

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11

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 3 0 0 0 0 1 A

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

File: IV0I00D26CLSL1300001A.docx

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL1300001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 1 di 64</p>

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE.....	4
3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
4.1 Calcestruzzo per magrone di sottofondazione.....	6
4.2 Calcestruzzo per strutture scatolari.....	6
4.3 Acciaio ordinario per calcestruzzo armato	7
5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	9
5.1 Profondità della falda.....	9
6. ANALISI DEI CARICHI	10
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
7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	19
8. VERIFICHE STRUTTURALI	21
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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL1300001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 2 di 64</p>

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	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 SL13 al km 85+941, in località Albenga.

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

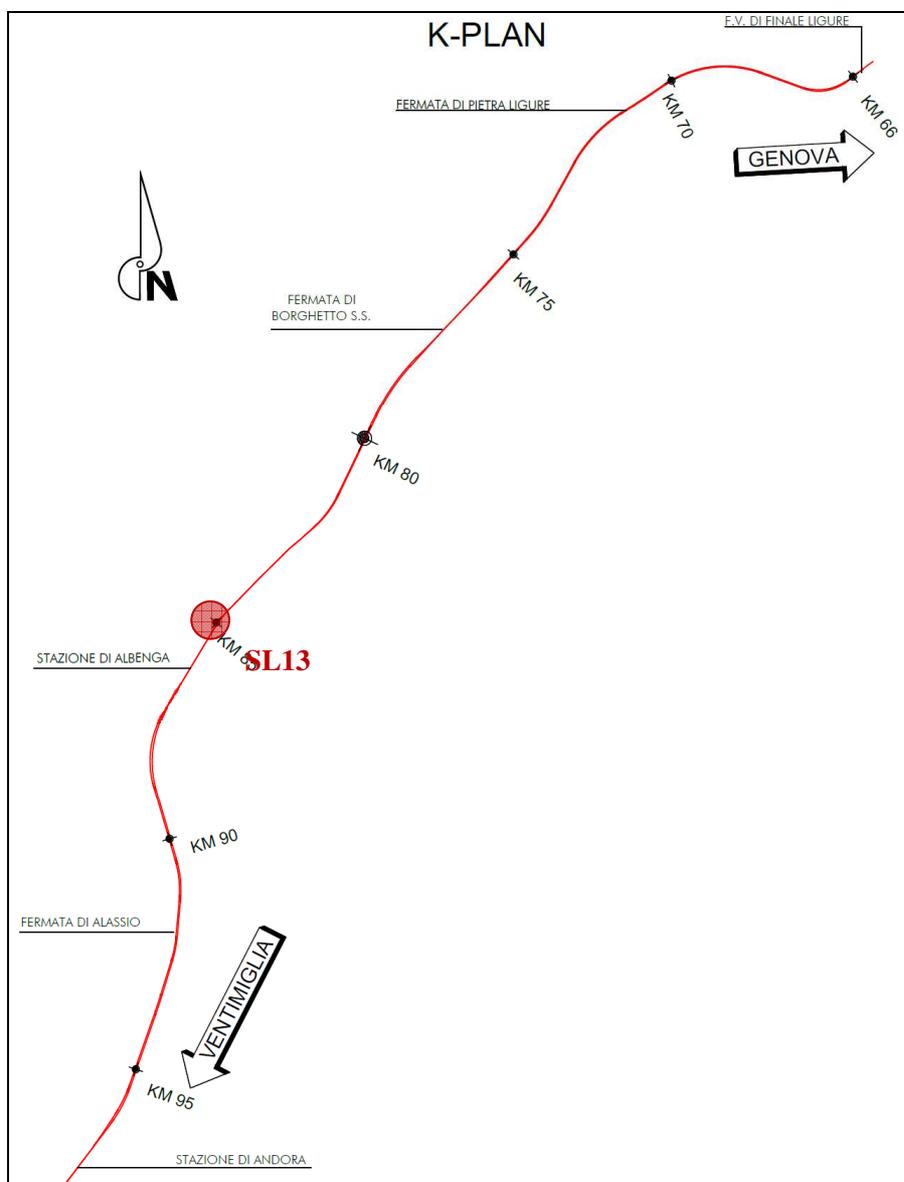


Figura 1: Raddoppio tratta Finale L. - Andora. Inquadramento dell'opera

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	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	0.10	m

Geometria

Spessore soletta superiore	Ss	1.10	m
Spessore soletta di fondazione	Sf	1.10	m
Spessore piedritti	Sp	1.10	m
Altezza netta	Hint	6.20	m
Larghezza netta	Lint	11.30	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr	0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L	27.53	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.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A	FOGLIO 5 di 64

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;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	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 ²	15
Contenuto minimo cemento			kg/m ³	150

4.2 Calcestruzzo per strutture scatolari

CALCESTRUZZO				
I calcestruzzi impiegati devono essere conformi alla UNI EN 206-1 ed alla UNI 11104 e rispondere alle seguenti prestazioni:				
Campo d'impiego				Scatolari
Classe di esposizione ambientale				XC4
Classe di resistenza calcestruzzo				C32/40
Classe di consistenza				S4
Rapporto acqua cemento massimo	a/c max	[-]		0.50
Tipo di cemento	CEM	[-]		III, IV, V
Contenuto minimo cemento		[kg/m ³]		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	α	[C ⁻¹]		1.0E-05
Coeff. per condizioni di aderenza	η_1	[-]		1.0
Coeff. Ø barre per aderenza	η_2	[-]		1.0
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	[MPa]		4.9
Coeff. riduttivo resistenze di lunga durata	α_{cc}	[-]		0.85
Coeff. parziale di sicurezza	γ_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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	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			B450C
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	ρ_s	[kg/m ³]	7850
Modulo elastico	E_s	[MPa]	200000
Deformazione caratteristica a carico massimo	$\epsilon_{uk}=(A_{gt})_k$	[%]	7.50
Coefficiente di dilatazione termica	α	[C ⁻¹]	1.2E-05
Coeff. parziale di sicurezza	γ_s	[-]	1.15
Resistenza di progetto	f_{yd}	[MPa]	391.3
Deformazione di progetto allo snervamento	ϵ_{yd}	[%]	0.2
Deformazione di progetto a carico massimo	ϵ_{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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A	FOGLIO 8 di 64

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

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

Con δ_f apertura delle fessure e w_1 valore limite dell'apertura delle fessure.

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	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:

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E' [MPa]
Unità 2	20	-	0	35	30
CMV-I	21	-	0	40	50
CMV	22	-	50	45	500

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA												
SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL1300001</td> <td>A</td> <td>10 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D 26 CL	SL1300001	A	10 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D 26 CL	SL1300001	A	10 di 64								

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 ³
Rilevato:	γ_{ril}	= 20.00 kN/m ³
Ballast + armamento:	$\gamma_{ballast}$	= 18.00 kN/m ³

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;
- γ_b = peso specifico del ballast;
- H_{sc} = spessore del super compattato;
- γ_b = peso specifico del super compattato.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A

6.3 Carichi mobili (traffico ferroviario)

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

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

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

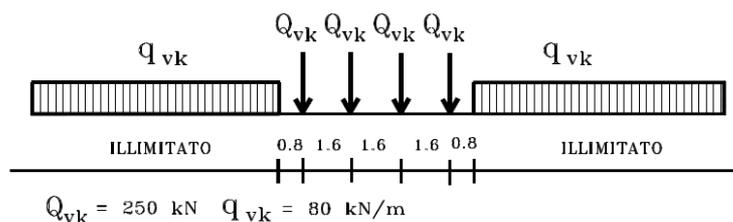
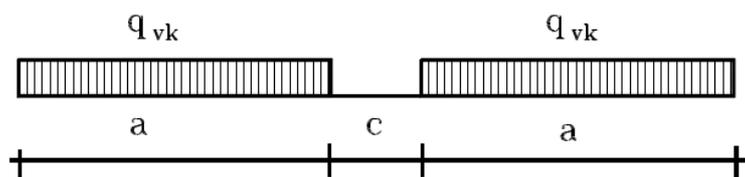


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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

Figura 6.2– Treno di carico SW

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A

Coefficiente di amplificazione dinamica Φ :

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 Φ sarà:

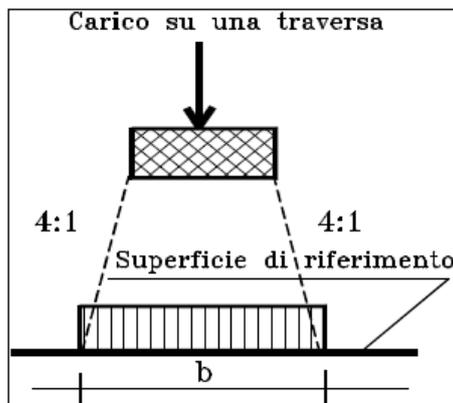
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

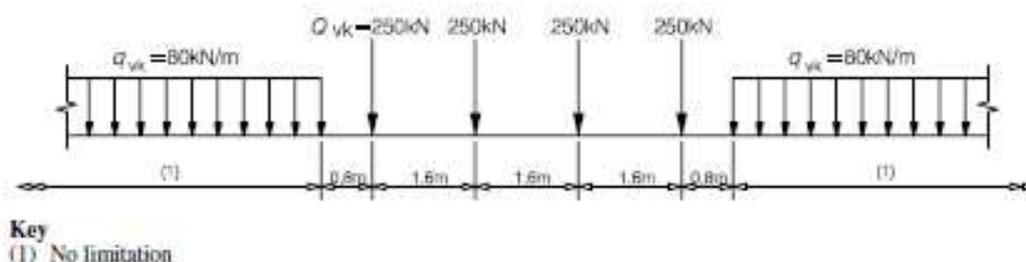
L_Φ rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

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.

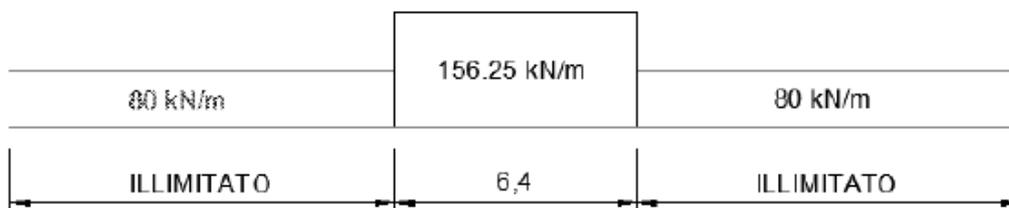


Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

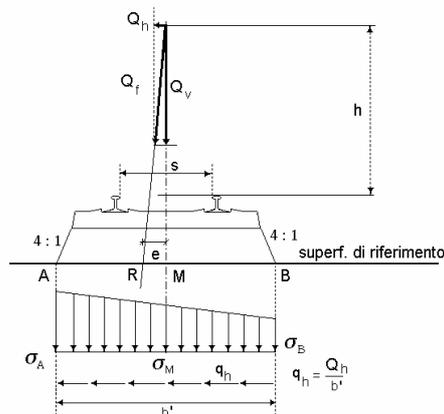
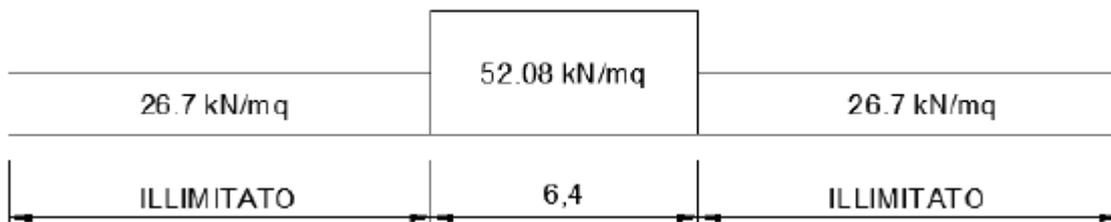
	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A

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.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL1300001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 14 di 64</p>

6.4 Azione di avviamento / frenatura

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

I valori caratteristici considerati sono i seguenti:

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

6.5 Azione di serpeggio

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

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

6.6 Azione del sisma

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

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

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

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

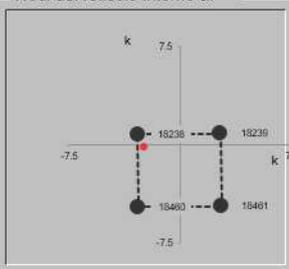
Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al



Reticolo di riferimento



Controllo sul...
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

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

INTRO | **FASE 1** | FASE 2 | FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di

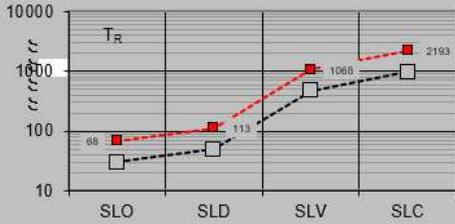
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

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

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

Elaborazioni
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO
 ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie -■- Strategia scelta

INTRO | **FASE 1** | **FASE 2** | FASE 3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_q	0.186 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
η	1.000
T_B	0.140 s
T_C	0.420 s
T_D	2.345 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 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:

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A	FOGLIO 17 di 64

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.

