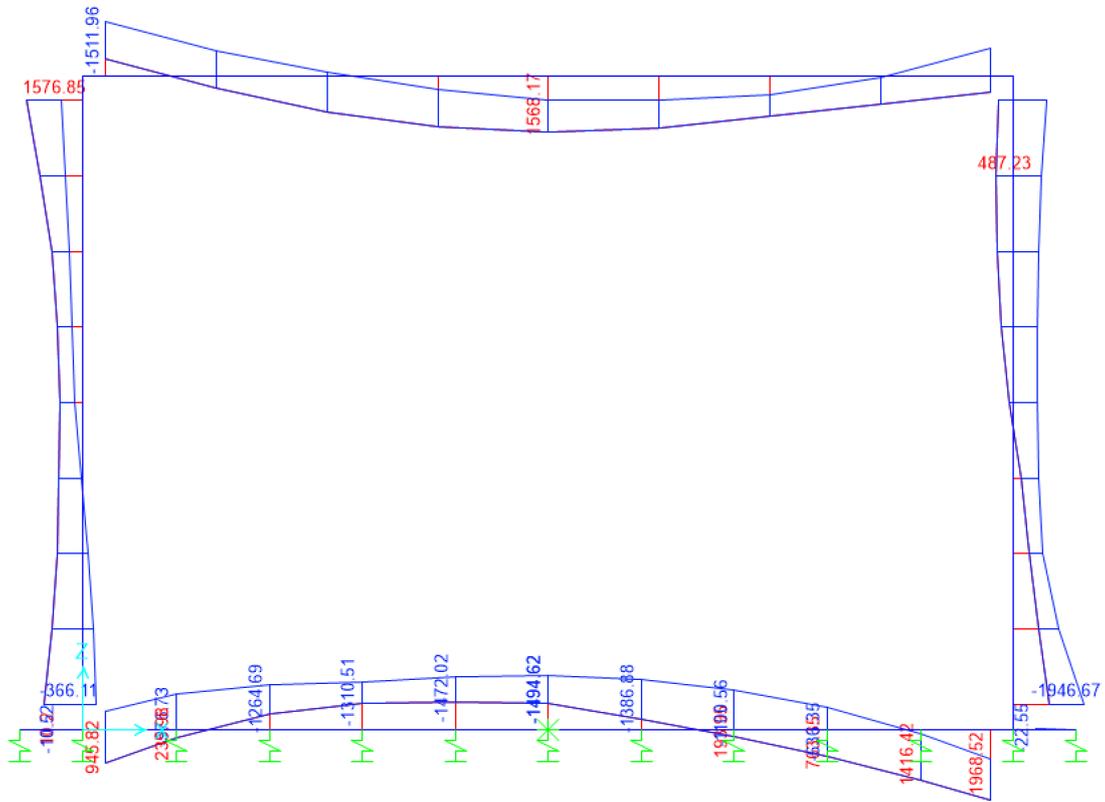


Figura 10.25 - Momento flettente – Inviluppo SLU (KNm)

