

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87

Relazione di calcolo scatolare

SCALA:

-

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

I V 0 I 0 0 D 2 6 C L S L 0 6 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 Gen. 2022

File: IV0I00D26CLSL0600001A.docx

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

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>SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL0600001</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					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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 SL06 al km 82+395, in località Albenga, in prossimità del piazzale di emergenza della Galleria Croce lato Ventimiglia.

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

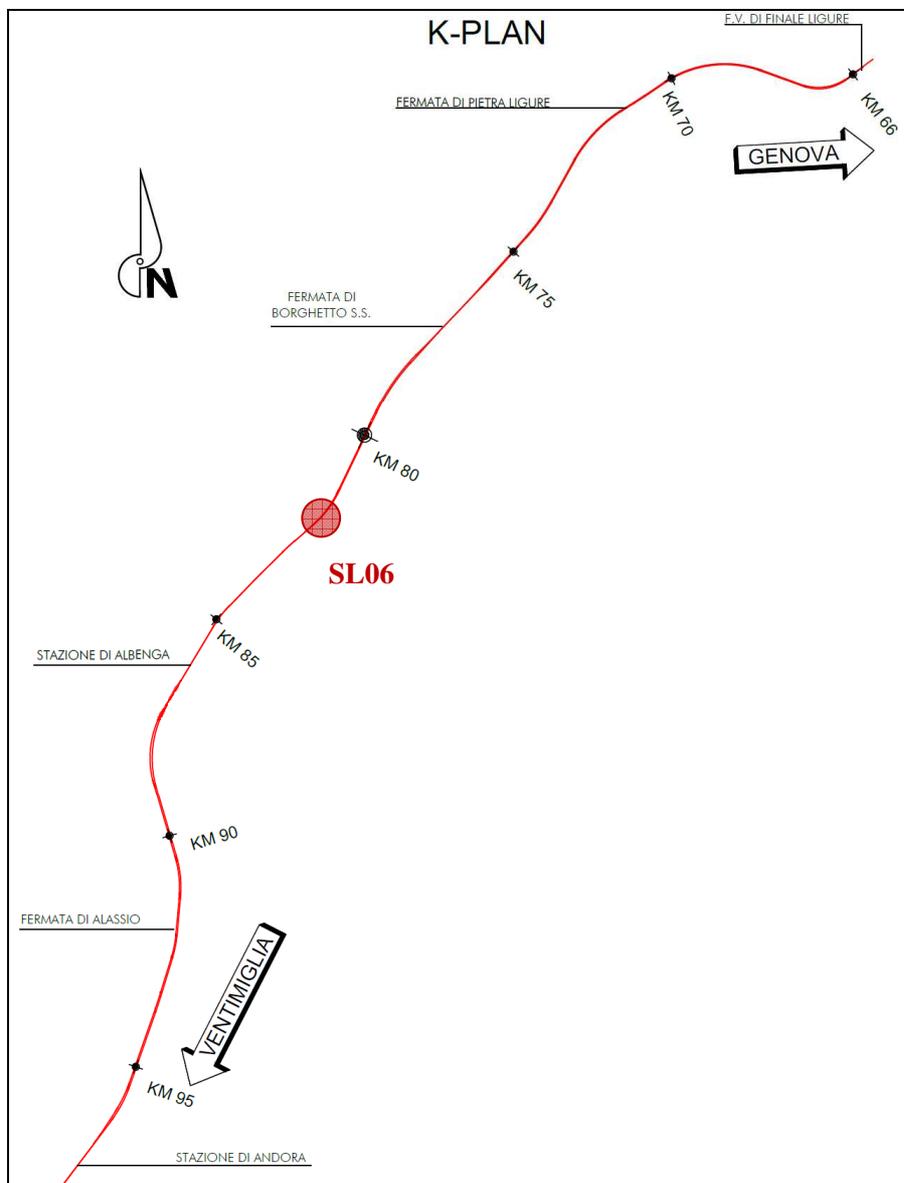


Figura 1: Raddoppio tratta Finale L. - Andora. Inquadramento dell'opera

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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		1.00	m
Altezza netta	Hint		6.20	m
Larghezza netta	Lint		9.30	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L		44.90	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					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- UNI EN 1992-1-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1. Regole generali e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1993-1-1 “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1. Regole generali e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1997-1 “Progettazione geotecnica – Parte 1. Regole generali”.
- UNI EN 1998-1: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1. Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1998-5: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 206-1:2014: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- “Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 E -- Manuale di progettazione delle Opere Civili RFI - Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 E – Capitolato generale tecnico delle Opere Civili RFI – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e acciaio

Riferimenti STI:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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. \emptyset 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					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

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

Classe di esposizione: XC4

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

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

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

Unità	z (da pc)	γ (kN/mc)	$c'k$ (kPa)	$\phi'k$ (°)	E' (Mpa)
2	0-9	19	0	31	85
CMV-i	>9	20	6	28	120

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:

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

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

Data la conformazione del terreno rispetto alla geometria del sottopasso, a favore di sicurezza, si considera spingente il terreno unità 2.

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					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

6. ANALISI DEI CARICHI

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

6.1 Pesì propri

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

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

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

Calcestruzzo armato:	$\gamma_{c.a.}$	= 25.00 kN/m 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					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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

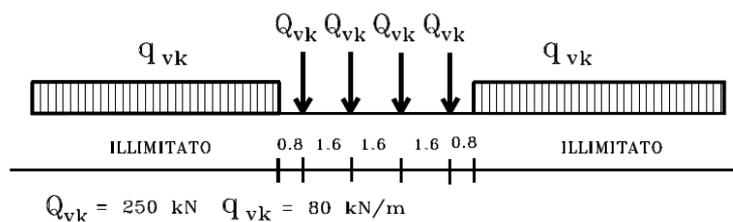
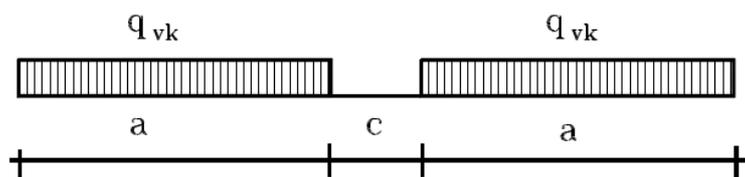


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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:

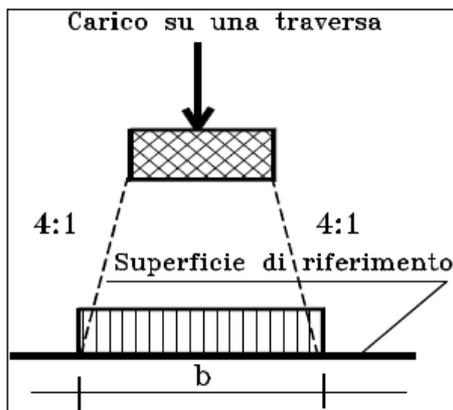
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

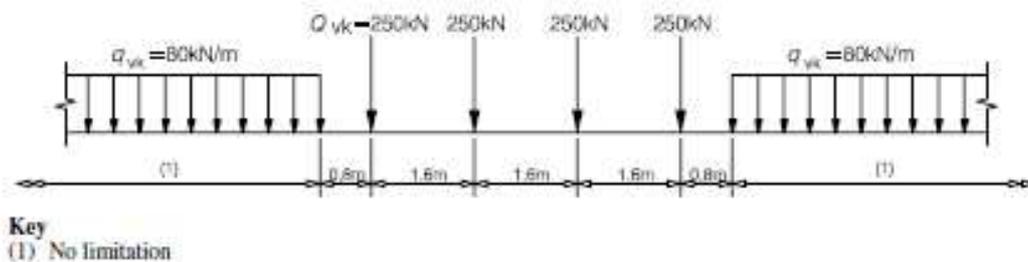
L_Φ rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

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.