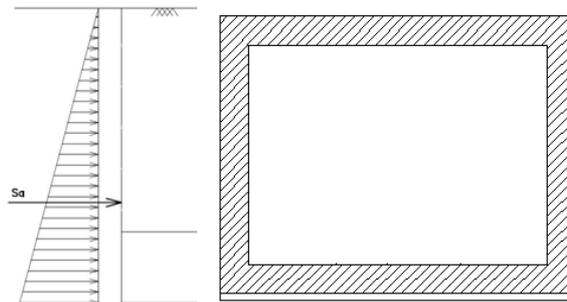


Figura 6.3 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	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.

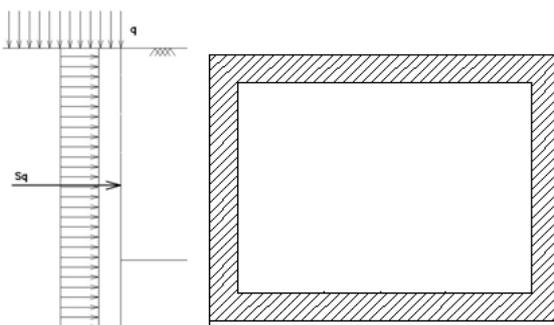


Figura 6.4– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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 $H/2$.

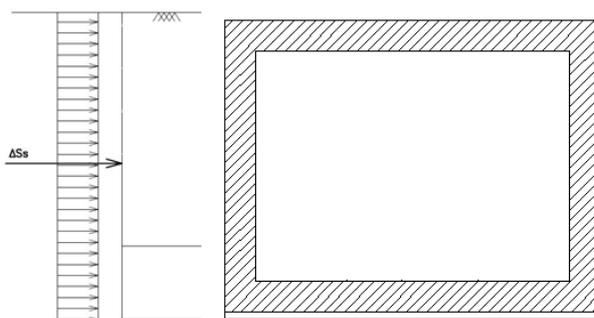


Figura 6.5– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	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 (Φ, α , 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 ψ delle tabelle seguenti.

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{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 ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_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 ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ 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.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

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

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_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 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	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 ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A

8. VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

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

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

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

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

8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

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

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

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

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

- Resistenza di progetto a "taglio trazione":

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

- Resistenza di progetto a "taglio compressione":

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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL1300001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 22 di 64</p>

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;

α è l'angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

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

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A	FOGLIO 23 di 64

8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL1300001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 24 di 64</p>

9. VERIFICHE GEOTECNICHE

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	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

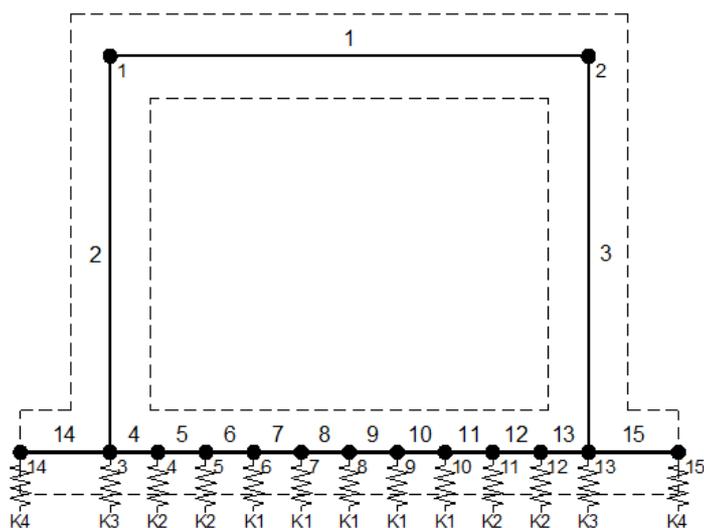
x = asse trasversale dello scatolare

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A

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

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

Per la rigidità delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale Kw pari a 3129 kN/m³. 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
ν	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 _t	30.00	N/mm ²
Coefficiente di Poisson	ν	0.30	-
Larghezza della fondazione	B = L _r +S _p +L _{int} +S _p +L _r	13.50	m
Lato maggiore della fondazione	L	27.53	m
Fattore di forma	c _t	1.23	-
Terreno di fondazione - Costante di sottofondo	K _w K _w = E _t /(1- ν^2)*B*c _t	1 980	kN/m ³
Interasse molle	i i = (S _p /2+L _{int} +S _p /2)/10	1.24	m
Molle centrali	K1 K ₁ = K _w *i	2 455	kN/m
Molle intermedie	K2 K ₂ = 1.50*K _w *i	3 682	kN/m
Molle laterali	K3 K ₃ = 2.00*K _w *(i/2+S _p /2)	4 632	kN/m
Molle risvolto	K4 K ₄ = 1.50*K _w *L _r	0	kN/m

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

10.2 Analisi dei carichi

Geometria

Caratteristiche materiali e terreno

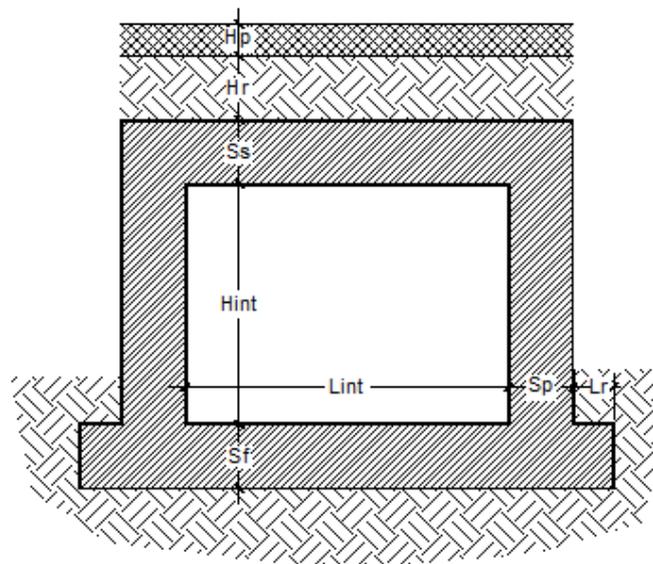
Calcestruzzo armato - Peso specifico	Y		25	kN/m ³
Calcestruzzo armato - Tipo			C32/40	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R _{ck}		40	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f _{ck}	0.83 · 40 =	33.2	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E		33600	N/mm ²
Ballast - Peso specifico	Y _b		18	kN/m ³
Terreno del rilevato - Peso specifico	Y		20	kN/m ³
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ		38	°
Terreno di riempimento laterale - Peso specifico	Y		20	kN/m ³
Terreno di riempimento laterale - Angolo di attrito	φ		38	°
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			aggressive	

Ricoprimento

Spessore ballast+armamento	H _b		0.80	m
Spessore medio traversina+binario	H _t		0.40	m
Spessore ballast sotto la traversina			0.40	m
Spessore del rinterro	H _r		0.10	m

Geometria

Spessore soletta superiore	S _s		1.10	m
Spessore soletta di fondazione	S _f		1.10	m
Spessore piedritti	S _p		1.10	m
Altezza netta	H _{int}		6.20	m
Larghezza netta	L _{int}		11.30	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L _r		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L		27.53	m



Tab. 4: Geometria del modello

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A

Azioni elementari applicate

Carichi permanenti (Condizione *PERM*)

Soletta superiore						
Peso ballast	Ps	$0.80 \cdot 18 =$		14.40	kN/m ²	
Peso del rinterro	Pr	$0.10 \cdot 20 =$		2.00	kN/m ²	
Totale		$(Pr+Ps)*r$		17.85	kN/m²	
Risvolti soletta inferiore						
Peso ballast	Ps	-		0.00	kN/m ²	
Peso del rinterro	Pr	-		0.00	kN/m ²	
Totale				0.00	kN/m²	

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

Coefficiente dinamico						
Lunghezza caratteristica per coeff. din.	L_{ϕ}	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (6.75 + 12.40 + 6.75)$		11.22	m	
Coefficiente dinamico	Φ_3	$= 0.9 \cdot (2.16 / (\text{radq}(11.22) - 0.2) + 0.73)$		1.27		
Qvk						
Coefficiente di adattamento	α			1.10		
Larghezza traversa	Lt			2.40	m	
Impronta di carico y	Ld1	$2.40 + 2 \times (0.40/4 + 0.10 \times \text{TAN}(38^\circ) + 1.10/2) =$		3.86	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)		$1.1 \cdot 1.27 \cdot 1000 / (3.86 \cdot 6.40) =$		56.79	kN/m ²	
qvk						
Carico qvk				80	kN/m	
Carico qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.27 \cdot 80 / 3.86 =$		29.08	kN/m ²	

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

Coefficiente di adattamento	α			1.00		
Carico qvk				150	kN/m	
Carico qvk (ripartito)		$1 \cdot 1.27 \cdot 150 / 3.86 =$		49.56	kN/m ²	

Avviamento e frenatura (Condizione *AVV*)

Q1ak (= $\alpha*33 / Ld1$)		$\alpha*33 / 3.86 =$		9.41	kN/m ²	
-----------------------------	--	----------------------	--	------	-------------------	--

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A

Azione termica (Condizione *TERM*)

Variazione termica uniforme	ΔT_U		15	°
Variazione termica a farfalla	ΔT_F		5	°
Variazione termica uniforme di calcolo	ΔT_{U*}	$15 / 2 =$	7.50	°
Variazione termica a farfalla di calcolo	ΔT_{F*}	$5 / 2 =$	2.50	°

Ritiro (Condizione *RITIRO*)

Ritiro applicato alla sol. Superiore	ΔT_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	φ		38.00	°
Coefficiente di spinta a riposo	K_0	$K_0 = [1 - \text{sen}(\varphi_i)] * \text{OCR}^m$	0.38	-
Angolo di attrito terreno-muro	δ		25.3	°
Inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale	β		0	°
Inclinazione piedritto rispetto alla verticale	α		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	$0.384 \cdot 18.00 =$	6.92	kN/m ²
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.384 \cdot (18.00 + 20 \cdot 1.10/2) =$	11.15	kN/m²
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.384 \cdot [18.00 + 20 \cdot (1.10 + 6.20 + 1.10/2)] =$	67.26	kN/m²
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.384 \cdot [18.00 + 20 \cdot (1.10 + 6.20 + 1.10)] =$	71.49	kN/m ²
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(6.92 + 11.15)/2 \cdot 1.10/2 =$	4.97	kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(67.26 + 71.49)/2 \cdot 1.10/2 =$	38.16	kN/m

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

Spinta dovuta al q1	p	$0.384 \cdot 1.1 \cdot 1000 / (3.86 \cdot 6.40) =$	17.13	kN/m²
---------------------	---	--	--------------	-------------------------

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

Spinta dovuta al q1	p	$0.384 \cdot 1 \cdot 150 / (3.86 \cdot 6.40) =$	2.34	kN/m²
---------------------	---	---	-------------	-------------------------

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		0.186	
Amplificazione spettrale	F_0		2.462	

Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	B	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	S_s		1.200	
Coeff. Amplificazione topografica	S_t		1	
Coefficiente S	S	$= S_s \cdot S_t$	1.200	
accelerazione orizzontale max	a_{max}/g	$= a_g/g \cdot S$	0.223	
Fattore di struttura	q		1.00	
Coeff. sismico orizzontale	k_h	$= a_{max}/g$	0.223	
Coeff. sismico verticale	k_v	$= \pm 0.5 \cdot k_h$	0.112	

Carico accidentale totale gravante sulla cop.		$1.1 \cdot 1000 / (3.86 \cdot 6.40) \cdot 6.40 + 1.1 \cdot 80 / 3.86 \cdot 13.50 =$	593.3	kN/m
---	--	---	-------	------

Forza orizz. sulla sol. di cop.	FHs	$0.223 \cdot (1.10 \cdot 25 + 17.85 + 0.2 \cdot 593.3 / 12.40) / 1.00$	12.26	kN/m²
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.223 \cdot (1.10 \cdot 25) / 1.00 =$	6.14	kN/m²

Sisma verticale (Condizione *SISMAV*)

Forza vert. sulla sol. di cop.	FVs	$0.112 \cdot (1.10 \cdot 25 + 17.85 + 0.2 \cdot 593.3 / 12.40) / 1.00$	6.13	kN/m²
--------------------------------	-----	--	-------------	-------------------------

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

Risultante della spinta sismica	ΔS_E	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (\text{Hint} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.223 \cdot 21$	386.1	kN/m
Pressione risultante	ΔP_E	$= \Delta S_E / H = 386.1 / 7.30$	52.89	kN/m²