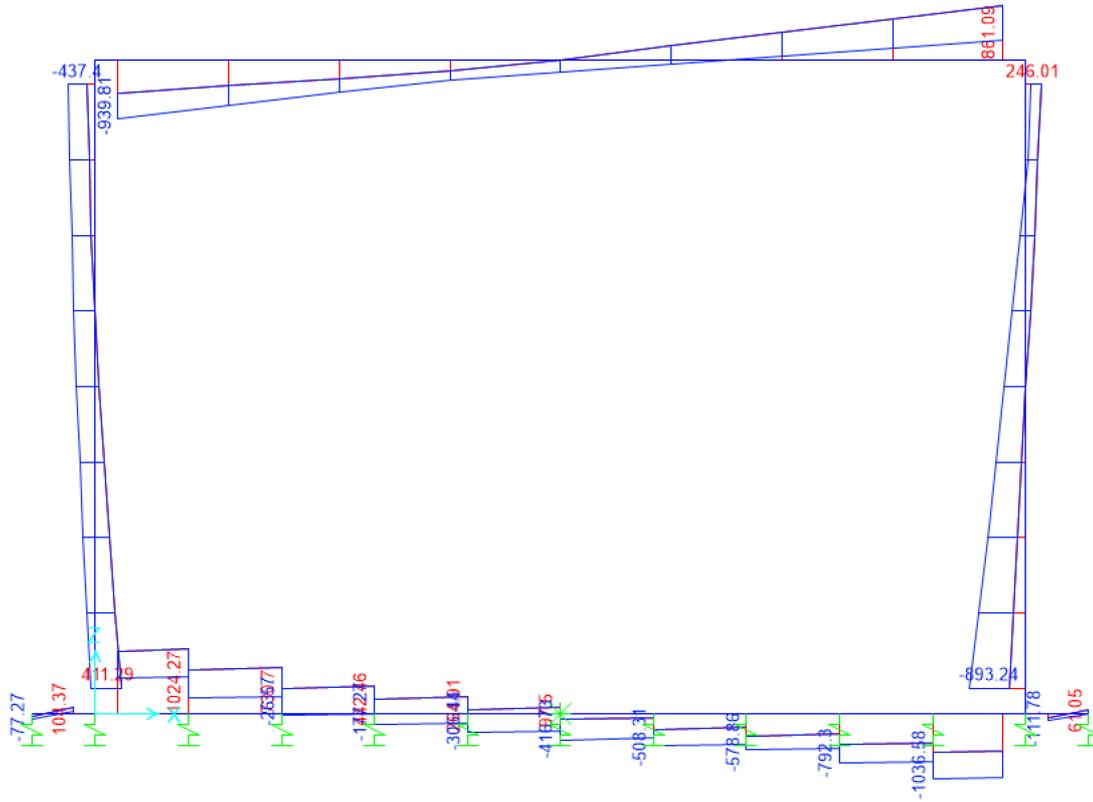
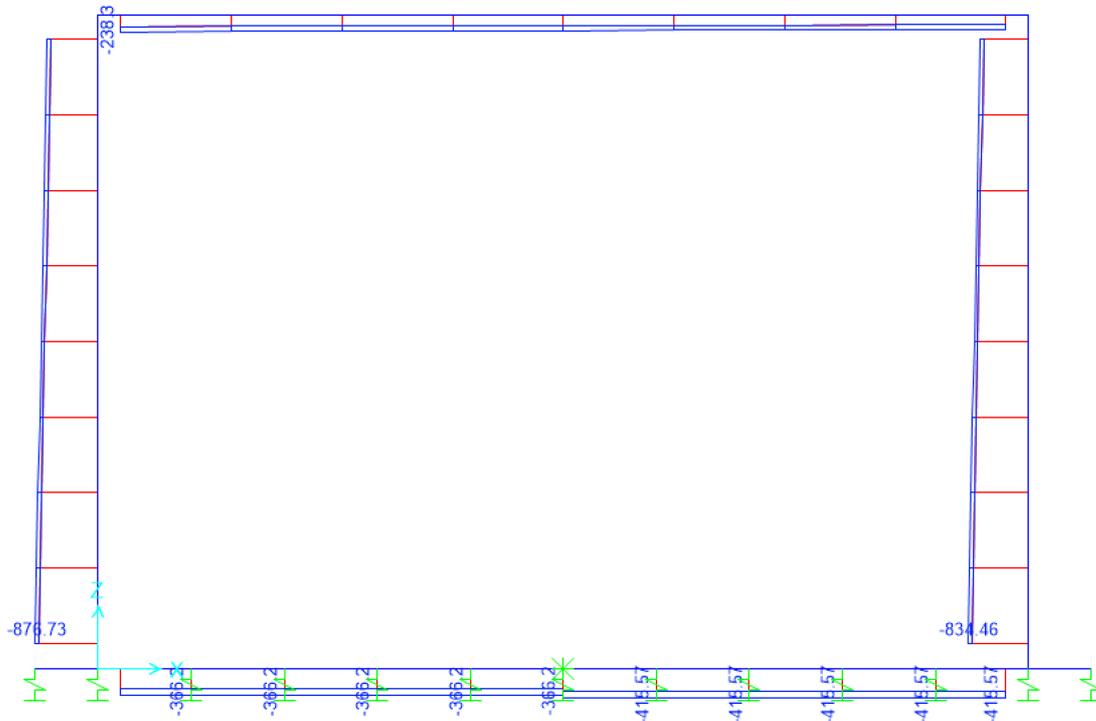


Figura 10.26 - Taglio - Involuppo SLU (kN)



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

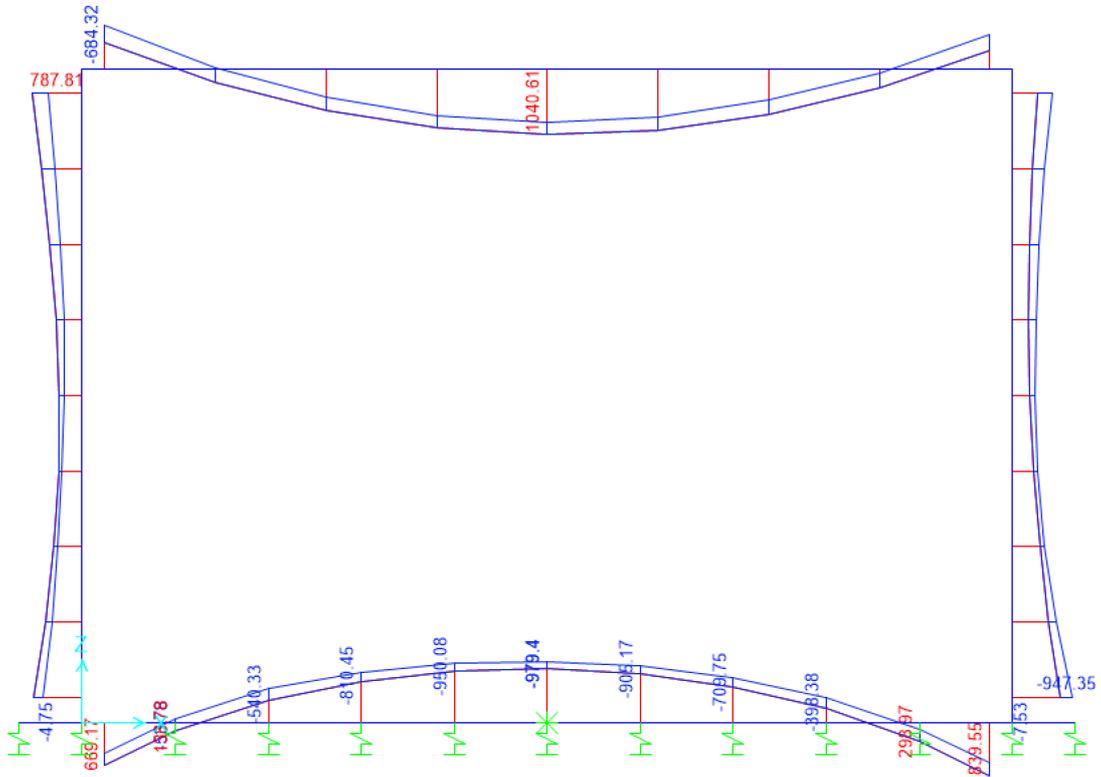


Figura 10.28 - Momento flettente – Inviluppo SLE – Rara (kNm)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	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 Ø20	5 Ø26	-
Soletta superiore - Appoggio	10 Ø26	-	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 Ø26	5 Ø26	-