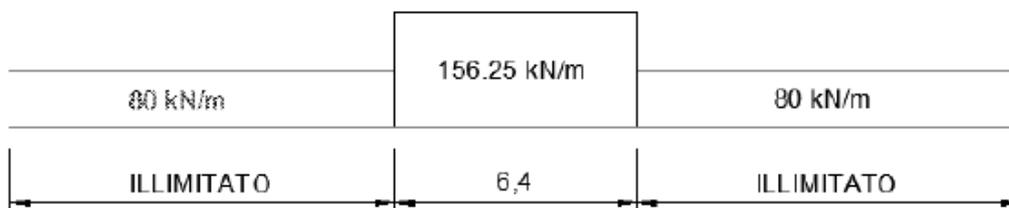


Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

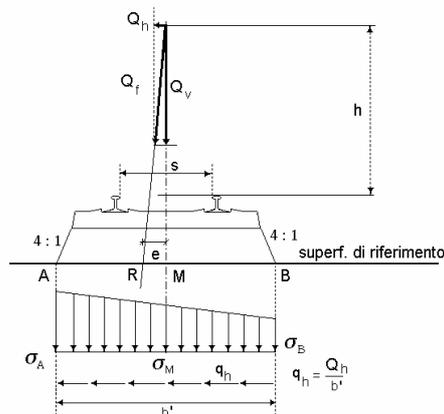
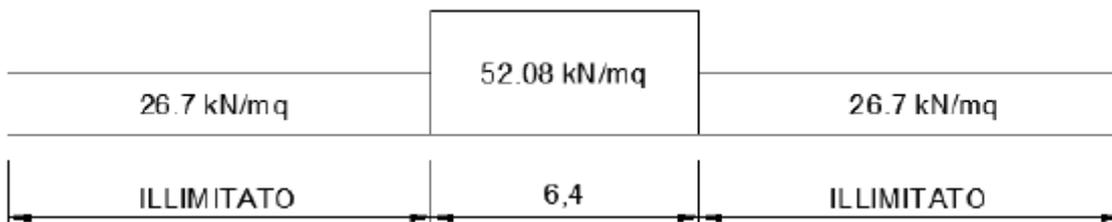
	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

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.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

6.4 Azione di avviamento / frenatura

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

I valori caratteristici considerati sono i seguenti:

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

6.5 Azione di serpeggio

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

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

6.6 Azione del sisma

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

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

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

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 8.19699 LATITUDINE: 44.08078

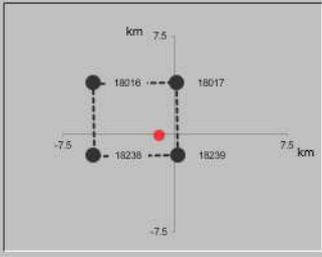
Ricerca per comune

REGIONE: Liguria PROVINCIA: Genova COMUNE: _____

Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul

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

superficie riga

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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R 112.5 info

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

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO - $P_{VR} = 81\%$ 68
- SLD - $P_{VR} = 63\%$ 113

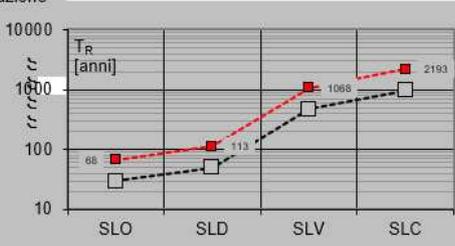
Stati limite ultimi - SLU

- SLV - $P_{VR} = 10\%$ 1068
- SLC - $P_{VR} = 5\%$ 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					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_q	0.175 g
F_{0^*}	2.461
T_C	0.300 s
S_S	1.200
C_C	1.399
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.140 s
T_C	0.420 s
T_D	2.299 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					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

6.9 Spinta statica del terreno

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

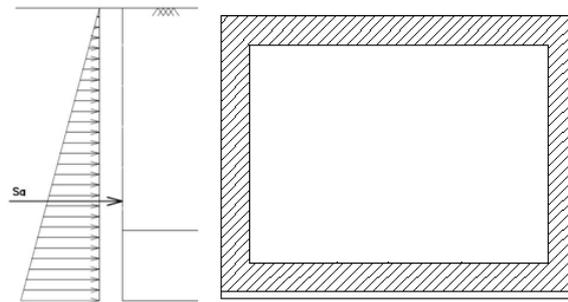


Figura 6.3 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo $k_0=1-\sin\varphi'$, dove 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					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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.

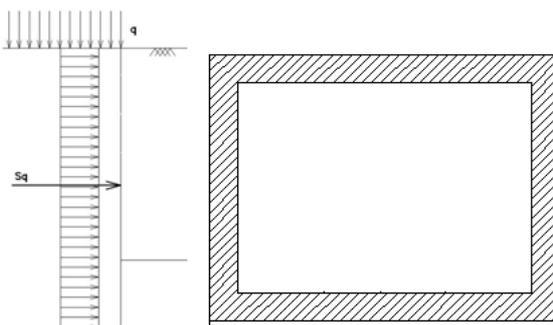


Figura 6.4– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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 $H/2$.

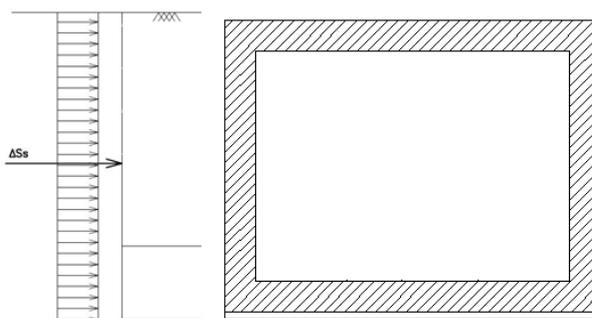


Figura 6.5– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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>	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A	FOGLIO 22 di 64

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;

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

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A	FOGLIO 24 di 64

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					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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

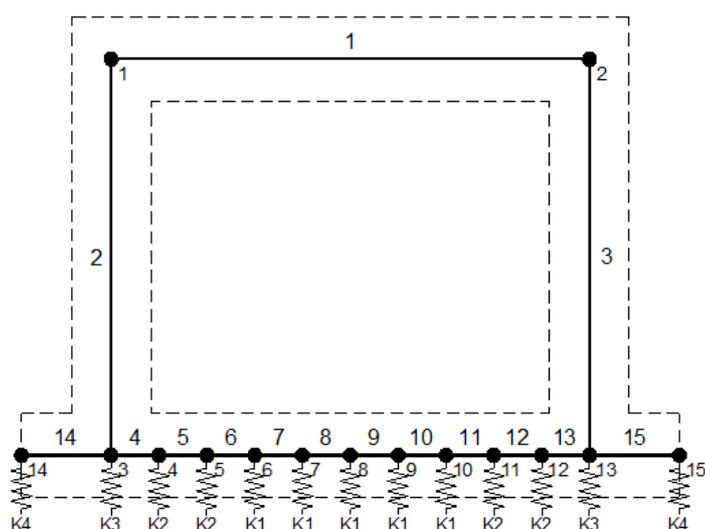
x = asse trasversale dello scatolare

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					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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
v	coefficiente di Poisson
B	larghezza della fondazione
L	lato maggiore della fondazione
Ct	fattore di forma (Bowles, 1960)
Kw	coefficiente di sottofondo alla Winkler