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

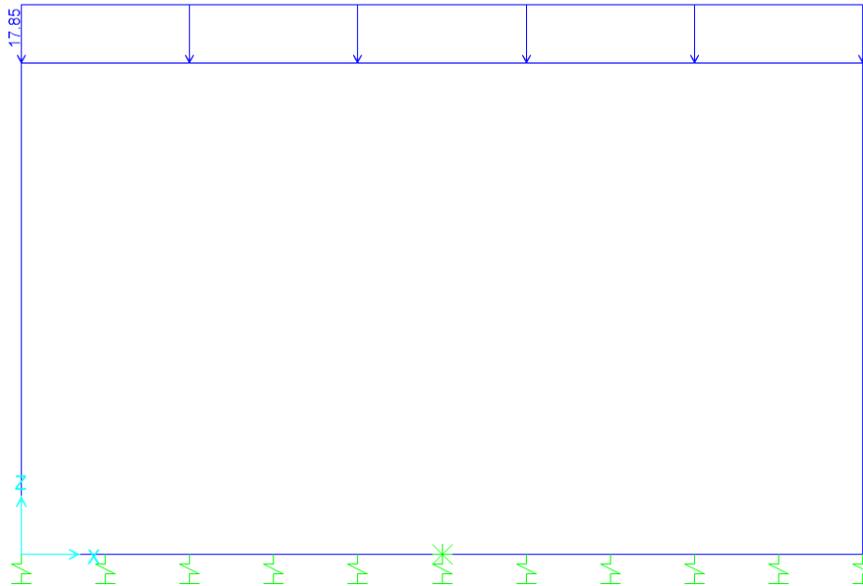


Figura 6: Condizione di carico PERM (kN/m/m)

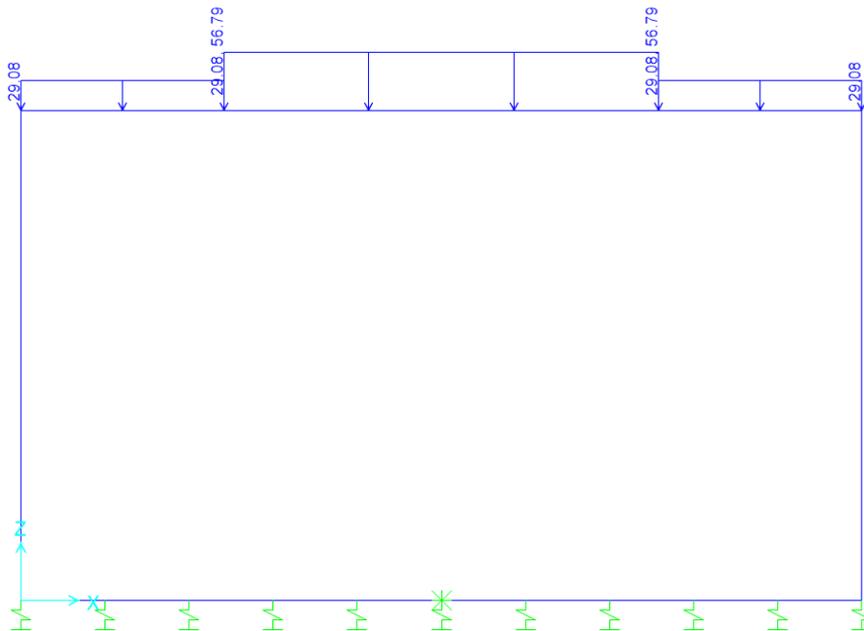


Figura 7: Condizione ACC-LM71- M(kN/m/m)

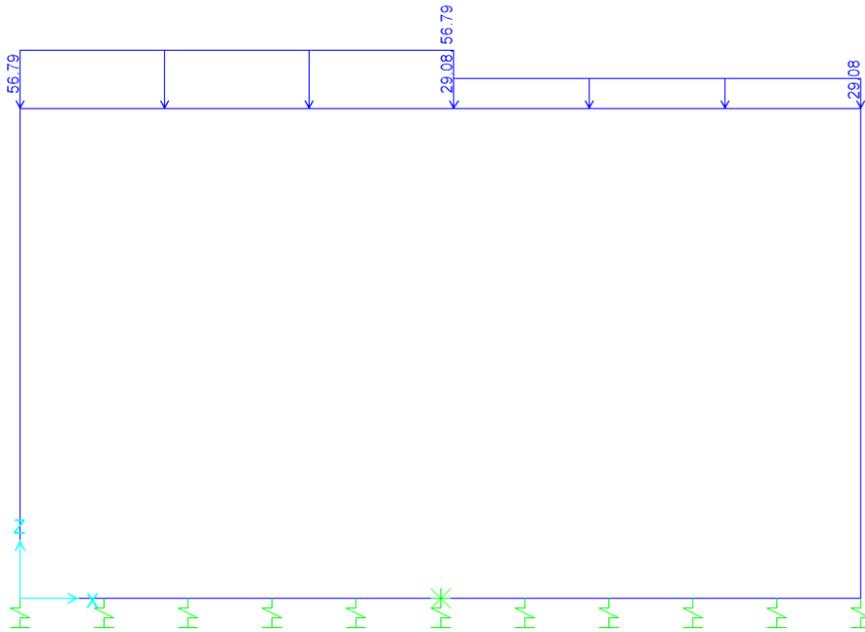


Figura 8: Condizione ACC-LM71- T(kN/m/m)

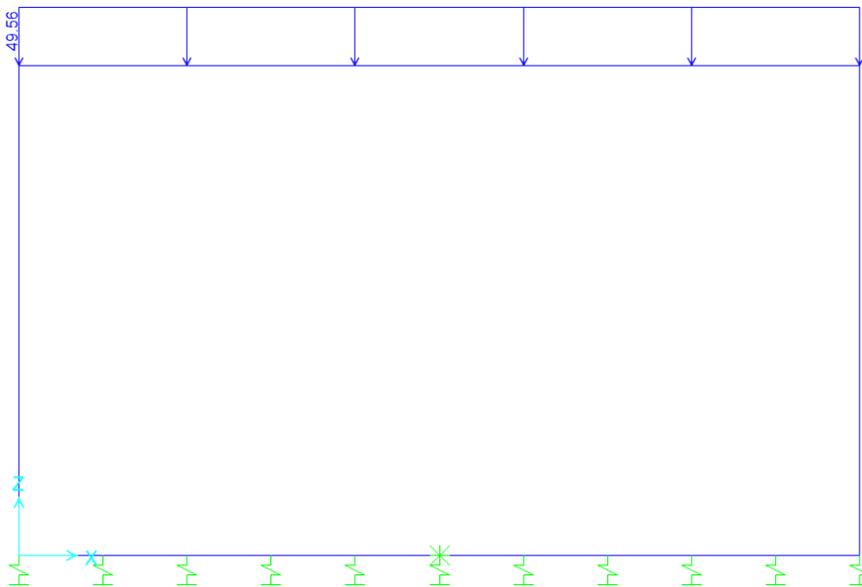


Figura 9: Condizione ACC-SW (kN/m/m)

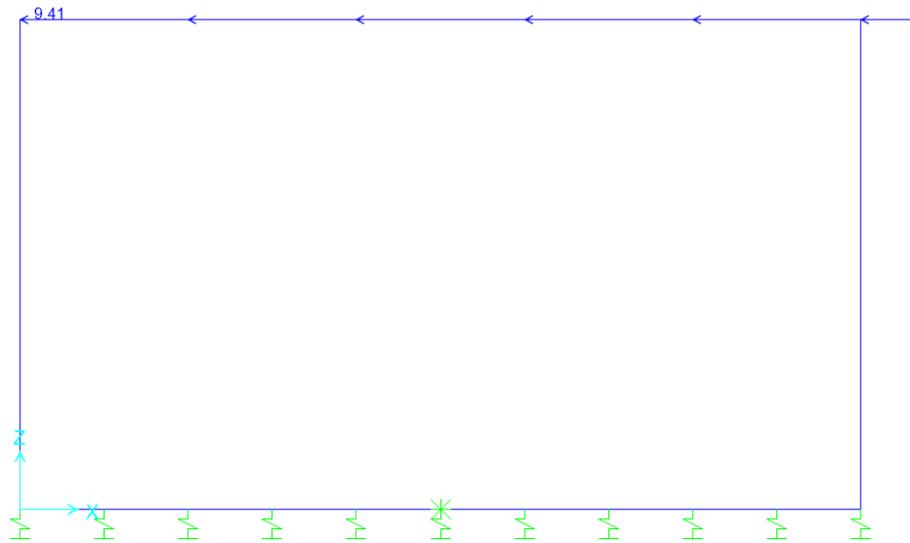


Figura 10: Condizione AVV (kN/m/m)

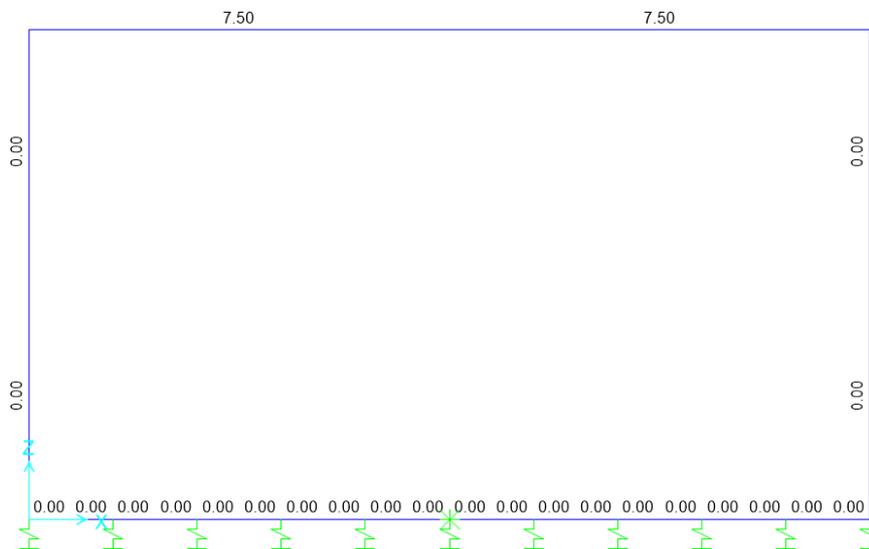


Figura 11: Condizione TERM (°C)

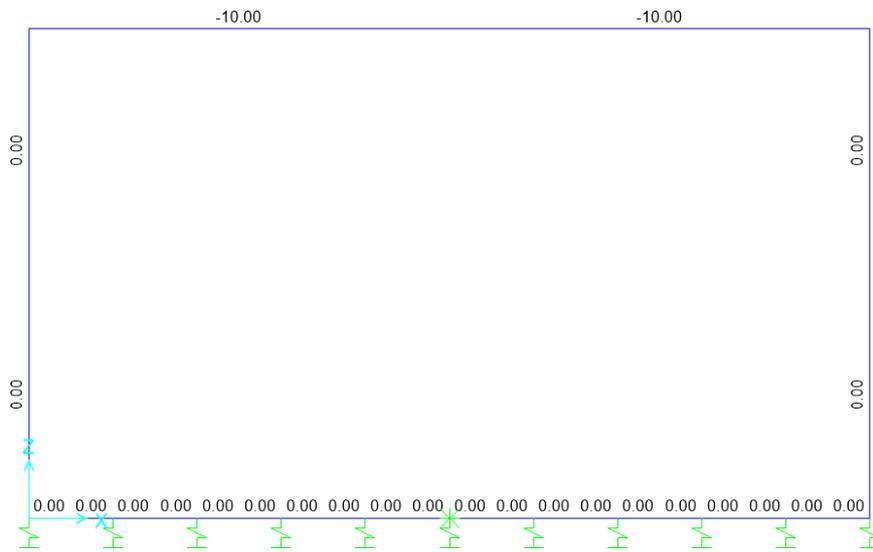


Figura 12: Condizione RITIRO ($^{\circ}\text{C}$)