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

### 10.5.2 Verifica soletta superiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solsup-Camp)

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

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

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

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

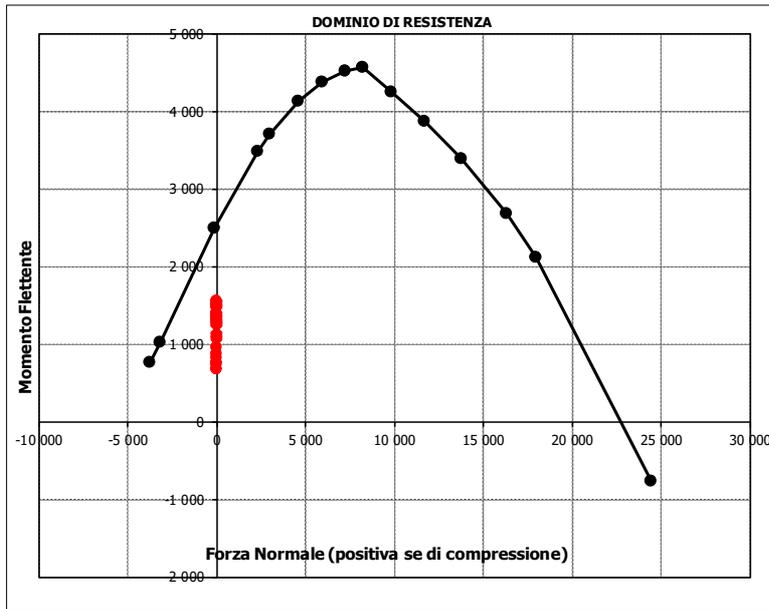
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>68.80 cm<sup>2</sup></b>			

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]	
(Nmax)			
(Nmin)			
(Mmax)	40S1T21M	0	1568
(Mmin)	82SSS12S	0	686

#### Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	1418	44S1T23M	0	1535
02S1-11T	0	1401	45S1T23T	0	1522
03S1-12M	0	1347	46S1T24-	0	1310
04S1-12T	0	1330	47S1T25-	0	1343
05S1-13M	0	1382	48S1T26S	0	1555
06S1-13T	0	1365	49S1T27S	0	1508
07S1-14-	0	1106	50S1T28S	0	1532
08S1-15-	0	1142	51S1T29S	0	1328
09S1-16S	0	1402	52S1T30S	0	1352
10S1-17S	0	1354	53S3-11M	0	1418
11S1-18S	0	1378	54S3-11T	0	1401
12S1-19S	0	1129	55S3-12M	0	1347
13S1-20S	0	1153	56S3-12T	0	1330
14S1-21M	0	1567	57S3-13M	0	1382
15S1-21T	0	1550	58S3-13T	0	1365
16S1-22M	0	1496	59S3-14S	0	1402
17S1-22T	0	1479	60S3-15S	0	1354
18S1-23M	0	1531	61S3-16S	0	1378
19S1-23T	0	1514	62S3-21M	0	1567
20S1-24-	0	1255	63S3-21T	0	1550
21S1-25-	0	1290	64S3-22M	0	1501
22S1-26S	0	1551	65S3-22T	0	1484
23S1-27S	0	1503	66S3-23M	0	1534
24S1-28S	0	1527	67S3-23T	0	1517
25S1-29S	0	1278	68S3-24S	0	1551
26S1-30S	0	1302	69S3-25S	0	1504
27S1T11M	0	1320	70S3-26S	0	1527
28S1T11T	0	1306	71SSS1--	0	749
29S1T12M	0	1254	72SSS2--	0	689
30S1T12T	0	1241	73SSS3--	0	886
31S1T13M	0	1287	74SSS4--	0	687
32S1T13T	0	1274	75SSS5--	0	831
33S1T14-	0	1062	76SSS6--	0	772
34S1T15-	0	1095	77SSS7--	0	968
35S1T16S	0	1307	78SSS8--	0	769
36S1T17S	0	1260	79SSS9S	0	748
37S1T18S	0	1284	80SSS10S	0	688
38S1T19S	0	1080	81SSS11S	0	885
39S1T20S	0	1104	82SSS12S	0	686
40S1T21M	0	1568	83SSS13S	0	831
41S1T21T	0	1554	84SSS14S	0	771
42S1T22M	0	1502	85SSS15S	0	968
43S1T22T	0	1489	86SSS16S	0	769



• **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>
	$\epsilon_{vd} = 0.00191$