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

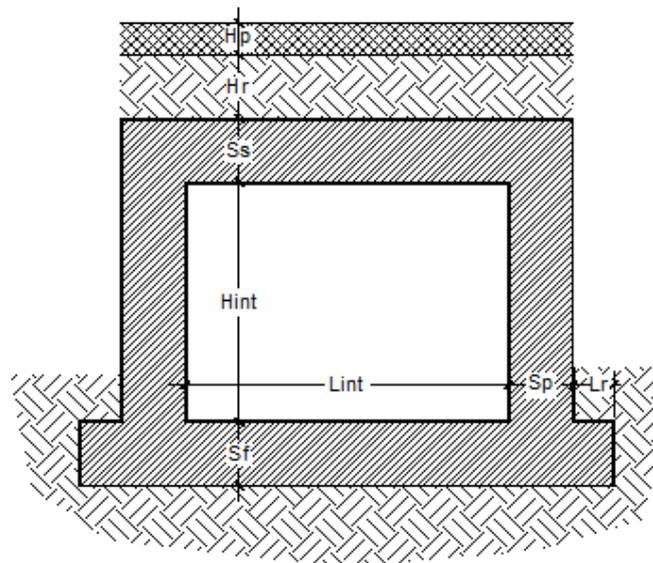
Rigidezze molle verticali				
Modulo elastico del terreno	E _t		85.00	N/mm ²
Coefficiente di Poisson	v		0.30	-
Larghezza della fondazione	B	B = L _r +S ₃ +L _{int} +S ₂ +L _r	11.30	m
Lato maggiore della fondazione	L		44.90	m
Fattore di forma	c _t		1.59	-
Terreno di fondazione - Costante di sottofondo	K _w	K _w = E _t /(1-ν ²)*B*c _t	5200	kN/m ³
Interasse molle	i	i = (S ₂ /2+L _{int} +S ₂ /2)/10	1.03	m
Molle centrali	K1	K ₁ = K _w *i	5 356	kN/m
Molle intermedie	K2	K ₂ = 1.50*K _w *i	8 034	kN/m
Molle laterali	K3	K ₃ = 2.00*K _w *(i/2+S ₂ /2)	10 555	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		1.00	m
Altezza netta	H _{int}		6.20	m
Larghezza netta	L _{int}		9.30	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L _r		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L		44.90	m



Tab. 4: Geometria del modello

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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		$(Pr+Ps)*r$	17.99	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}	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (6.75 + 10.30 + 6.75)$	10.31	m
Coefficiente dinamico	Φ_3	$= 0.9 \cdot (2.16 / (\text{radq}(10.31) - 0.2) + 0.73)$	1.30	
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)		$1.1 \cdot 1.30 \cdot 1000 / (3.86 \cdot 6.40) =$	58.05	kN/m²
qvk				
Carico qvk			80	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.30 \cdot 80 / 3.86 =$	29.72	kN/m²
Carichi accidentali sulla copertura SW/2 (Condizioni ACC-MSW e ACC-TSW)				
Coefficiente di adattamento				
Carico qvk	α		1.00	
Carico qvk (ripartito)		$1 \cdot 1.30 \cdot 150 / 3.86 =$	50.67	kN/m²
Avviamento e frenatura (Condizione AVV)				
Q1ak (= $\alpha \cdot 33 / Ld1$)		$\alpha \cdot 33 / 3.86 =$	9.41	kN/m²

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

Azione termica (Condizione TERM)					
Variazione termica uniforme	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/m ²
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.384 \cdot [18.00 + 20 \cdot (1.10 + 6.20 + 1.10/2)] =$		67.26	kN/m ²
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/m ²
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/m ²
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			0.175	
Amplificazione spettrale	F_0			2.461	
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E		B	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	S_s			1.200	
Coeff. Amplificazione topografica	S_t			1	
Coefficiente S	S	$= S_s \cdot S_t$		1.200	
accelerazione orizzontale max	a_{max}/g	$= a_g/g \cdot S$		0.210	
Fattore di struttura	q			1.00	
Coeff. sismico orizzontale	k_h	$= a_{max}/g$		0.210	
Coeff. sismico verticale	k_v	$= \pm 0.5 \cdot k_h$		0.105	
Carico accidentale totale gravante sulla cop.		$1.1 \cdot 1000 / (3.86 \cdot 6.40) \cdot 6.40 + 1.1 \cdot 80 / 3.86 \cdot 11.30 =$		543.1	kN/m
Forza orizz. sulla sol. di cop.	FHs	$0.210 \cdot (1.10 \cdot 25 + 17.99 + 0.2 \cdot 543.1 / 10.30) / 1.00 =$		11.77	kN/m ²
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.210 \cdot (1.00 \cdot 25) / 1.00 =$		5.25	kN/m ²
Sisma verticale (Condizione SISMAV)					
Forza vert. sulla sol. di cop.	FVs	$0.105 \cdot (1.10 \cdot 25 + 17.99 + 0.2 \cdot 543.1 / 10.30) / 1.00 =$		5.88	kN/m ²
Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSPDX)					
Risultante della spinta sismica	ΔS_E	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.210 \cdot 20 \cdot 9.30^2$		363.3	kN/m
Pressione risultante	Δp_E	$= \Delta S_E / H = 363.3 / 7.30$		49.76	kN/m ²

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

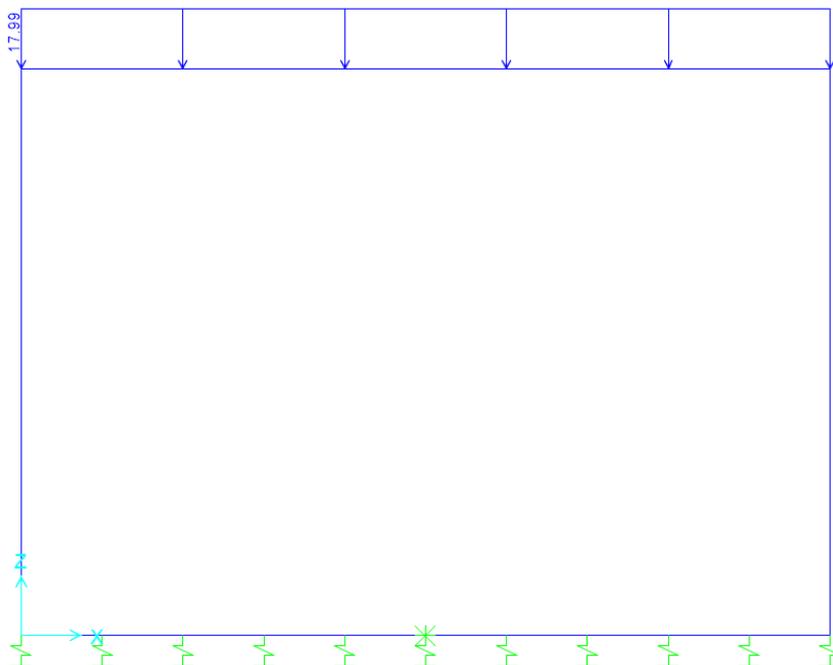


Figura 6: Condizione di carico PERM (kN/m/m)