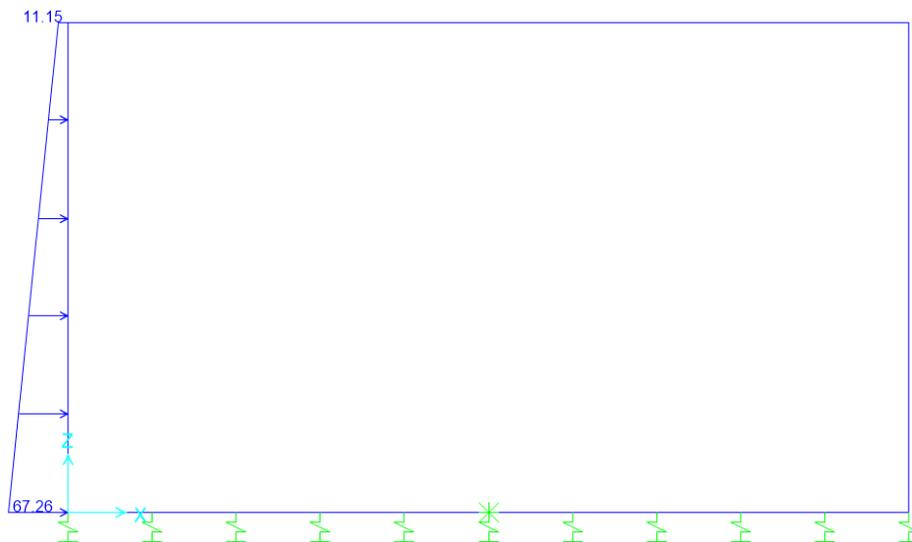


Figura 13: Condizione SPTSX (kN/m/m)

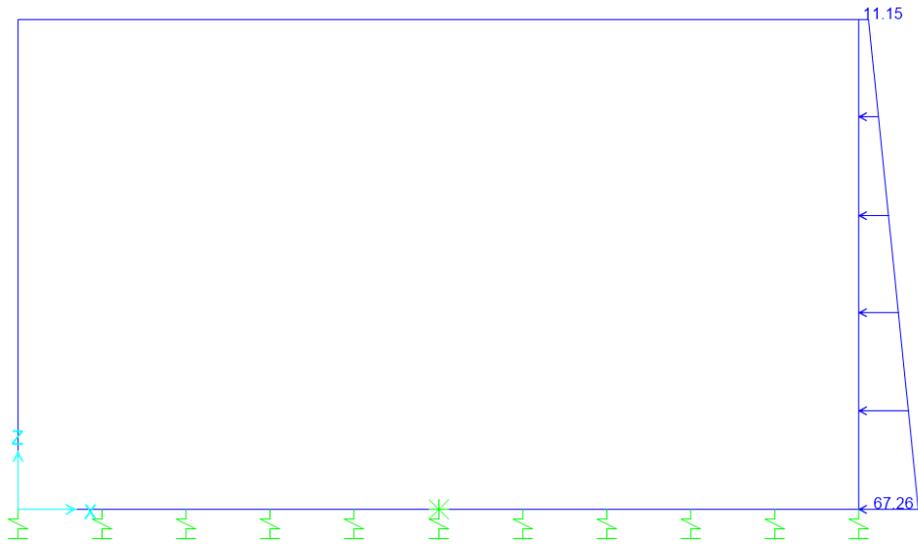


Figura 14: Condizione SPTDX (kN/m/m)

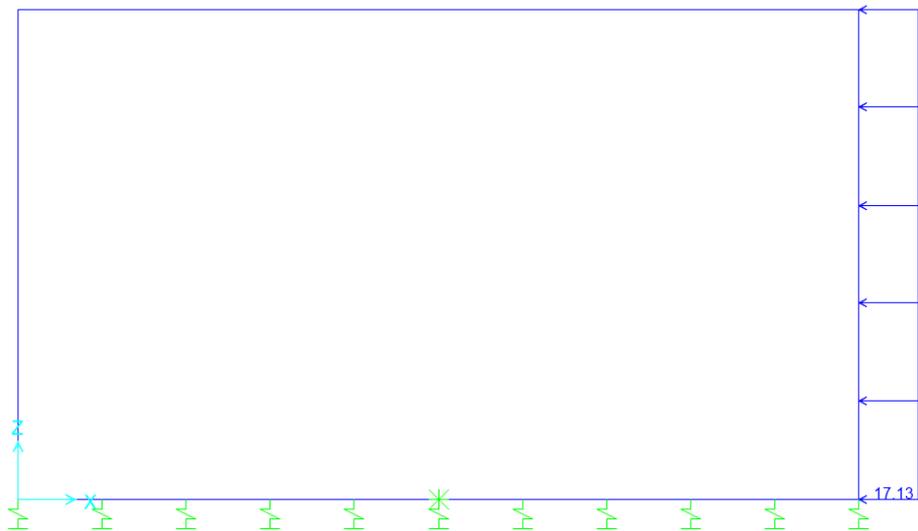


Figura 15: Condizione SPQDX71 (kN/m/m)

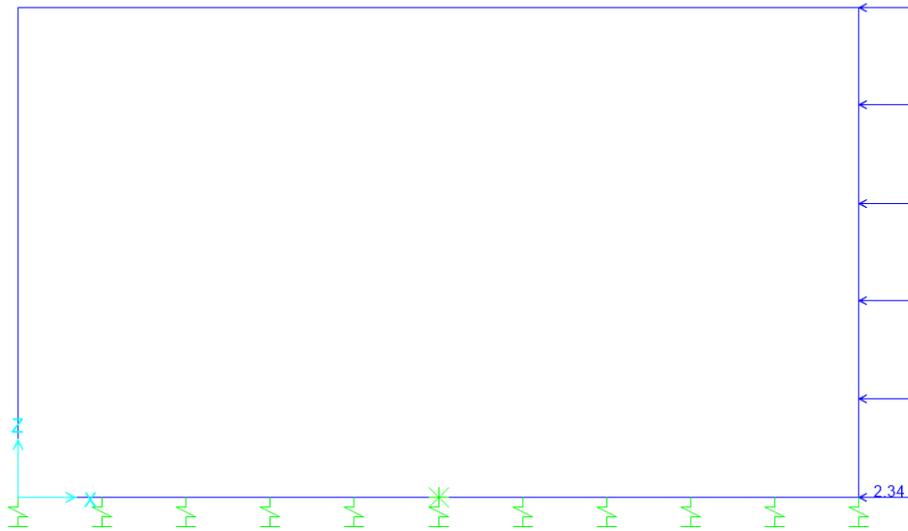


Figura 16: Condizione SPQDXSW (kN/m/m)

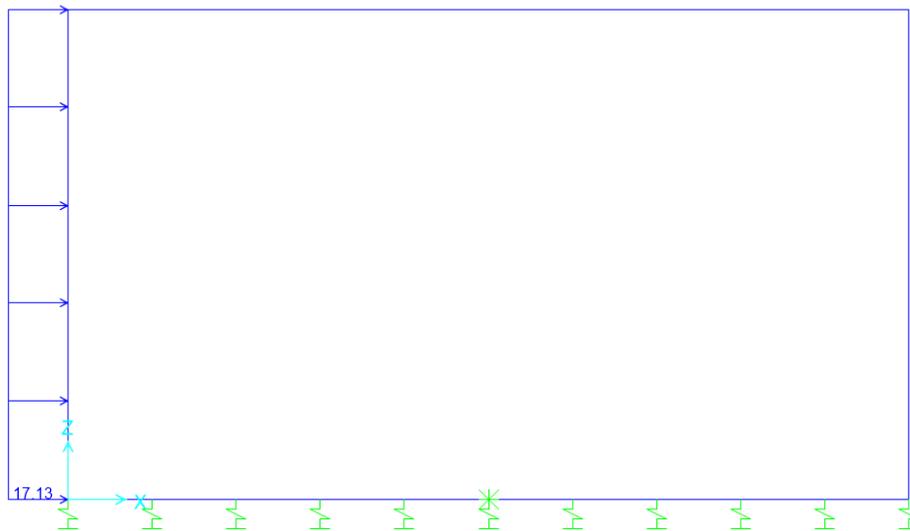


Figura 17: Condizione SPQSX71 (kN/m/m)

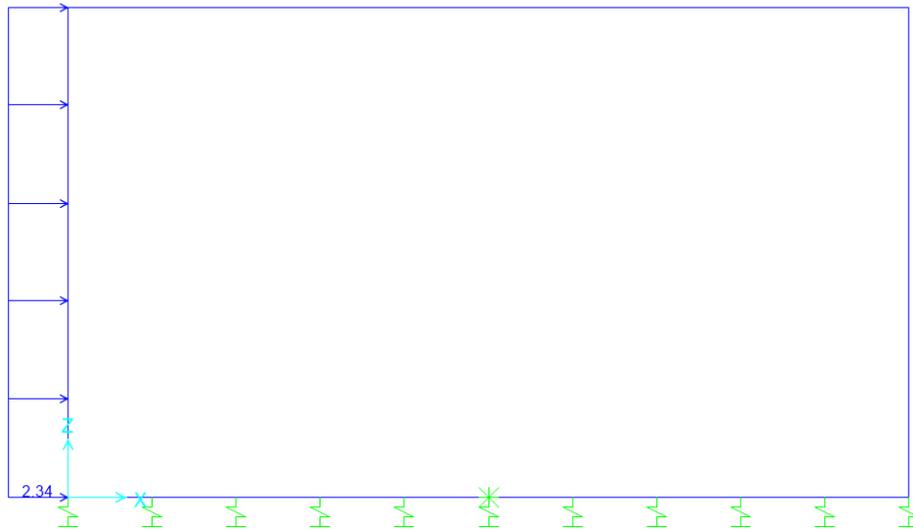


Figura 18: Condizione SPQSXSW (kN/m/m)

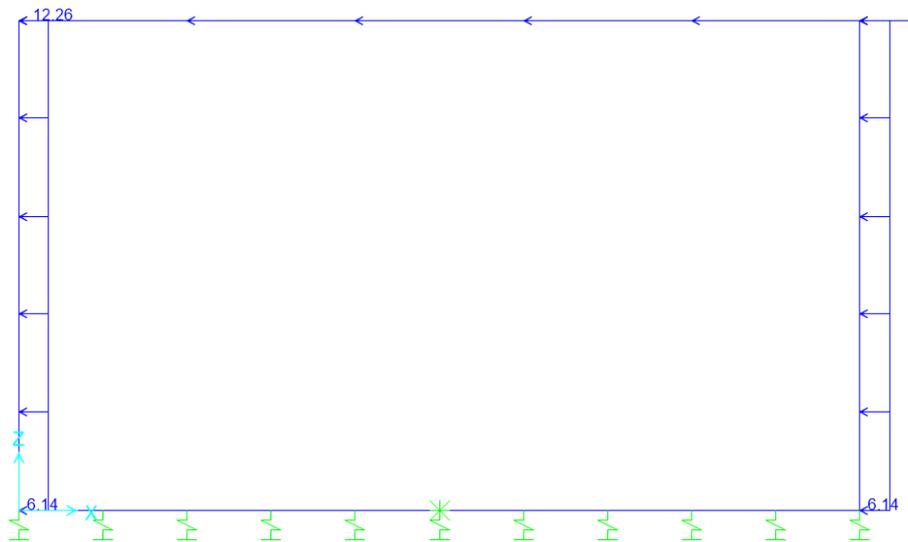


Figura 19: Condizione SISMAH (kN/m/m)

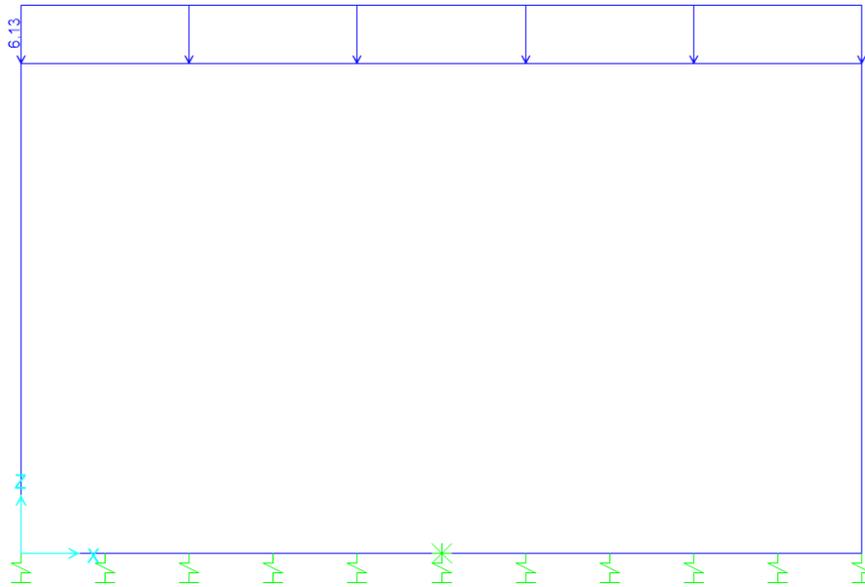


Figura 20: Condizione SISMAV (kN/m/m)