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

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

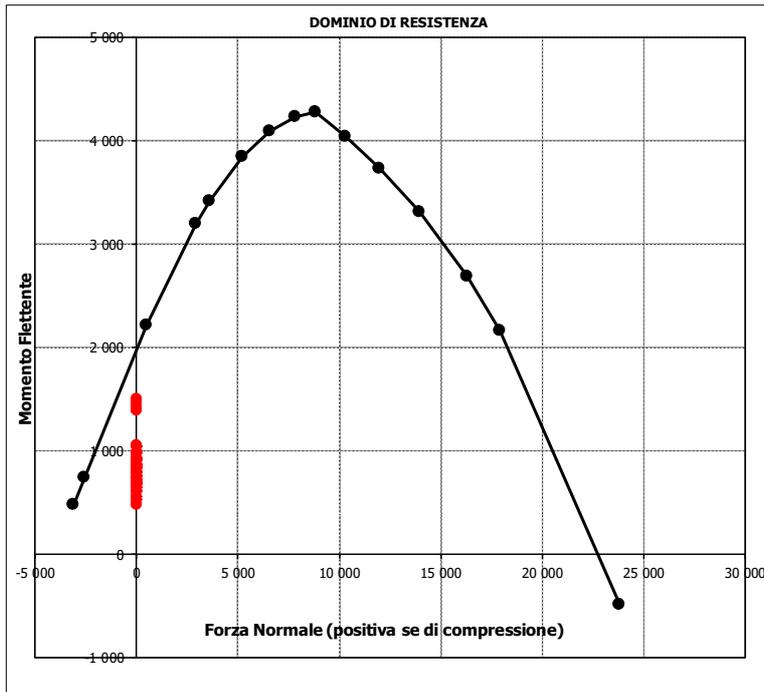
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 110$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 101.3$ cm

Armadura 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>

Armadura 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)	71SSS1--	0 1512
(Mmin)	51S1T29S	0 485

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	808	44S1T23M	0	803
02S1-11T	0	796	45S1T23T	0	793
03S1-12M	0	879	46S1T24-	0	503
04S1-12T	0	867	47S1T25-	0	617
05S1-13M	0	1004	48S1T26S	0	616
06S1-13T	0	992	49S1T27S	0	663
07S1-14-	0	707	50S1T28S	0	737
08S1-15-	0	832	51S1T29S	0	485
09S1-16S	0	798	52S1T30S	0	559
10S1-17S	0	846	53S3-11M	0	868
11S1-18S	0	922	54S3-11T	0	856
12S1-19S	0	684	55S3-12M	0	939
13S1-20S	0	760	56S3-12T	0	927
14S1-21M	0	659	57S3-13M	0	1064
15S1-21T	0	647	58S3-13T	0	1052
16S1-22M	0	730	59S3-14S	0	859
17S1-22T	0	718	60S3-15S	0	907
18S1-23M	0	855	61S3-16S	0	982
19S1-23T	0	843	62S3-21M	0	720
20S1-24-	0	558	63S3-21T	0	708
21S1-25-	0	683	64S3-22M	0	785
22S1-26S	0	649	65S3-22T	0	773
23S1-27S	0	697	66S3-23M	0	899
24S1-28S	0	773	67S3-23T	0	887
25S1-29S	0	535	68S3-24S	0	710
26S1-30S	0	611	69S3-25S	0	757
27S1T11M	0	871	70S3-26S	0	831
28S1T11T	0	862	71SSS1--	0	1512
29S1T12M	0	937	72SSS2--	0	1485
30S1T12T	0	928	73SSS3--	0	834
31S1T13M	0	1051	74SSS4--	0	744
32S1T13T	0	1041	75SSS5--	0	1429
33S1T14-	0	751	76SSS6--	0	1402
34S1T15-	0	865	77SSS7--	0	751
35S1T16S	0	864	78SSS8--	0	661
36S1T17S	0	911	79SSS9S	0	1501
37S1T18S	0	985	80SSS10S	0	1474
38S1T19S	0	733	81SSS11S	0	823
39S1T20S	0	807	82SSS12S	0	732
40S1T21M	0	623	83SSS13S	0	1418
41S1T21T	0	614	84SSS14S	0	1391
42S1T22M	0	689	85SSS15S	0	740
43S1T22T	0	679	86SSS16S	0	650



- 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>940</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
$n_2$		-
$\varnothing_2$	mm	-
$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	53.09

**Sezione**

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

**Resistenza senza armatura a taglio**

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

**Resistenza con armatura a taglio**

cota		0.5
v		0.5
$\omega_{sw}$		0.04
cot $\theta$		2.50
Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{Rsd}$	kN	1751
$V_{Rcd}$	kN	2957
$V_{Rd}$	kN	<b>1751</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>1041</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

**Materiali**

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

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>110</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$C_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$C_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$C_{t2} = 11.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	10 Ø 26	$C_{t1} = 8.7$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.8</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>169.8</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	$e$ (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	<b>34.2</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	12335	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	14108657.86	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	6167382.719	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	622	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	888	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	$u$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	4.9		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	144.9	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	$h_{c,eff}$	25.26	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	68.80	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2526.18	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0272	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000282756	-	
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 barre di armatura	$\phi_{eq}$	<b>24.33</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	321.8873622	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	189.3455072	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.05	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.09</b>	mm	

• Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>684</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	$\sigma_{amm}$	18.3	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.5	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.4	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s$	205000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>110</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b>	$C_{s1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \downarrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \downarrow$ <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>4.1</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>141.2</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	$e$ (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	<b>30.8</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	12115	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	13652498.6	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	5126694.628	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	602	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	859	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	$u$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.2		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	177.3	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	<b>30.8</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	26.41	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2640.67	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0201	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000346008	-	
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	$\Delta S_{max}$	389.8368317	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta S_m$	229.3157834	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.08	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.13</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	$h = 100$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 91.3$ cm