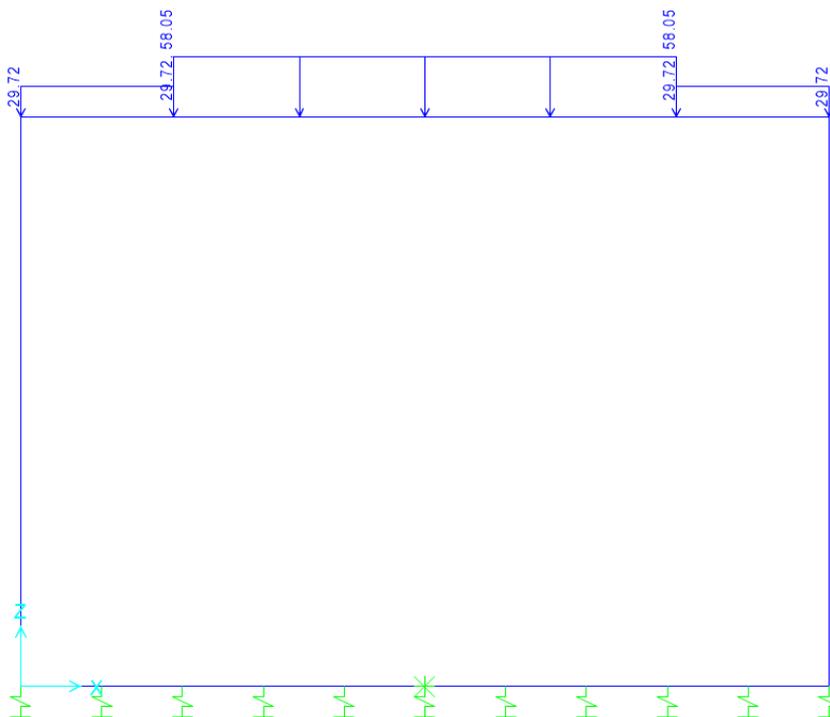


Figura 7: Condizione ACC-LM71- M(kN/m/m)

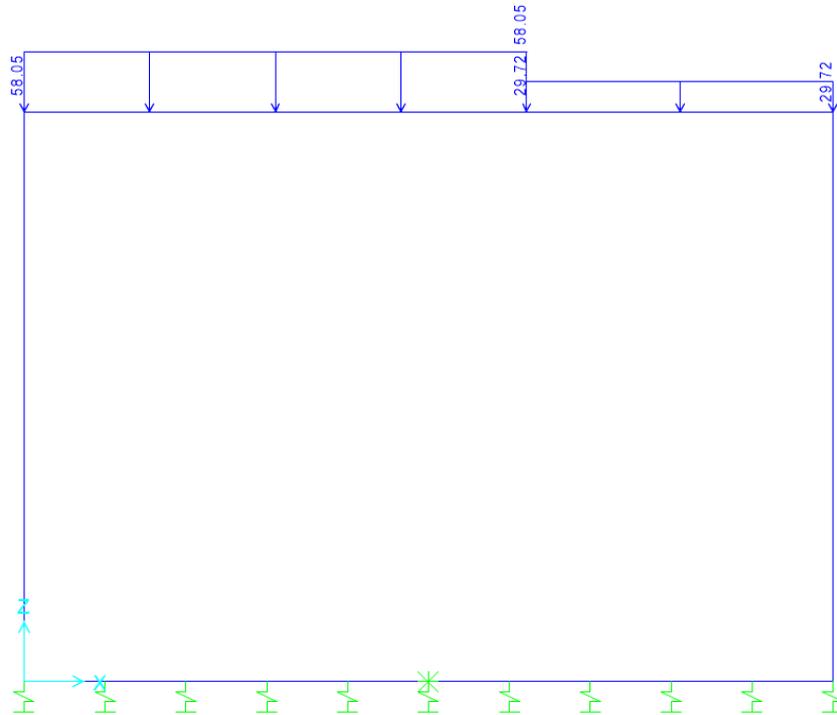


Figura 8: Condizione ACC-LM71- T(kN/m/m)

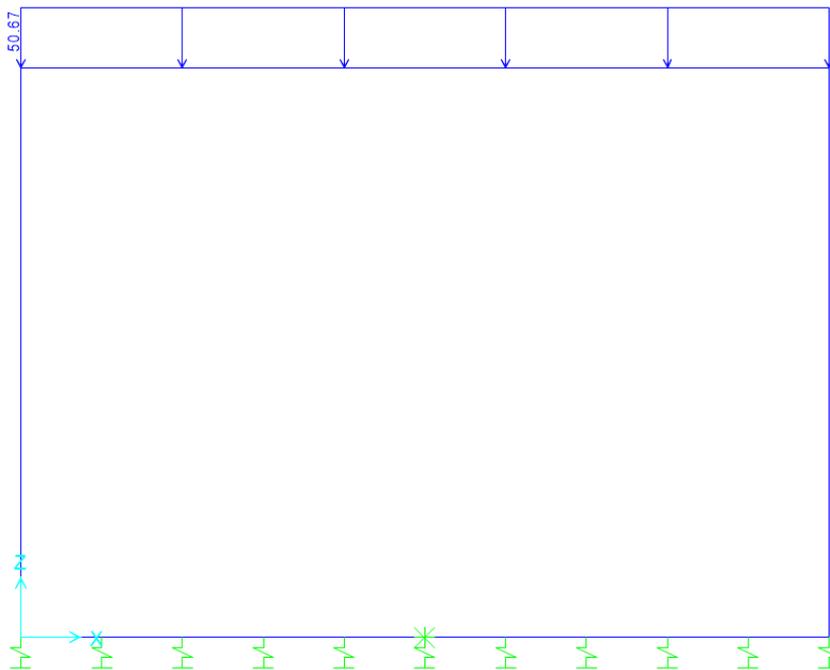


Figura 9: Condizione ACC-SW (kN/m/m)