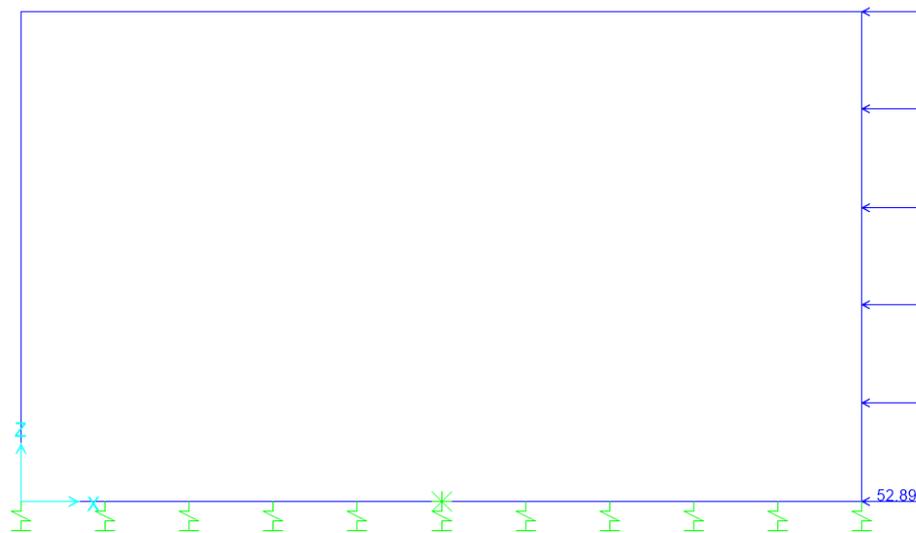


Figura 21: Condizione SPSDX (kN/m²)

10.3 Combinazioni

N	PERM	PERM-G2	ACC-M71	ACC-T71	AVV	SPTSX	SPTDX	SPOSX71	SPODX71	TERM	RITIRO	SISMAH	SISMAV	SPSDX	ACC-SW	SPOXSXW	SPODXSXW	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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

SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	SL1300001	A	39 di 64

68	68S3-24S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	0
69	69S3-25S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	1.45	1.16	1.16
70	70S3-26S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	1.16
71	71SSS1--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	0.5	1	1	0.3	1	0	0	0
72	72SSS2--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	0.5	1	1	-0.3	1	0	0	0
73	73SSS3--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	0.5	1	0.3	1	0.3	0	0	0
74	74SSS4--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	0.5	1	0.3	-1	0.3	0	0	0
75	75SSS5--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	-0.5	1	1	0.3	1	0	0	0
76	76SSS6--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	-0.5	1	1	-0.3	1	0	0	0
77	77SSS7--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	-0.5	1	0.3	1	0.3	0	0	0
78	78SSS8--	1	1	0.2	0	0	1	1	0	0.2	-0.5	1	0.3	-1	0.3	0	0	0
79	79SSS9S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0.5	1	1	0.3	1	0.2	0	0.2
80	80SSS10S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0.5	1	1	-0.3	1	0.2	0	0.2
81	81SSS11S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0.5	1	0.3	1	0.3	0.2	0	0.2
82	82SSS12S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0.5	1	0.3	-1	0.3	0.2	0	0.2
83	83SSS13S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	1	0.3	1	0.2	0	0.2
84	84SSS14S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	1	-0.3	1	0.2	0	0.2
85	85SSS15S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	0.3	1	0.3	0.2	0	0.2
86	86SSS16S	1	1	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	0.3	-1	0.3	0.2	0	0.2
87	87R4-11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0
88	88R4-11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0
89	89R4-12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	0.6	1	0	0	0	0	0	0
90	90R4-12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	0.6	1	0	0	0	0	0	0
91	91R4-13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	0.6	1	0	0	0	0	0	0
92	92R4-13T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	0.6	1	0	0	0	0	0	0
93	93R4-14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0.8	0	0
94	94R4-15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
95	95R4-16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0.8	0	0.8
96	96R4-21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
97	97R4-21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
98	98R4-22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
99	99R4-22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
100	100R4-23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
101	101R4-23T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
102	102R4-24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0.8	0	0
103	103R4-25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
104	104R4-26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0.8	0	0.8
105	105R1T11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
106	106R1T11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
107	107R1T12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
108	108R1T12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
109	109R1T13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
110	110R1T13T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0
111	111R1T14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0
112	112R1T15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
113	113R1T16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0.8
114	114R1T21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
115	115R1T21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
116	116R1T22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
117	117R1T22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
118	118R1T23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
119	119R1T23T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
120	120R1T24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0
121	121R1T25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
122	122R1T26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0.8

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	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	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	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	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	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	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	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	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	0	0	0
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	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	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	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	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	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	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	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	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	0	0	0
141	141R1T11M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0	1	1	0	0	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	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	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	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	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	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	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	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	0	0	0
150	150R1T21M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	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	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	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	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	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	0	0
156	156R1T24S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0
157	157R1T25S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
158	158R1T26S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0
159	159R3-11M	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	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	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	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	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	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	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	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	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	0	0	0
168	168R3-21M	1	1	1	0	1	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	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	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	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	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	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	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	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	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	0	0	0
177	177R1T11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	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	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	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	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	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	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	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	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	0	0	0
186	186R1T21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	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	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	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	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	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	0	0
192	192R1T24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0
193	193R1T25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
194	194R1T26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A

10.4 Sollecitazioni

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

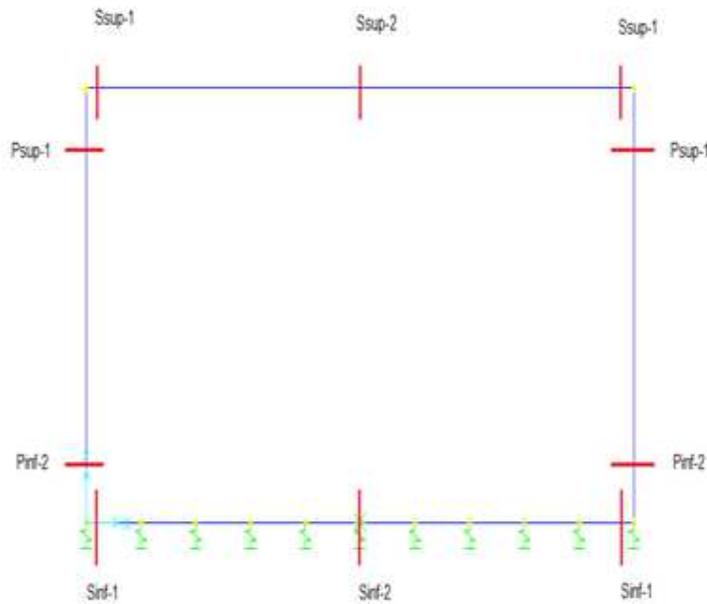


Figura 10.22 - Sezioni di verifica

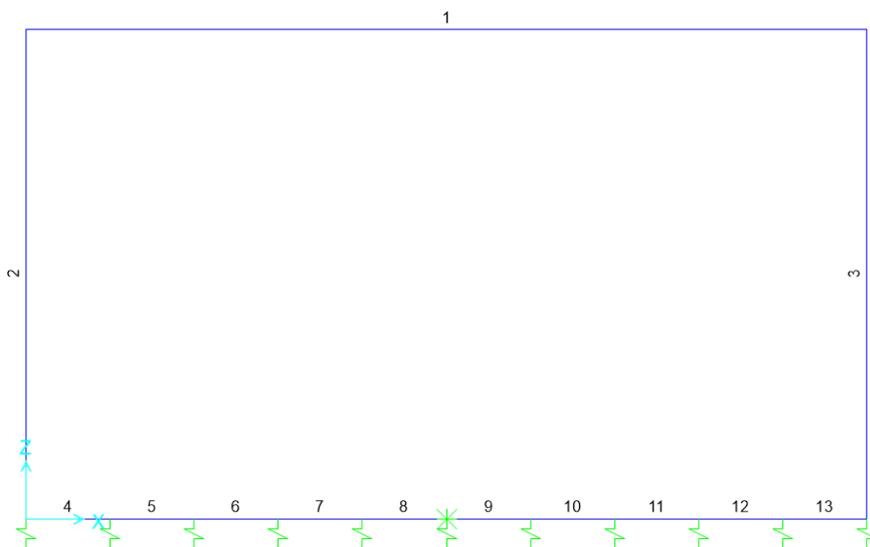


Figura 10.23 - Nomenclatura frame

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

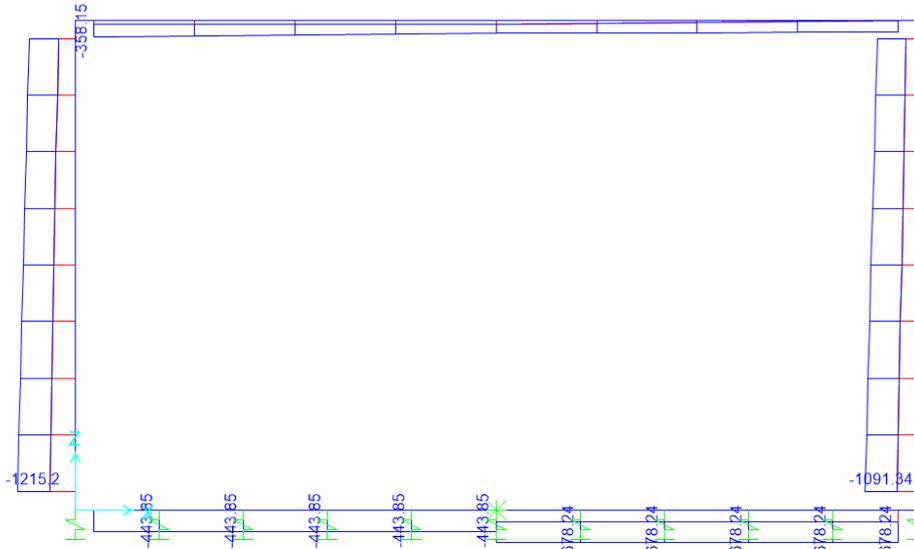


Figura 10.24 - Sforzo Normale – Involuppo SLU (KN)

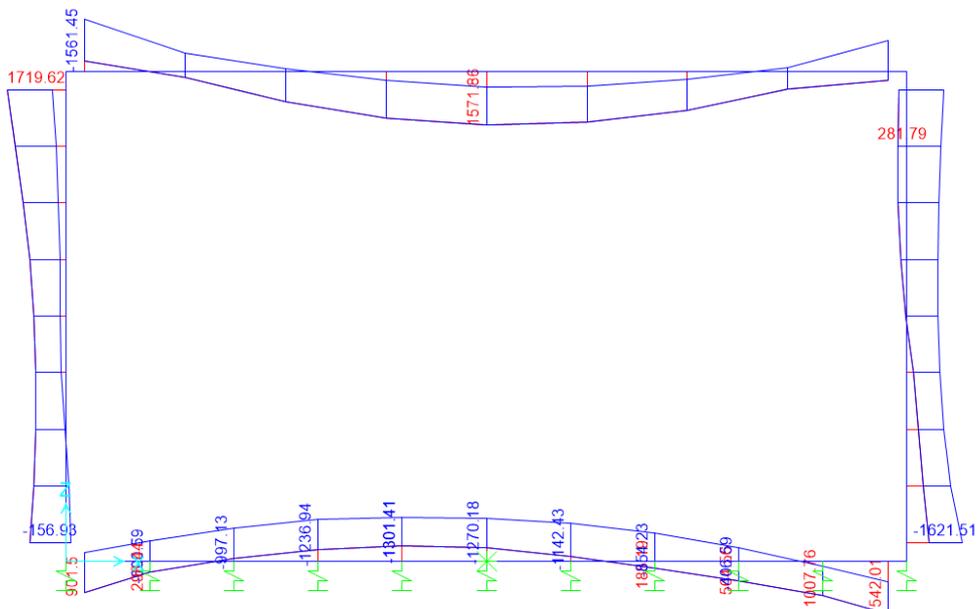


Figura 10.25 - Momento flettente – Involuppo SLU (KNm)

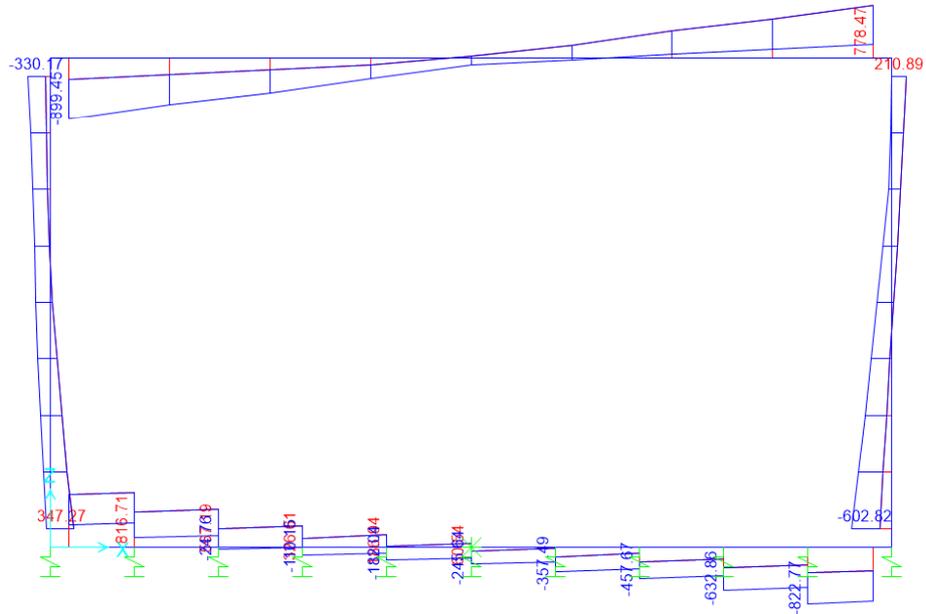


Figura 10.26 - Taglio – Involuppo SLU (kN)