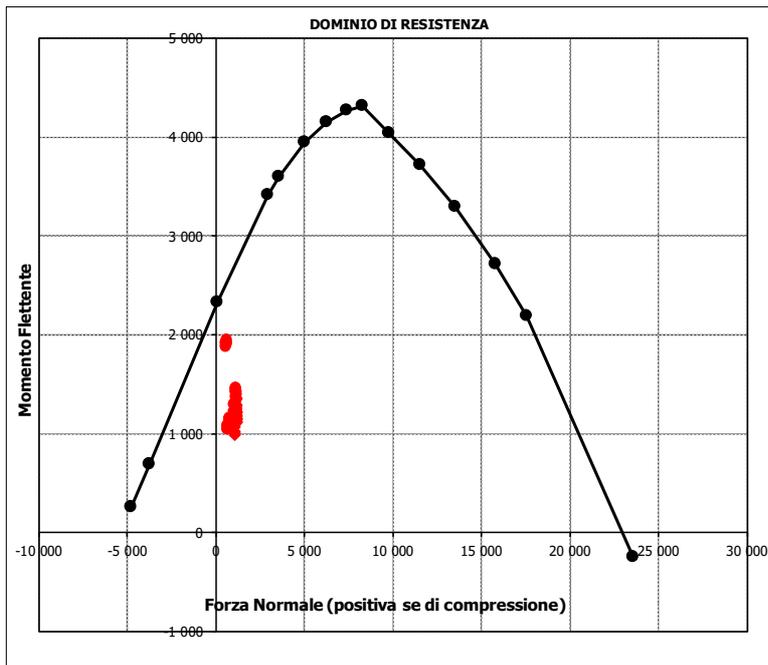
Armatatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>68.80 cm<sup>2</sup></b>			

Armatatura 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 cm<sup>2</sup></b>			

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	09S1-16S	1200	1118
(Nmin)	72SSS2--	556	1889
(Mmax)	75SSS5--	594	1947
(Mmin)	38S1T19S	1072	983

#### Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	1190	1110	44S1T23M	1127	1447
02S1-11T	1171	1107	45S1T23T	1112	1445
03S1-12M	1190	1150	46S1T24-	1072	1099
04S1-12T	1171	1148	47S1T25-	1042	1296
05S1-13M	1158	1366	48S1T26S	1164	1219
06S1-13T	1138	1363	49S1T27S	1164	1245
07S1-14-	1072	1017	50S1T28S	1144	1381
08S1-15-	1039	1233	51S1T29S	1072	1088
09S1-16S	1200	1118	52S1T30S	1052	1224
10S1-17S	1200	1145	53S3-11M	1178	1165
11S1-18S	1179	1283	54S3-11T	1159	1163
12S1-19S	1072	1004	55S3-12M	1178	1206
13S1-20S	1051	1142	56S3-12T	1159	1203
14S1-21M	1190	1173	57S3-13M	1145	1422
15S1-21T	1171	1171	58S3-13T	1126	1419
16S1-22M	1190	1213	59S3-14S	1187	1173
17S1-22T	1171	1211	60S3-15S	1187	1201
18S1-23M	1158	1429	61S3-16S	1167	1339
19S1-23T	1138	1427	62S3-21M	1178	1229
20S1-24-	1072	1080	63S3-21T	1159	1226
21S1-25-	1039	1296	64S3-22M	1178	1266
22S1-26S	1200	1181	65S3-22T	1159	1264
23S1-27S	1200	1208	66S3-23M	1148	1464
24S1-28S	1179	1346	67S3-23T	1129	1462
25S1-29S	1072	1067	68S3-24S	1187	1237
26S1-30S	1051	1206	69S3-25S	1187	1263
27S1T11M	1157	1107	70S3-26S	1167	1399
28S1T11T	1141	1105	71SSS1--	594	1912
29S1T12M	1157	1144	72SSS2--	556	1889
30S1T12T	1141	1142	73SSS3--	768	1119
31S1T13M	1127	1342	74SSS4--	644	1045
32S1T13T	1112	1340	75SSS5--	594	1947
33S1T14-	1072	993	76SSS6--	556	1924
34S1T15-	1042	1191	77SSS7--	768	1155
35S1T16S	1164	1113	78SSS8--	644	1080
36S1T17S	1164	1140	79SSS9S	597	1900
37S1T18S	1144	1276	80SSS10S	559	1878
38S1T19S	1072	983	81SSS11S	771	1108
39S1T20S	1052	1118	82SSS12S	647	1033
40S1T21M	1157	1212	83SSS13S	597	1935
41S1T21T	1141	1210	84SSS14S	559	1913
42S1T22M	1157	1249	85SSS15S	771	1143
43S1T22T	1141	1247	86SSS16S	647	1068



• 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	$f_{cd} = 33.2$ 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>
Resistenza caratteristica	$f_{cc} = 18.8$ N/mm <sup>2</sup>