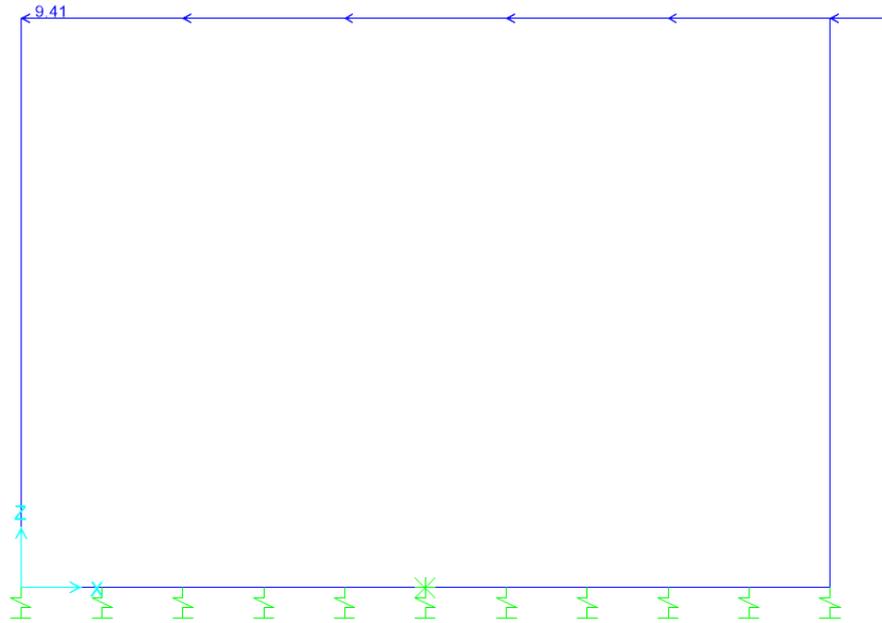


Figura 10: Condizione AVV (kN/m/m)

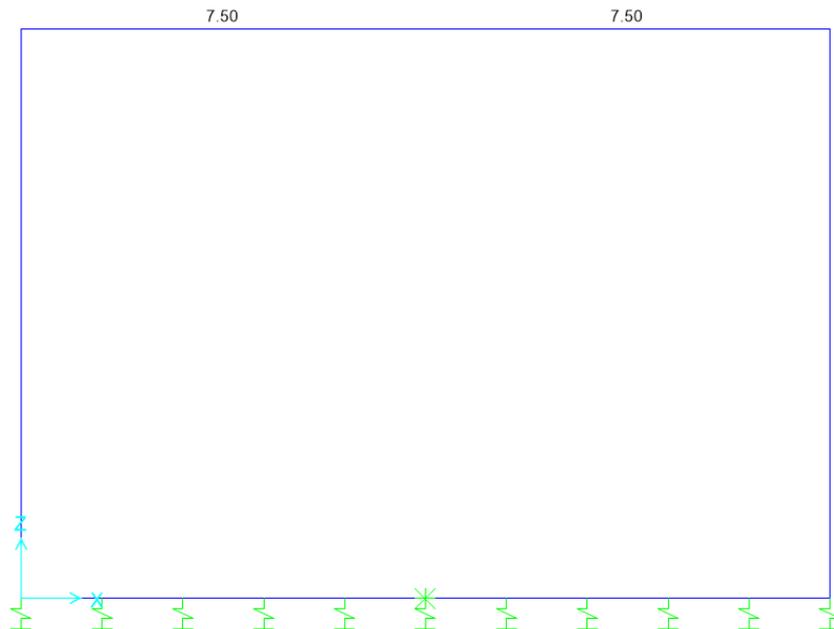


Figura 11: Condizione TERM (°C)

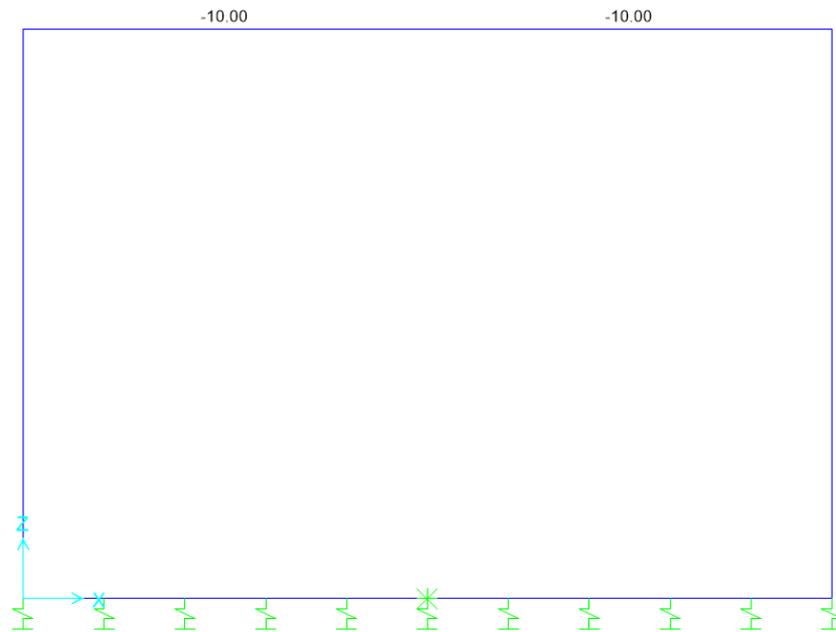


Figura 12: Condizione RITIRO (°C)

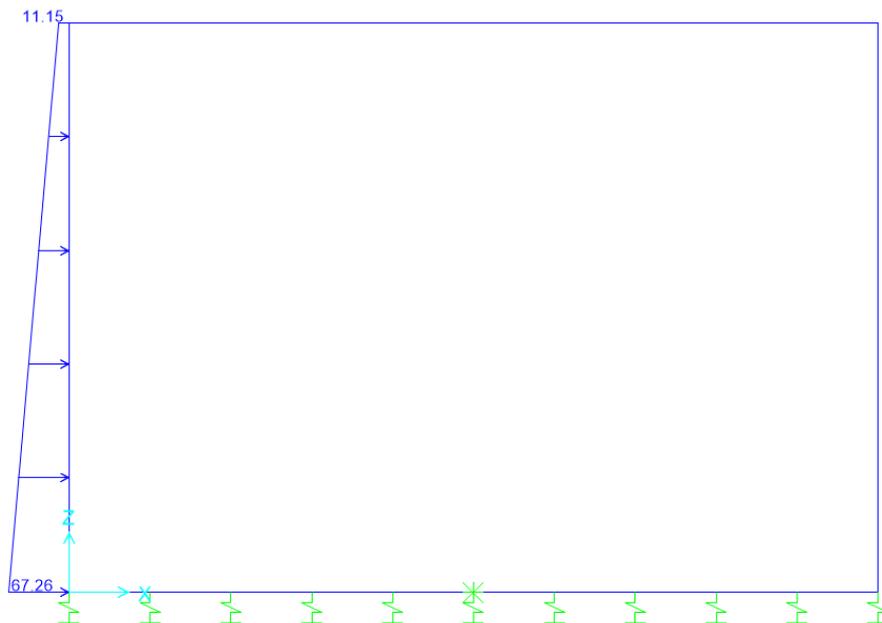


Figura 13: Condizione SPTSX (kN/m/m)