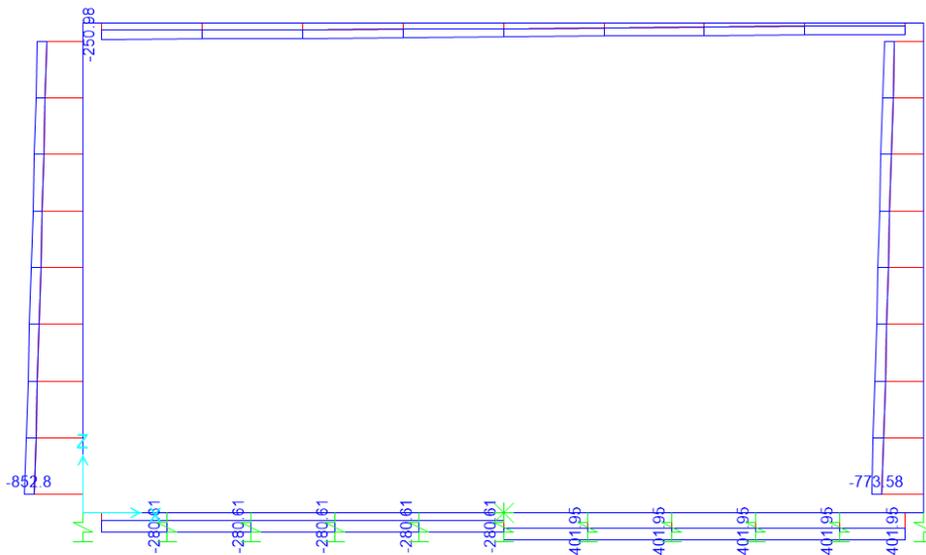


Figura 10.27 - Sforzo Normale – Involuppo SLE – Rara (kN)

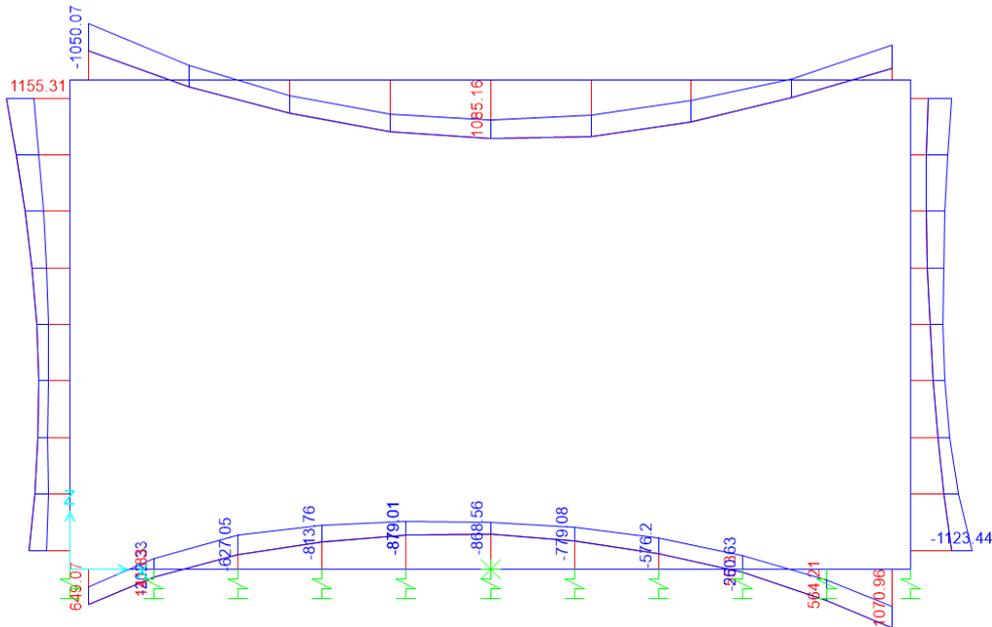


Figura 10.28 - Momento flettente – Involuppo SLE – Rara (kNm)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	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 Ø16	5 Ø26	-
Soletta superiore - Appoggio	10 Ø26	5 Ø16	5 Ø26	-
Piedritto - Spiccato	10 Ø26	-	10 Ø26	-
Piedritto - Sommità	10 Ø26	-	10 Ø26	-
Soletta inferiore - Campata	10 Ø26	-	5 Ø26	-
Soletta inferiore - Appoggio	10 Ø26	5 Ø16	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 ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R _{ck}	40 N/mm ²
f _{ck}	33.2 N/mm ²
γ _c	1.5
f _{cd}	22.1 N/mm ²
f _{cc}	18.8 N/mm ²

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 ²
5	16	10.05	cm ²
		0.00	cm ²
63.15 cm²			

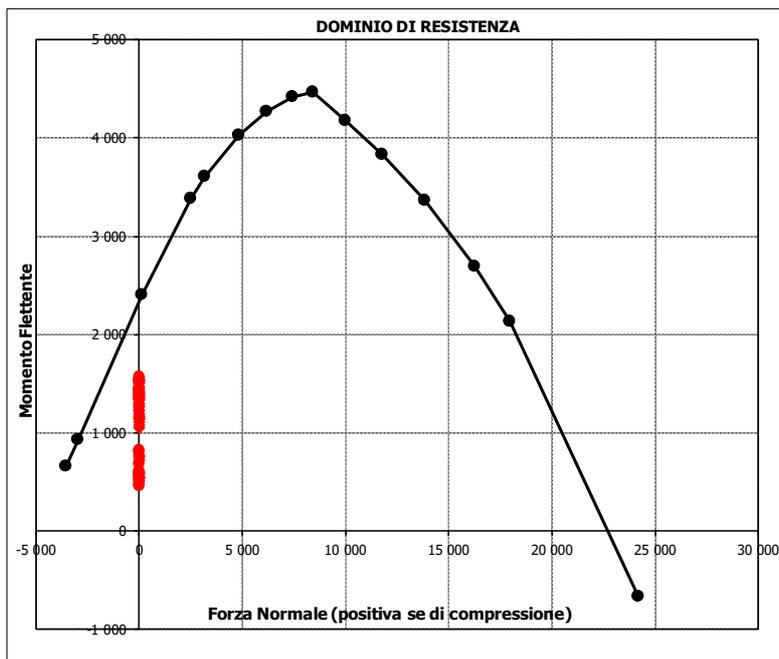
Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		0.00	cm ²
26.55 cm²			

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

(Mmax)	14S1-21M	0	1572
(Mmin)	82SSS12S	0	466

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	1404	44S1T23M	0	1443
02S1-11T	0	1293	45S1T23T	0	1354
03S1-12M	0	1340	46S1T24-	0	786
04S1-12T	0	1229	47S1T25-	0	813
05S1-13M	0	1372	48S1T26S	0	1451
06S1-13T	0	1261	49S1T27S	0	1424
07S1-14-	0	553	50S1T28S	0	1437
08S1-15-	0	585	51S1T29S	0	814
09S1-16S	0	1379	52S1T30S	0	828
10S1-17S	0	1352	53S3-11M	0	1404
11S1-18S	0	1365	54S3-11T	0	1293
12S1-19S	0	589	55S3-12M	0	1340
13S1-20S	0	603	56S3-12T	0	1229
14S1-21M	0	1572	57S3-13M	0	1372
15S1-21T	0	1461	58S3-13T	0	1261
16S1-22M	0	1508	59S3-14S	0	1379
17S1-22T	0	1397	60S3-15S	0	1352
18S1-23M	0	1540	61S3-16S	0	1365
19S1-23T	0	1429	62S3-21M	0	1572
20S1-24-	0	721	63S3-21T	0	1461
21S1-25-	0	753	64S3-22M	0	1516
22S1-26S	0	1547	65S3-22T	0	1406
23S1-27S	0	1519	66S3-23M	0	1544
24S1-28S	0	1533	67S3-23T	0	1433
25S1-29S	0	757	68S3-24S	0	1547
26S1-30S	0	771	69S3-25S	0	1521
27S1T11M	0	1191	70S3-26S	0	1534
28S1T11T	0	1102	71SSS1--	0	521
29S1T12M	0	1135	72SSS2--	0	482
30S1T12T	0	1047	73SSS3--	0	597
31S1T13M	0	1163	74SSS4--	0	467
32S1T13T	0	1074	75SSS5--	0	614
33S1T14-	0	506	76SSS6--	0	575
34S1T15-	0	534	77SSS7--	0	691
35S1T16S	0	1171	78SSS8--	0	561
36S1T17S	0	1144	79SSS9S	0	520
37S1T18S	0	1158	80SSS10S	0	481
38S1T19S	0	535	81SSS11S	0	596
39S1T20S	0	548	82SSS12S	0	466
40S1T21M	0	1470	83SSS13S	0	613
41S1T21T	0	1382	84SSS14S	0	574
42S1T22M	0	1415	85SSS15S	0	690
43S1T22T	0	1326	86SSS16S	0	560



• Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

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

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{cc}	18.8 N/mm ²

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 ²
5	16	10.05	cm ²
		0.00	cm ²
		63.15	cm²

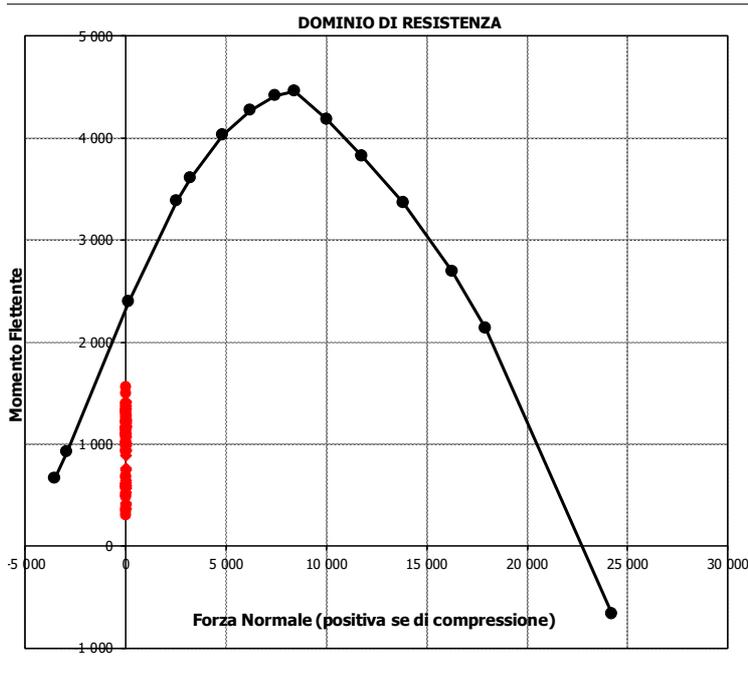
Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		26.55	cm²