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

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

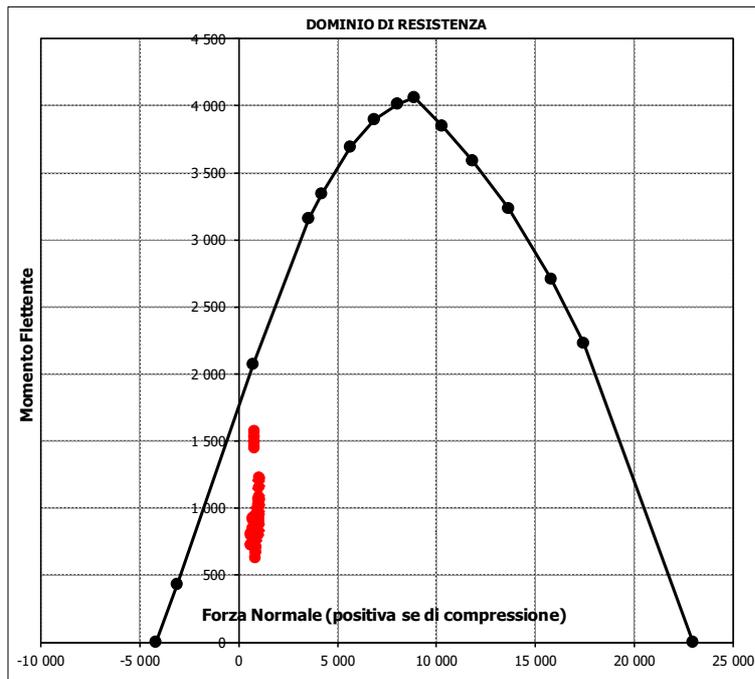
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>53.09</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

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)	5853-13T	1052	-1224
(Nmin)	82SSS12S	591	-801
(Mmax)	71SSS1--	803	1577
(Mmin)	51S1T29S	844	626

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	987	985	44S1T23M	998	976
02S1-11T	1007	978	45S1T23T	1014	971
03S1-12M	987	1028	46S1T24-	844	637
04S1-12T	1007	1020	47S1T25-	874	769
05S1-13M	1020	1173	48S1T26S	976	799
06S1-13T	1039	1166	49S1T27S	976	828
07S1-14-	844	827	50S1T28S	996	915
08S1-15-	877	972	51S1T29S	844	626
09S1-16S	997	978	52S1T30S	864	714
10S1-17S	997	1007	53S3-11M	1000	1044
11S1-18S	1017	1096	54S3-11T	1019	1037
12S1-19S	844	814	55S3-12M	1000	1086
13S1-20S	864	903	56S3-12T	1019	1079
14S1-21M	987	845	57S3-13M	1032	1232
15S1-21T	1007	837	58S3-13T	1052	1224
16S1-22M	987	887	59S3-14S	1009	1037
17S1-22T	1007	880	60S3-15S	1009	1066
18S1-23M	1020	1032	61S3-16S	1029	1155
19S1-23T	1039	1025	62S3-21M	1000	903
20S1-24-	844	687	63S3-21T	1019	896
21S1-25-	877	832	64S3-22M	1000	943
22S1-26S	997	837	65S3-22T	1019	936
23S1-27S	997	867	66S3-23M	1029	1075
24S1-28S	1017	956	67S3-23T	1049	1068
25S1-29S	844	674	68S3-24S	1009	896
26S1-30S	864	763	69S3-25S	1009	925
27S1T11M	968	1039	70S3-26S	1029	1012
28S1T11T	984	1033	71SSS1--	803	1577
29S1T12M	968	1078	72SSS2--	766	1541
30S1T12T	984	1073	73SSS3--	716	931
31S1T13M	998	1211	74SSS4--	592	812
32S1T13T	1014	1205	75SSS5--	803	1499
33S1T14-	844	871	76SSS6--	766	1463
34S1T15-	874	1003	77SSS7--	716	853
35S1T16S	976	1033	78SSS8--	592	734
36S1T17S	976	1062	79SSS9S	803	1566
37S1T18S	996	1149	80SSS10S	766	1531
38S1T19S	844	861	81SSS11S	715	920
39S1T20S	864	948	82SSS12S	591	801
40S1T21M	968	805	83SSS13S	803	1488
41S1T21T	984	799	84SSS14S	766	1453
42S1T22M	968	844	85SSS15S	715	842
43S1T22T	984	838	86SSS16S	591	723



- 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>893</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	100
c	cm	8.7
d	cm	91.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.47
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.36
$\rho$		0.0075
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>470</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	1578
$V_{RCd}$	kN	2665
$V_{Rd}$	kN	<b>1578</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>947</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>991</b>	kN

**Materiali**

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

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>100</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$C_{s1} = \blacktriangledown$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \blacktriangledown$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{i2} = \blacktriangledown$ <b>11.0</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$C_{i1} = \blacktriangledown$ <b>8.7</b> cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>6.3</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{c,amm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>109.2</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{s,amm}$

Eccentricità	$e$ (M)	95.6	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	45.6	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	42.4	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	11707	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	11408512.18	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	5856655.663	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	746	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	983	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	99.2	cm	
	$u$ ( $M_{fess}$ )	49.2	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	6.5		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	115.5	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	41.9	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	19.38	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	68.80	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	1937.65	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0355	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.00022544	-	
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	$\Delta S_{max}$	286.5016521	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta S_m$	168.5303836	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	

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>788</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>824</b>	kN

#### Materiali

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

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>100</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$C_{s1} = \blacktriangledown$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \blacktriangledown$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \blacktriangledown$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$C_{t1} = \blacktriangledown$ <b>8.7</b> 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>112.4</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	$e$ (M)	95.6	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	45.6	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	<b>38.8</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	11487	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	11050135	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	4868963.649	cm <sup>4</sup>	