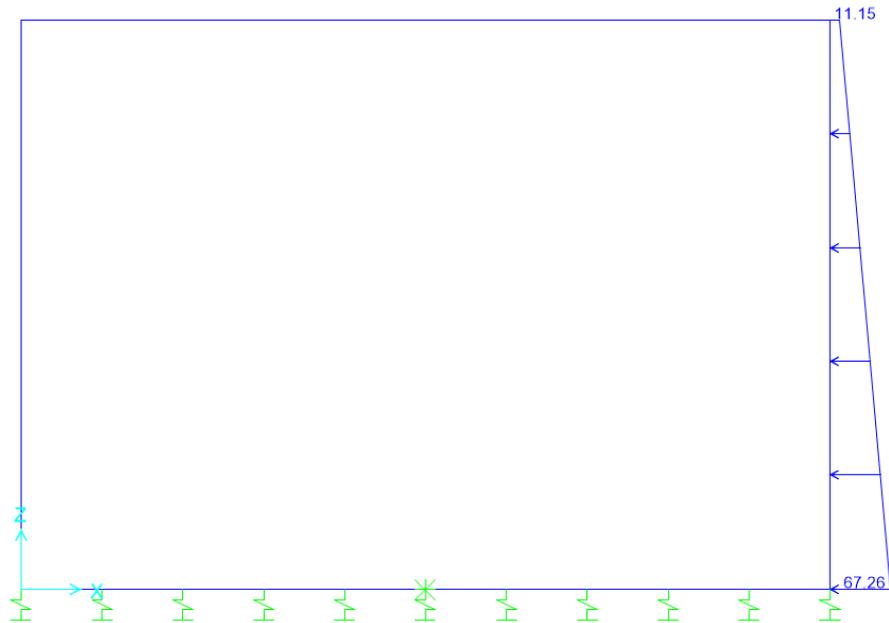


Figura 14: Condizione SPTDX (kN/m/m)

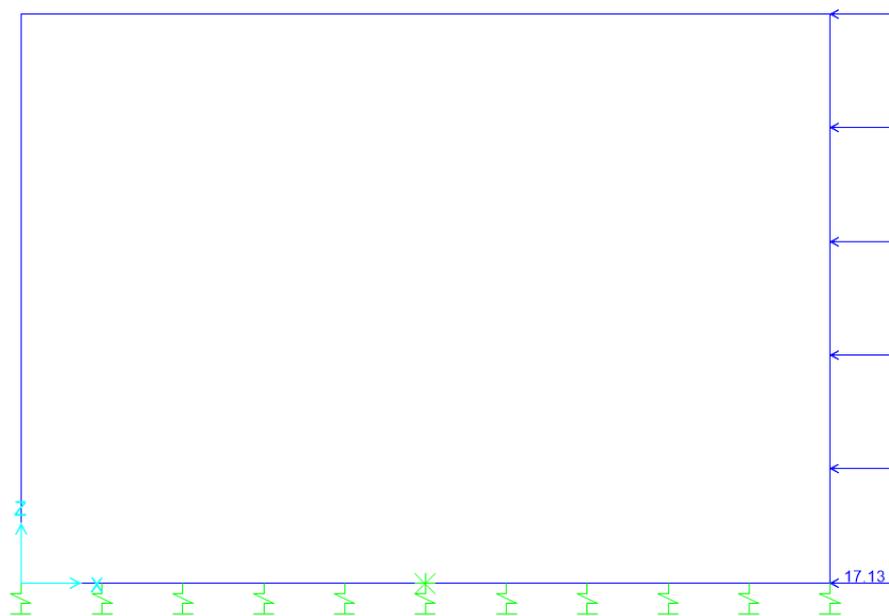


Figura 15: Condizione SPQDX71 (kN/m/m)

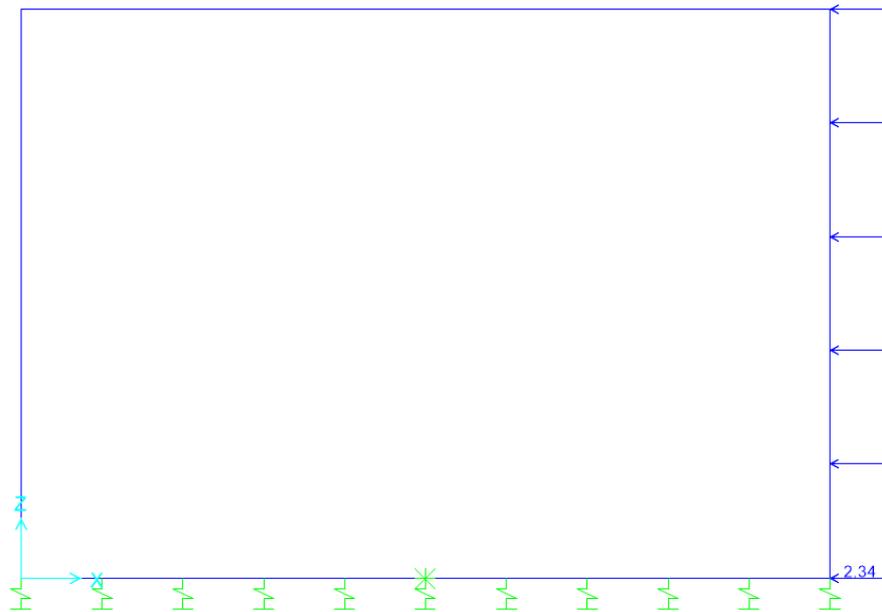


Figura 16: Condizione SPQDXSW (kN/m/m)

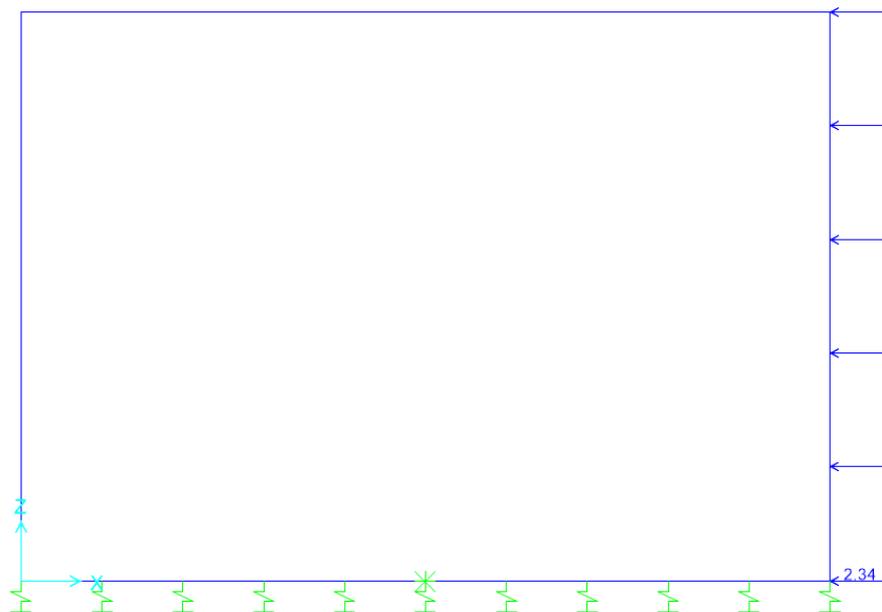


Figura 17: Condizione SPQSX71 (kN/m/m)