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

(Mmax)	57S3-13M	0	1561
(Mmin)	51S1T29S	0	307

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	1168	44S1T23M	0	1139
02S1-11T	0	1107	45S1T23T	0	1091
03S1-12M	0	1232	46S1T24-	0	336
04S1-12T	0	1171	47S1T25-	0	485
05S1-13M	0	1408	48S1T26S	0	926
06S1-13T	0	1347	49S1T27S	0	953
07S1-14-	0	568	50S1T28S	0	1010
08S1-15-	0	744	51S1T29S	0	307
09S1-16S	0	1158	52S1T30S	0	364
10S1-17S	0	1185	53S3-11M	0	1322
11S1-18S	0	1246	54S3-11T	0	1261
12S1-19S	0	532	55S3-12M	0	1385
13S1-20S	0	593	56S3-12T	0	1325
14S1-21M	0	1000	57S3-13M	0	1561
15S1-21T	0	939	58S3-13T	0	1501
16S1-22M	0	1064	59S3-14S	0	1311
17S1-22T	0	1003	60S3-15S	0	1339
18S1-23M	0	1240	61S3-16S	0	1400
19S1-23T	0	1179	62S3-21M	0	1154
20S1-24-	0	400	63S3-21T	0	1093
21S1-25-	0	577	64S3-22M	0	1209
22S1-26S	0	990	65S3-22T	0	1149
23S1-27S	0	1018	66S3-23M	0	1358
24S1-28S	0	1078	67S3-23T	0	1298
25S1-29S	0	364	68S3-24S	0	1144
26S1-30S	0	425	69S3-25S	0	1170
27S1T11M	0	1214	70S3-26S	0	1227
28S1T11T	0	1166	71SSS1--	0	1125
29S1T12M	0	1270	72SSS2--	0	1100
30S1T12T	0	1221	73SSS3--	0	692
31S1T13M	0	1419	74SSS4--	0	607
32S1T13T	0	1370	75SSS5--	0	1032
33S1T14-	0	616	76SSS6--	0	1006
34S1T15-	0	765	77SSS7--	0	598
35S1T16S	0	1206	78SSS8--	0	513
36S1T17S	0	1233	79SSS9S	0	1103
37S1T18S	0	1289	80SSS10S	0	1077
38S1T19S	0	587	81SSS11S	0	669
39S1T20S	0	644	82SSS12S	0	584
40S1T21M	0	934	83SSS13S	0	1010
41S1T21T	0	886	84SSS14S	0	984
42S1T22M	0	990	85SSS15S	0	576
43S1T22T	0	941	86SSS16S	0	491



- 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 ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	899
N_{Ed}	kN	0

Soletta sup

Armatura a taglio

Diametro	mm	10
Numero barre		5
A_{sw}	cm ²	3.93
Passo s	cm	20
Angolo α	°	90

Armatura longitudinale

n_1		10
\varnothing_1	mm	26
n_2		5
\varnothing_2	mm	16
A_{sl}	cm ²	63.15

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	110
c	cm	8.7
d	cm	101.3
k	N/mm ²	1.44
v_{min}	N/mm ²	0.35
ρ		0.0062
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	482
V_{Rd}	kN	NECESSITA ARMATURA A TAGLIO

Resistenza con armatura a taglio

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
ω_{sw}		0.04
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone θ	°	21.8
V_{RSd}	kN	1751
V_{RCd}	kN	2957
V_{Rd}	kN	1751
V_{Rd}	kN	VERIFICATO

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	880	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

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

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	110	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	26.55	cm ²	5 Ø 26	$c_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{t2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$c_{t1} = 8.7$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.3	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	181.6	N/mm ²	< σ_{samm}

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

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})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.2		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	177.3	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	30.8	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	26.41	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2640.67	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0201	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000346008	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr edi armatura	ϕ_{eq}	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	389.84	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	229.32	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.08	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.13	mm	

• Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	1071	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

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

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	110	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	26.55	cm ²	5 Ø 26	$C_{s1} = \text{8.7 cm}$
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \text{10.0 cm}$
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	10.05	cm ²	5 Ø 16	$C_{t2} = \text{10.8 cm}$
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{t1} = \text{8.7 cm}$

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	6.1	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	188.7	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	33.1	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	12256	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	13947100.58	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id+}	5808963.361	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	615	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	878	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	154.7	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	33.1	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	25.65	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	63.15	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2564.87	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0246	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000301899	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barre di armatura	ϕ_{eq}	23.65	mm	
Distanza massima tra le fessure	ΔS_{max}	333.2848318	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	196.049901	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.10	mm	

10.5.3 Verifica piedritti

- Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

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

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{cc}	18.8 N/mm ²

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

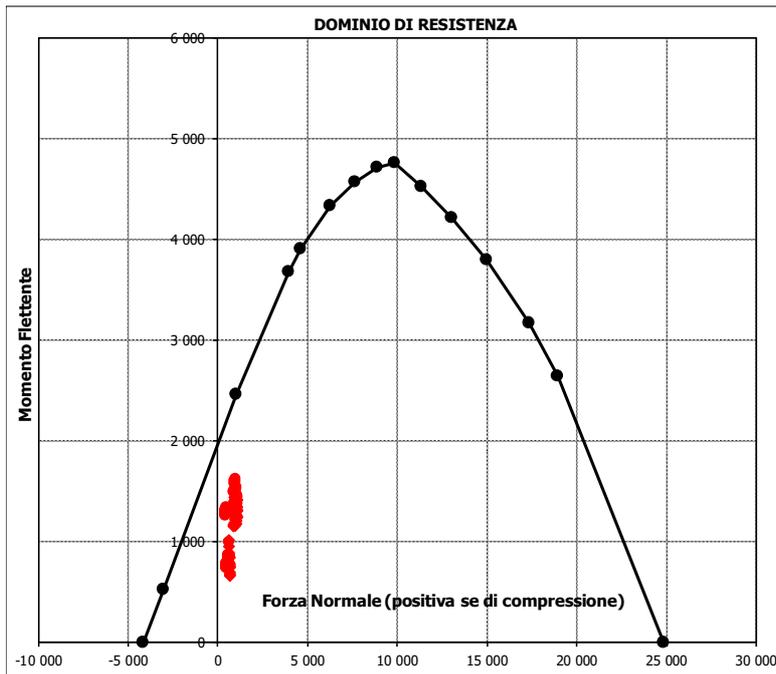
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		0.00	cm²
		53.09	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		0.00	cm²
		53.09	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	09S1-16S	1091	1238
(Nmin)	72SSS2--	419	1280
(Mmax)	66S3-23M	980	1622
(Mmin)	38S1T19S	672	659

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	1036	1177	44S1T23M	912	1515
02S1-11T	969	1158	45S1T23T	859	1499
03S1-12M	1036	1205	46S1T24-	672	781
04S1-12T	969	1186	47S1T25-	642	1000
05S1-13M	1001	1460	48S1T26S	987	1321
06S1-13T	934	1441	49S1T27S	987	1332
07S1-14-	672	697	50S1T28S	975	1424
08S1-15-	637	952	51S1T29S	672	768
09S1-16S	1091	1238	52S1T30S	660	860
10S1-17S	1091	1250	53S3-11M	1010	1314
11S1-18S	1079	1347	54S3-11T	943	1294
12S1-19S	672	681	55S3-12M	1010	1341
13S1-20S	659	778	56S3-12T	943	1322
14S1-21M	1036	1243	57S3-13M	975	1596
15S1-21T	969	1224	58S3-13T	908	1577
16S1-22M	1036	1271	59S3-14S	1065	1375
17S1-22T	969	1252	60S3-15S	1065	1386
18S1-23M	1001	1526	61S3-16S	1053	1483
19S1-23T	934	1506	62S3-21M	1010	1379
20S1-24-	672	763	63S3-21T	943	1360
21S1-25-	637	1018	64S3-22M	1010	1403
22S1-26S	1091	1304	65S3-22T	943	1384
23S1-27S	1091	1315	66S3-23M	980	1622
24S1-28S	1079	1412	67S3-23T	914	1602
25S1-29S	672	747	68S3-24S	1065	1440
26S1-30S	659	844	69S3-25S	1065	1451
27S1T11M	942	1163	70S3-26S	1054	1543
28S1T11T	889	1147	71SSS1--	442	1303
29S1T12M	942	1187	72SSS2--	419	1280
30S1T12T	889	1171	73SSS3--	541	830
31S1T13M	912	1405	74SSS4--	465	756
32S1T13T	859	1390	75SSS5--	442	1339
33S1T14-	672	672	76SSS6--	419	1317
34S1T15-	642	890	77SSS7--	541	866
35S1T16S	987	1212	78SSS8--	465	792
36S1T17S	987	1222	79SSS9S	452	1287
37S1T18S	975	1314	80SSS10S	430	1265
38S1T19S	672	659	81SSS11S	552	814
39S1T20S	660	750	82SSS12S	476	740
40S1T21M	942	1272	83SSS13S	452	1323
41S1T21T	889	1257	84SSS14S	430	1301
42S1T22M	942	1296	85SSS15S	552	851
43S1T22T	889	1281	86SSS16S	476	777



• Verifica a pressoflessione sommità (Pied-Sommità)

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

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R _{ck}	40 N/mm ²
f _{ck}	33.2 N/mm ²
γ _c	1.5
f _{cd}	22.1 N/mm ²
f _{cc}	18.8 N/mm ²

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

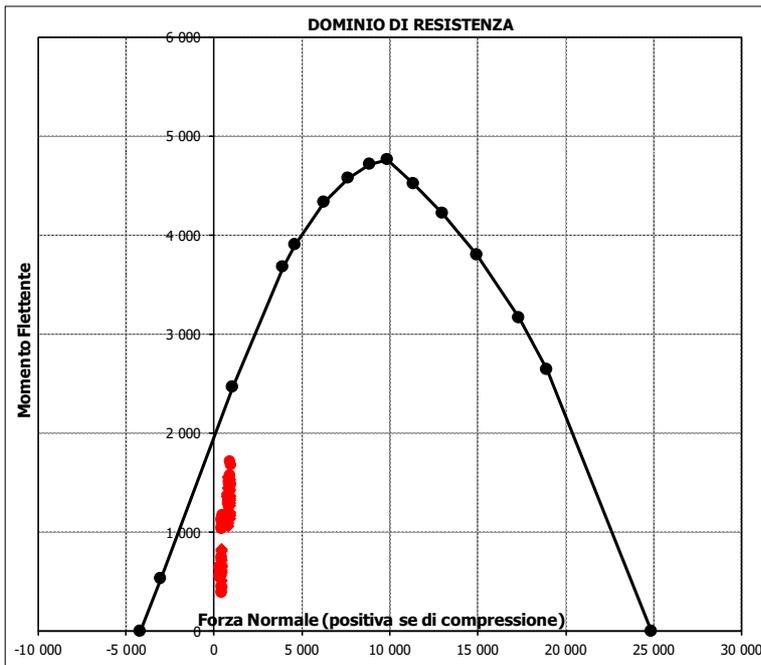
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		53.09	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		53.09	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	58S3-13T	965	-1679
(Nmin)	74SSS4-	349	-654
(Mmax)	57S3-13M	898	1720
(Mmin)	51S1T29S	421	388

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	837	1341	44S1T23M	805	1293
02S1-11T	904	1300	45S1T23T	858	1261
03S1-12M	837	1370	46S1T24-	421	400
04S1-12T	904	1329	47S1T25-	451	570
05S1-13M	872	1570	48S1T26S	819	1102
06S1-13T	939	1529	49S1T27S	819	1116
07S1-14-	421	615	50S1T28S	831	1182
08S1-15-	456	815	51S1T29S	421	388
09S1-16S	893	1347	52S1T30S	433	454
10S1-17S	893	1361	53S3-11M	863	1490
11S1-18S	905	1431	54S3-11T	930	1449
12S1-19S	421	600	55S3-12M	863	1520
13S1-20S	434	670	56S3-12T	930	1479
14S1-21M	837	1182	57S3-13M	898	1720
15S1-21T	904	1141	58S3-13T	965	1679
16S1-22M	837	1211	59S3-14S	919	1496
17S1-22T	904	1171	60S3-15S	919	1510
18S1-23M	872	1412	61S3-16S	931	1580
19S1-23T	939	1371	62S3-21M	863	1331
20S1-24-	421	457	63S3-21T	930	1290
21S1-25-	456	657	64S3-22M	863	1357
22S1-26S	893	1188	65S3-22T	930	1316
23S1-27S	893	1202	66S3-23M	893	1527
24S1-28S	905	1272	67S3-23T	959	1486
25S1-29S	421	441	68S3-24S	919	1337
26S1-30S	434	511	69S3-25S	919	1351
27S1T11M	775	1362	70S3-26S	930	1417
28S1T11T	828	1329	71SSS1--	472	1172
29S1T12M	775	1388	72SSS2--	449	1141
30S1T12T	828	1355	73SSS3--	425	758
31S1T13M	805	1558	74SSS4--	349	654
32S1T13T	858	1525	75SSS5--	472	1084
33S1T14-	421	665	76SSS6--	449	1052
34S1T15-	451	835	77SSS7--	425	670
35S1T16S	819	1367	78SSS8--	349	566
36S1T17S	819	1381	79SSS9S	476	1153
37S1T18S	831	1447	80SSS10S	453	1121
38S1T19S	421	652	81SSS11S	430	739
39S1T20S	433	718	82SSS12S	354	635
40S1T21M	775	1097	83SSS13S	476	1065
41S1T21T	828	1065	84SSS14S	453	1033
42S1T22M	775	1124	85SSS15S	430	651
43S1T22T	828	1091	86SSS16S	354	547



- 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 ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	603
N_{Ed}	kN	0

Piedritto

Armatura a taglio

Diametro	mm	10
Numero barre		2.5
A_{sw}	cm ²	1.96
Passo s	cm	20
Angolo α	°	90

Armatura longitudinale

n_1		10
\varnothing_1	mm	26
n_2		-
\varnothing_2	mm	-
Asl	cm ²	53.09

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	110
c	cm	8.7
d	cm	101.3
k	N/mm ²	1.44
v_{min}	N/mm ²	0.35
ρ		0.0052
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	455
V_{Rd}	kN	NECESSITA ARMATURA A TAGLIO