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	694	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	924	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	112.1	cm	
	$u$ ( $M_{fess}$ )	62.1	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	6.5		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	142.8	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	<b>36.9</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	21.04	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2103.83	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0252	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.00027856	-	
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	$\Delta S_{max}$	345.1448357	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta S_m$	203.0263739	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	

### 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 sezior h	= 110 cm
Base della sezione	b = 100 cm
Copriferro	d' = 8.7 cm
Altezza utile della sezione	d = 101.3 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
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>

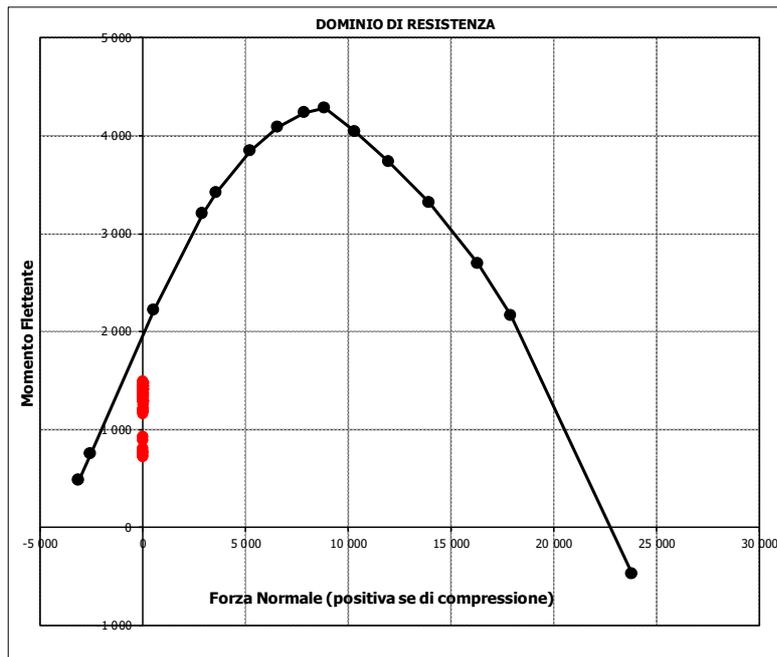
Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>26.55 cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
09S1-16S	0	1495
76SSS6--	0	720

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

#### Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	1486	44S1T23M	0	1325
02S1-11T	0	1484	45S1T23T	0	1323
03S1-12M	0	1412	46S1T24-	0	1159
04S1-12T	0	1410	47S1T25-	0	1194
05S1-13M	0	1449	48S1T26S	0	1366
06S1-13T	0	1447	49S1T27S	0	1316
07S1-14-	0	1248	50S1T28S	0	1341
08S1-15-	0	1285	51S1T29S	0	1178
09S1-16S	0	1495	52S1T30S	0	1203
10S1-17S	0	1443	53S3-11M	0	1486
11S1-18S	0	1469	54S3-11T	0	1484
12S1-19S	0	1271	55S3-12M	0	1412
13S1-20S	0	1297	56S3-12T	0	1410
14S1-21M	0	1416	57S3-13M	0	1449
15S1-21T	0	1414	58S3-13T	0	1447
16S1-22M	0	1342	59S3-14S	0	1495
17S1-22T	0	1340	60S3-15S	0	1443
18S1-23M	0	1379	61S3-16S	0	1469
19S1-23T	0	1377	62S3-21M	0	1416
20S1-24-	0	1178	63S3-21T	0	1414
21S1-25-	0	1215	64S3-22M	0	1347
22S1-26S	0	1424	65S3-22T	0	1345
23S1-27S	0	1373	66S3-23M	0	1382
24S1-28S	0	1398	67S3-23T	0	1379
25S1-29S	0	1200	68S3-24S	0	1424
26S1-30S	0	1226	69S3-25S	0	1374
27S1T11M	0	1477	70S3-26S	0	1399
28S1T11T	0	1475	71SSS1--	0	805
29S1T12M	0	1408	72SSS2--	0	759
30S1T12T	0	1407	73SSS3--	0	925
31S1T13M	0	1443	74SSS4--	0	773
32S1T13T	0	1441	75SSS5--	0	766
33S1T14-	0	1277	76SSS6--	0	720
34S1T15-	0	1311	77SSS7--	0	886
35S1T16S	0	1484	78SSS8--	0	733
36S1T17S	0	1433	79SSS9S	0	808
37S1T18S	0	1458	80SSS10S	0	762
38S1T19S	0	1295	81SSS11S	0	928
39S1T20S	0	1321	82SSS12S	0	775
40S1T21M	0	1359	83SSS13S	0	768
41S1T21T	0	1358	84SSS14S	0	723
42S1T22M	0	1291	85SSS15S	0	889
43S1T22T	0	1289	86SSS16S	0	736



• 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		copriferro	
Tipo	C32/40		50 mm
$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>	staffe	10 mm
$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>	armat. sec.	14 mm
$\gamma_c$	1.5		
$f_{cd}$	22.1 N/mm <sup>2</sup>		
$f_{cc}$	18.8 N/mm <sup>2</sup>		