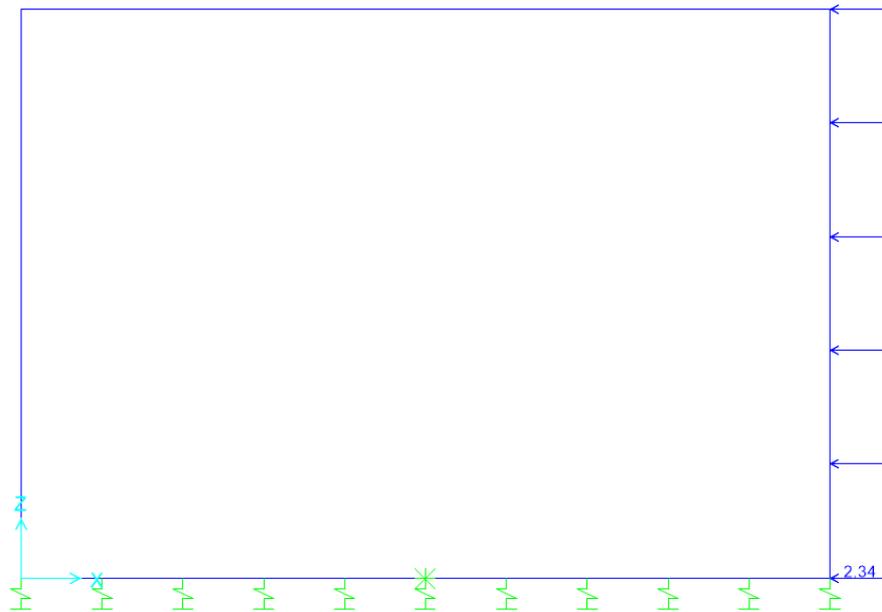


Figura 18: Condizione SPQSXS ($kN/m/m$)

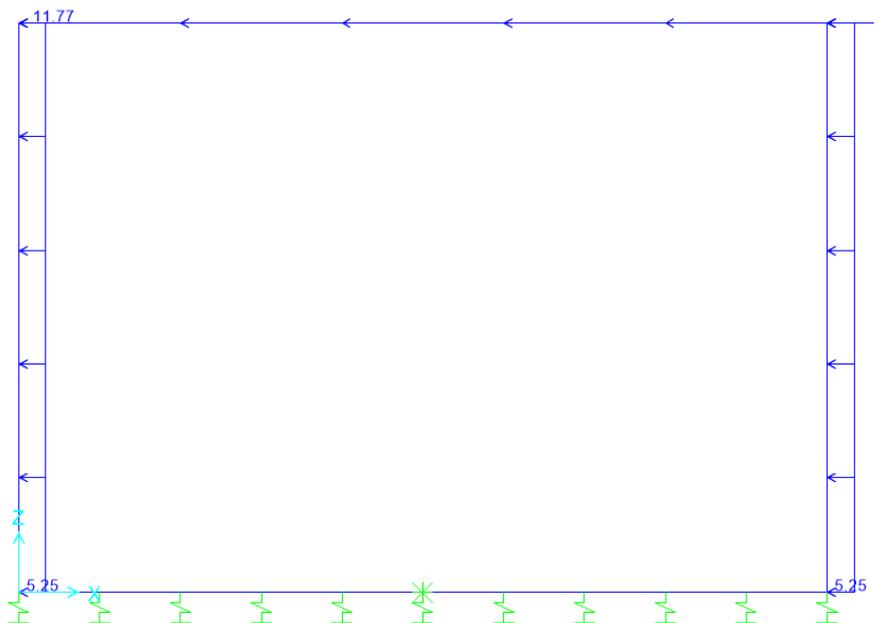


Figura 19: Condizione SISMAH ($kN/m/m$)

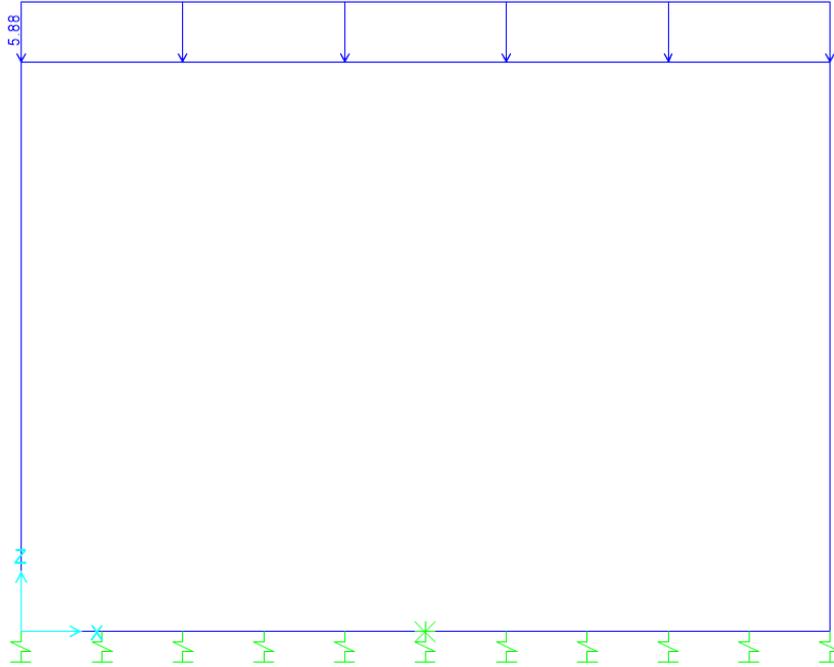


Figura 20: Condizione SISMOV (kN/m/m)

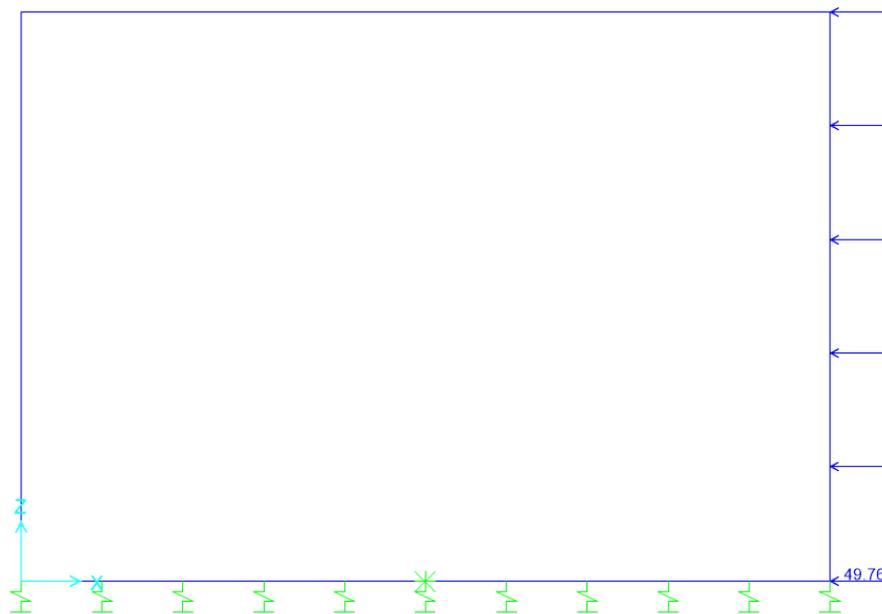


Figura 21: Condizione SPSDX (kN/m²)

10.3 Combinazioni

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

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

SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLGIO
IV01	00	D 26 CL	SL0600001	A	40 di 64