Resistenza con armatura a taglio

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
ω_{sw}		0.02
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone θ	°	21.8
V_{RSd}	kN	876
V_{RCd}	kN	2957
V_{Rd}	kN	876
V_{Rd}	kN	VERIFICATO

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	1123	kN m
Sforzo normale	N	872	kN

Materiali

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

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	110	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{t1} = 8.7$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	6.6	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	157.9	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	128.8	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	73.8	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	39.2	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	12487	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	14506109.25	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id+}	5816407.184	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	823	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	1097	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	125.8	cm	
	u (M_{fess})	70.8	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.5		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	152.7	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	39.4	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	23.52	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2351.92	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0226	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000297866	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barre di armatura	ϕ_{eq}	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	ΔS_{max}	365.7977816	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	215.1751657	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.11	mm	

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	1155	kN m
Sforzo normale	N	930	kN

Materiali

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

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	110	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{s1} = \blacktriangledown$ 8.7 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \blacktriangledown$ 10.0 cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = \blacktriangledown$ 10.0 cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{t1} = \blacktriangledown$ 8.7 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	6.8	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	159.8	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	124.3	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	69.3	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	39.6	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	12487	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	14506109.25	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id+}	5861210.792	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	836	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	1110	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	119.4	cm	
	u (M_{fess})	64.4	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.6		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	150.7	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	40.1	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	23.30	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2330.15	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0228	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.00029396	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barre di armatura	ϕ_{eq}	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	ΔS_{max}	363.9855257	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	214.1091328	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.11	mm	

10.5.4 Verifica soletta inferiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solinf-Camp)

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

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{ctc}	18.8 N/mm ²

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 ²
0	0	0.00	cm ²
			53.09 cm ²

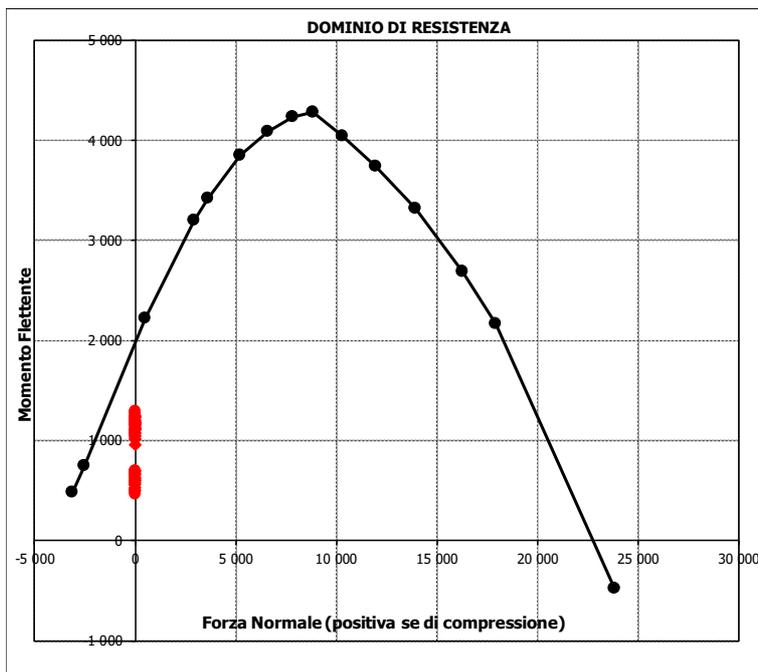
Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
0	0	0.00	cm ²
			26.55 cm ²

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

(Mmax)	61S3-16S	0	1301
(Mmin)	78SSS8--	0	468

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	1175	44S1T23M	0	1059
02S1-11T	0	1182	45S1T23T	0	1065
03S1-12M	0	1111	46S1T24-	0	482
04S1-12T	0	1118	47S1T25-	0	587
05S1-13M	0	1233	48S1T26S	0	1058
06S1-13T	0	1240	49S1T27S	0	1030
07S1-14-	0	568	50S1T28S	0	1076
08S1-15-	0	690	51S1T29S	0	510
09S1-16S	0	1235	52S1T30S	0	557
10S1-17S	0	1206	53S3-11M	0	1222
11S1-18S	0	1255	54S3-11T	0	1228
12S1-19S	0	603	55S3-12M	0	1158
13S1-20S	0	652	56S3-12T	0	1164
14S1-21M	0	1105	57S3-13M	0	1280
15S1-21T	0	1112	58S3-13T	0	1287
16S1-22M	0	1041	59S3-14S	0	1281
17S1-22T	0	1048	60S3-15S	0	1252
18S1-23M	0	1163	61S3-16S	0	1301
19S1-23T	0	1170	62S3-21M	0	1151
20S1-24-	0	497	63S3-21T	0	1158
21S1-25-	0	620	64S3-22M	0	1095
22S1-26S	0	1165	65S3-22T	0	1102
23S1-27S	0	1136	66S3-23M	0	1200
24S1-28S	0	1185	67S3-23T	0	1207
25S1-29S	0	533	68S3-24S	0	1211
26S1-30S	0	582	69S3-25S	0	1183
27S1T11M	0	1127	70S3-26S	0	1230
28S1T11T	0	1133	71SSS1--	0	701
29S1T12M	0	1071	72SSS2--	0	673
30S1T12T	0	1077	73SSS3--	0	602
31S1T13M	0	1176	74SSS4--	0	507
32S1T13T	0	1182	75SSS5--	0	662
33S1T14-	0	600	76SSS6--	0	633
34S1T15-	0	705	77SSS7--	0	563
35S1T16S	0	1175	78SSS8--	0	468
36S1T17S	0	1147	79SSS9S	0	704
37S1T18S	0	1194	80SSS10S	0	676
38S1T19S	0	628	81SSS11S	0	605
39S1T20S	0	674	82SSS12S	0	510
40S1T21M	0	1010	83SSS13S	0	665
41S1T21T	0	1015	84SSS14S	0	636
42S1T22M	0	954	85SSS15S	0	566
43S1T22T	0	959	86SSS16S	0	471



• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

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

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{cc}	18.8 N/mm ²

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

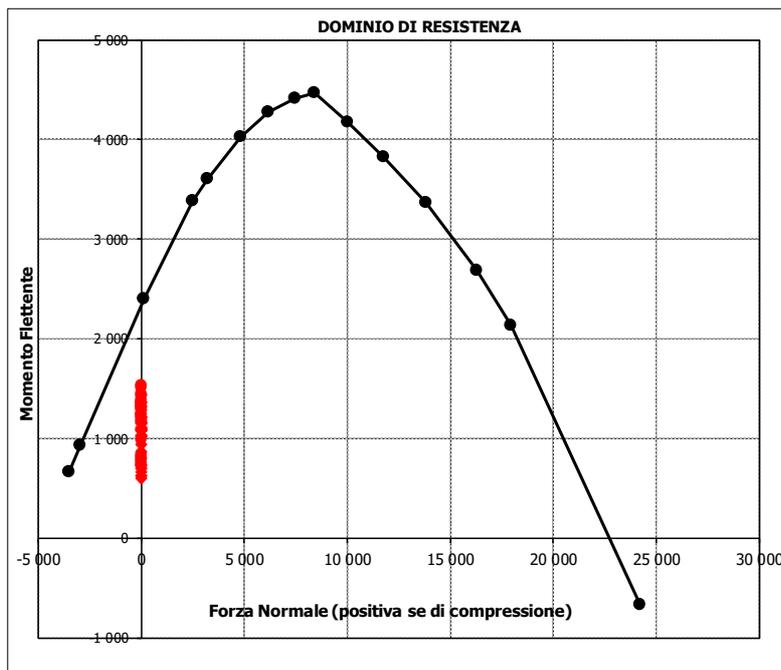
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
5	16	10.05	cm ²
		0.00	cm ²
		63.15	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		26.55	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Mmax)	66S3-23M	0	1542
(Mmin)	38S1T19S	0	601

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	1028	44S1T23M	0	1451
02S1-11T	0	1021	45S1T23T	0	1446
03S1-12M	0	1096	46S1T24-	0	755
04S1-12T	0	1088	47S1T25-	0	988
05S1-13M	0	1367	48S1T26S	0	1201
06S1-13T	0	1360	49S1T27S	0	1230
07S1-14-	0	665	50S1T28S	0	1328
08S1-15-	0	936	51S1T29S	0	726
09S1-16S	0	1080	52S1T30S	0	823
10S1-17S	0	1110	53S3-11M	0	1175
11S1-18S	0	1214	54S3-11T	0	1168
12S1-19S	0	627	55S3-12M	0	1243
13S1-20S	0	731	56S3-12T	0	1236
14S1-21M	0	1102	57S3-13M	0	1515
15S1-21T	0	1095	58S3-13T	0	1508
16S1-22M	0	1170	59S3-14S	0	1227
17S1-22T	0	1163	60S3-15S	0	1258
18S1-23M	0	1442	61S3-16S	0	1361
19S1-23T	0	1435	62S3-21M	0	1250
20S1-24-	0	739	63S3-21T	0	1243
21S1-25-	0	1011	64S3-22M	0	1309
22S1-26S	0	1154	65S3-22T	0	1302
23S1-27S	0	1185	66S3-23M	0	1542
24S1-28S	0	1288	67S3-23T	0	1535
25S1-29S	0	702	68S3-24S	0	1302
26S1-30S	0	805	69S3-25S	0	1332
27S1T11M	0	1035	70S3-26S	0	1429
28S1T11T	0	1029	71SSS1--	0	1360
29S1T12M	0	1094	72SSS2--	0	1343
30S1T12T	0	1088	73SSS3--	0	808
31S1T13M	0	1327	74SSS4--	0	751
32S1T13T	0	1321	75SSS5--	0	1402
33S1T14-	0	631	76SSS6--	0	1385
34S1T15-	0	864	77SSS7--	0	849
35S1T16S	0	1076	78SSS8--	0	792
36S1T17S	0	1106	79SSS9S	0	1339
37S1T18S	0	1204	80SSS10S	0	1322
38S1T19S	0	601	81SSS11S	0	787
39S1T20S	0	699	82SSS12S	0	729
40S1T21M	0	1159	83SSS13S	0	1381
41S1T21T	0	1153	84SSS14S	0	1363
42S1T22M	0	1218	85SSS15S	0	828
43S1T22T	0	1213	86SSS16S	0	771



- 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 ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	822
N_{Ed}	kN	0

Soletta inf

Armatura a taglio

Diametro	mm	10
Numero barre		2.5
A_{sw}	cm ²	1.96
Passo s	cm	20
Angolo α	°	90

Armatura longitudinale

n_1		10
\varnothing_1	mm	26
n_2		5
\varnothing_2	mm	16
Asl	cm ²	63.15

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	110
c	cm	8.7
d	cm	101.3
k	N/mm ²	1.44
v_{min}	N/mm ²	0.35
ρ		0.0062
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	482
V_{Rd}	kN	NECESSITA ARMATURA A TAGLIO

Resistenza con armatura a taglio

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
ω_{sw}		0.02
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone θ	°	21.8
V_{RSd}	kN	876
V_{RCd}	kN	2957
V_{Rd}	kN	876
V_{Rd}	kN	VERIFICATO

• Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	880	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

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

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	110	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	26.55	cm ²	5 Ø 26	$C_{s1} = \uparrow$ 8.7 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \uparrow$ 10.0 cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = \uparrow$ 10.0 cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{t1} = \uparrow$ 8.7 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.3	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	181.6	N/mm ²	< σ_{samm}

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

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})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.2		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	177.3	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	30.8	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	26.41	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2640.67	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0201	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000346008	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barre di armatura	ϕ_{eq}	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	ΔS_{max}	389.84	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	229.32	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.08	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.13	mm	

• Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	1071	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

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

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	110	cm	
Larghezza sezione	B	100	cm	
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	26.55	cm ²	5 Ø 26 $c_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0 $c_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	10.05	cm ²	5 Ø 16 $c_{t2} = 10.8$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26 $c_{t1} = 8.7$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	6.1	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	188.7	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	33.1	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	12256	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	13947100.58	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	5808963.361	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	615	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	878	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	154.7	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	33.1	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	25.65	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	63.15	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2564.87	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0246	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000301899	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	ϕ_{eq}	23.65	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	333.2848318	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	196.049901	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.10	mm	

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL1300001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 62 di 64</p>

11. INCIDENZA SCATOLARE

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

Soletta superiore	110 kg/mc
Soletta inferiore	110 kg/mc
Piedritti	120 kg/mc

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.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL13 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+941.11 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL1300001	REV. A	FOGLIO 63 di 64

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.