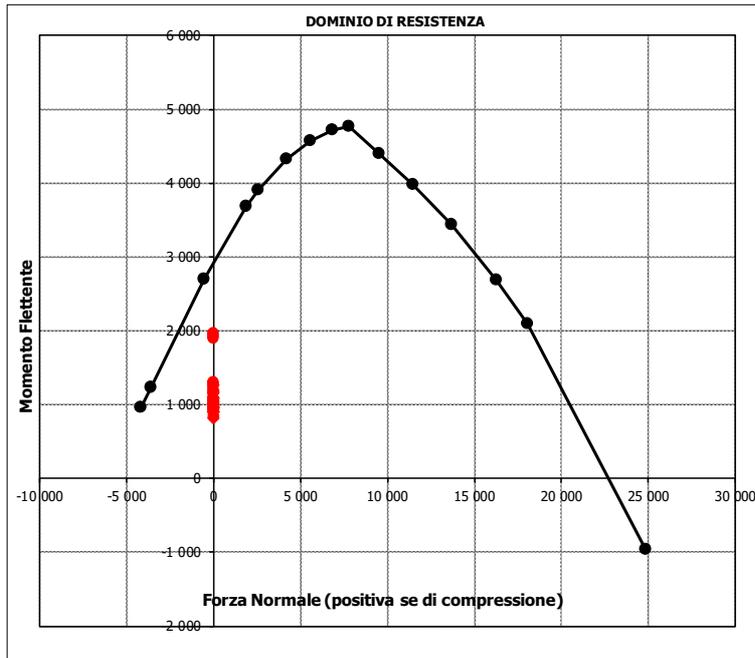
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 110$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 101.3$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>79.64 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)	75SSSS--	0	1969
(Mmin)	38S1T19S	0	808

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	894	44S1T23M	0	1288
02S1-11T	0	894	45S1T23T	0	1288
03S1-12M	0	969	46S1T24-	0	946
04S1-12T	0	968	47S1T25-	0	1151
05S1-13M	0	1193	48S1T26S	0	1020
06S1-13T	0	1192	49S1T27S	0	1071
07S1-14-	0	856	50S1T28S	0	1211
08S1-15-	0	1079	51S1T29S	0	927
09S1-16S	0	901	52S1T30S	0	1068
10S1-17S	0	953	53S3-11M	0	953
11S1-18S	0	1096	54S3-11T	0	952
12S1-19S	0	833	55S3-12M	0	1028
13S1-20S	0	976	56S3-12T	0	1027
14S1-21M	0	966	57S3-13M	0	1251
15S1-21T	0	965	58S3-13T	0	1251
16S1-22M	0	1041	59S3-14S	0	960
17S1-22T	0	1040	60S3-15S	0	1012
18S1-23M	0	1264	61S3-16S	0	1155
19S1-23T	0	1263	62S3-21M	0	1024
20S1-24-	0	927	63S3-21T	0	1024
21S1-25-	0	1151	64S3-22M	0	1094
22S1-26S	0	973	65S3-22T	0	1093
23S1-27S	0	1025	66S3-23M	0	1299
24S1-28S	0	1168	67S3-23T	0	1298
25S1-29S	0	904	68S3-24S	0	1032
26S1-30S	0	1047	69S3-25S	0	1083
27S1T11M	0	895	70S3-26S	0	1223
28S1T11T	0	894	71SSS1--	0	1929
29S1T12M	0	964	72SSS2--	0	1912
30S1T12T	0	964	73SSS3--	0	1036
31S1T13M	0	1169	74SSS4--	0	982
32S1T13T	0	1169	75SSS5--	0	1969
33S1T14-	0	827	76SSS6--	0	1952
34S1T15-	0	1032	77SSS7--	0	1076
35S1T16S	0	901	78SSS8--	0	1022
36S1T17S	0	952	79SSS9S	0	1916
37S1T18S	0	1092	80SSS10S	0	1899
38S1T19S	0	808	81SSS11S	0	1023
39S1T20S	0	949	82SSS12S	0	969
40S1T21M	0	1014	83SSS13S	0	1955
41S1T21T	0	1013	84SSS14S	0	1939
42S1T22M	0	1083	85SSS15S	0	1063
43S1T22T	0	1083	86SSS16S	0	1008



- 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>1036</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	26
Asl	cm <sup>2</sup>	79.64

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	110
c	cm	8.7
d	cm	101.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.44
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.35
$\rho$		0.0079
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>521</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	1751
$V_{RCd}$	kN	2957
$V_{Rd}$	kN	<b>1751</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

• Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>979</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	$\sigma_{amm}$	18.3	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.5	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.4	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s$	205000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>110</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b>	$C_{s1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \downarrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \downarrow$ <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>5.9</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>202.1</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	$e$ (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	<b>30.8</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	12115	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	13652498.6	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	5126694.628	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	602	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	859	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	$u$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.2		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	177.3	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	<b>30.8</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	26.41	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2640.67	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0201	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000346008	-	
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 edi armatura	$\phi_{eq}$	<b>26.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta S_{max}$	389.836841	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta S_m$	229.3157888	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.08	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.13</b>	mm	

• Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>840</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	$\sigma_{amm}$	18.3	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.5	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.4	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s$	205000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>110</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$c_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$c_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$c_{t2} = 11.3$ 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>4.5</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>120.2</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>36.2</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	12487	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	14412931.18	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	6812968.816	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	635	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	907	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 $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	129.9	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	<b>36.2</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	24.58	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	79.64	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2458.34	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0324	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000259319	-	
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	$\Delta s_{max}$	306.4381867	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	180.2577569	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	

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

## 11. INCIDENZA SCATOLARE

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

Soletta superiore	<b>100 kg/mc</b>
Soletta inferiore	<b>110 kg/mc</b>
Piedritti	<b>130 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>SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL1100001	REV. A

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

### 12.1 Tipo di analisi svolte

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

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

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

### 12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo

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

### 12.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

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