123	123R1-11M	1	1	1	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	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
125	125R1-12M	1	1	1	0	0.5	1	1	1	1	0.6	1	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
127	127R1-13M	1	1	1	0	0.5	1	1	0	1	0.6	1	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
129	129R1-14S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	0	0	0	0
130	130R1-15S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	1	1	1	1
131	131R1-16S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	0	0	1	1
132	132R1-21M	1	1	1	0	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
133	133R1-21T	1	1	0	1	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	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
135	135R1-22T	1	1	0	1	0.5	1	1	1	1	-0.6	1	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
137	137R1-23T	1	1	0	1	0.5	1	1	0	1	-0.6	1	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	1	0	0	0	0
139	139R1-25S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	1	1	1	1
140	140R1-26S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	0	0	1	1
141	141R1T11M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
142	142R1T11T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0	1	1	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
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
145	145R1T13M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0.8	1	1	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
147	147R1T14S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	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
149	149R1T16S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8
150	150R1T21M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
151	151R1T21T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0	-1	1	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
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
154	154R1T23M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0.8	-1	1	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
156	156R1T24S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0	0
157	157R1T25S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
158	158R1T26S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8
159	159R3-11M	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
160	160R3-11T	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0.6	1	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
162	162R3-12T	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0.6	1	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
164	164R3-13T	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0.6	1	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	1	0	0	0	0
166	166R3-15S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	1	1	1	1
167	167R3-16S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	0	0	1	1
168	168R3-21M	1	1	1	0	1	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
169	169R3-21T	1	1	0	1	1	1	1	0	0	-0.6	1	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
171	171R3-22T	1	1	0	1	1	1	1	1	1	-0.6	1	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
173	173R3-23T	1	1	0	1	1	1	1	0	1	-0.6	1	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	1	0	0	0	0
175	175R3-25S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	1	1	1	1
176	176R3-26S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	0	0	1	1
177	177R1T11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
178	178R1T11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	1	1	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
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
181	181R1T13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	1	1	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
183	183R1T14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	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
185	185R1T16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8
186	186R1T21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
187	187R1T21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-1	1	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
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
190	190R1T23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	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
192	192R1T24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0	0
193	193R1T25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
194	194R1T26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8

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

dove:

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

10.4 Sollecitazioni

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

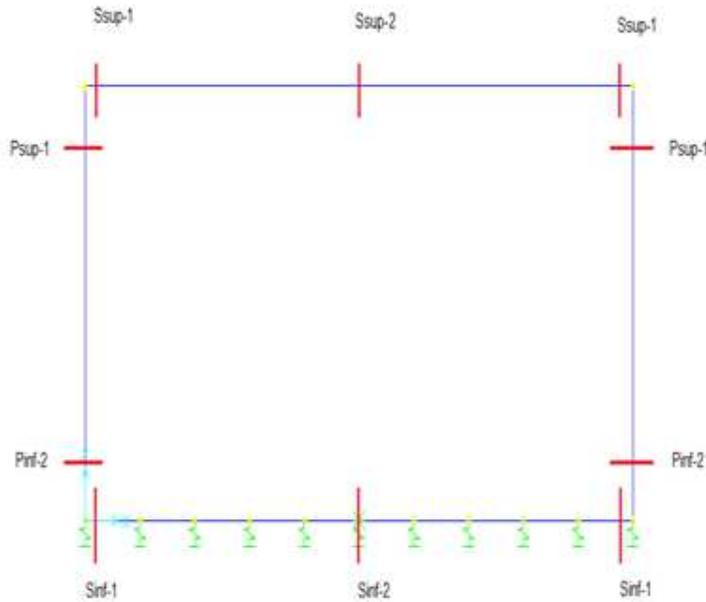


Figura 10.22 - Sezioni di verifica

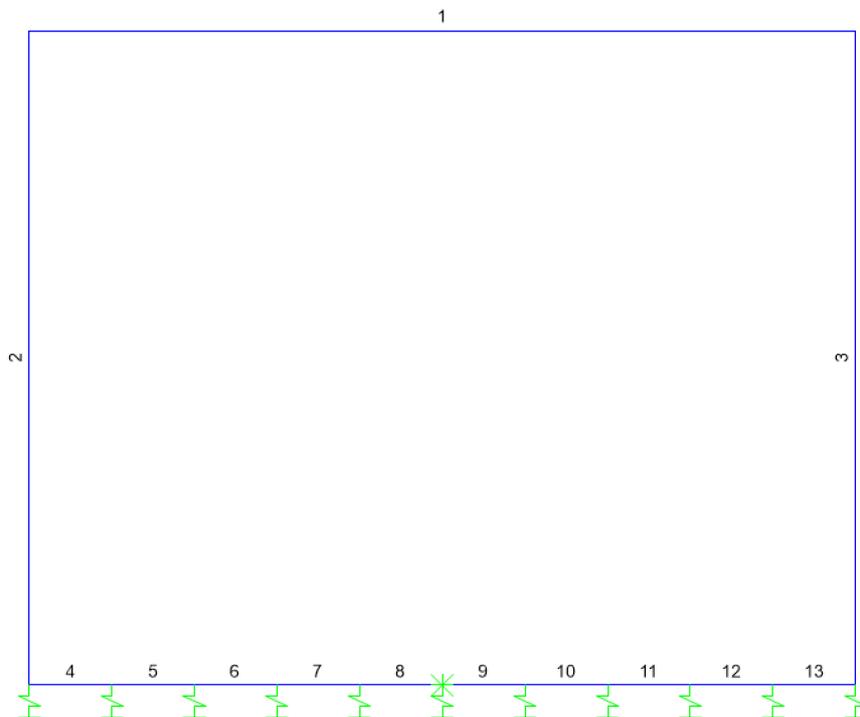


Figura 10.23 - Nomenclatura frame

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

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

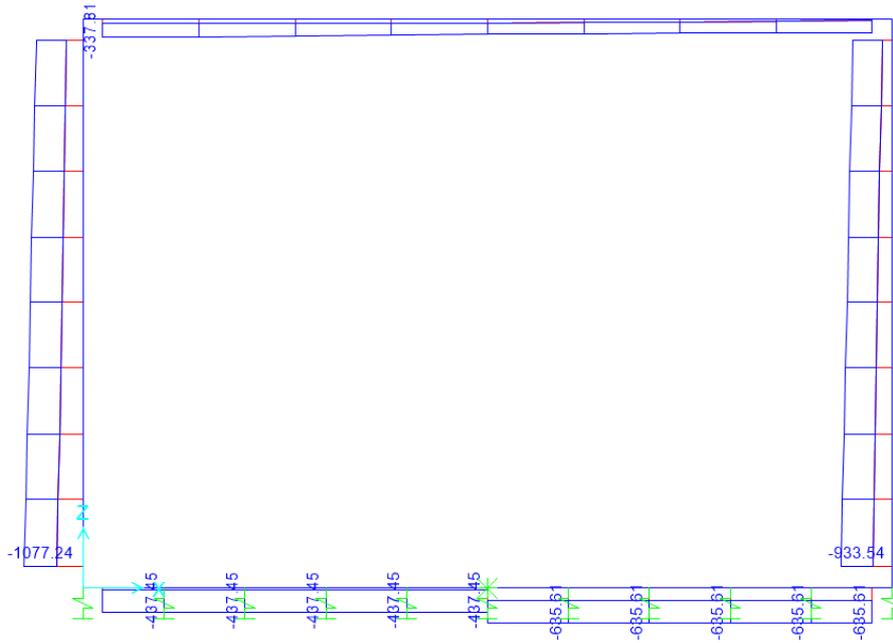


Figura 10.24 - Sforzo Normale – Involuppo SLU (KN)

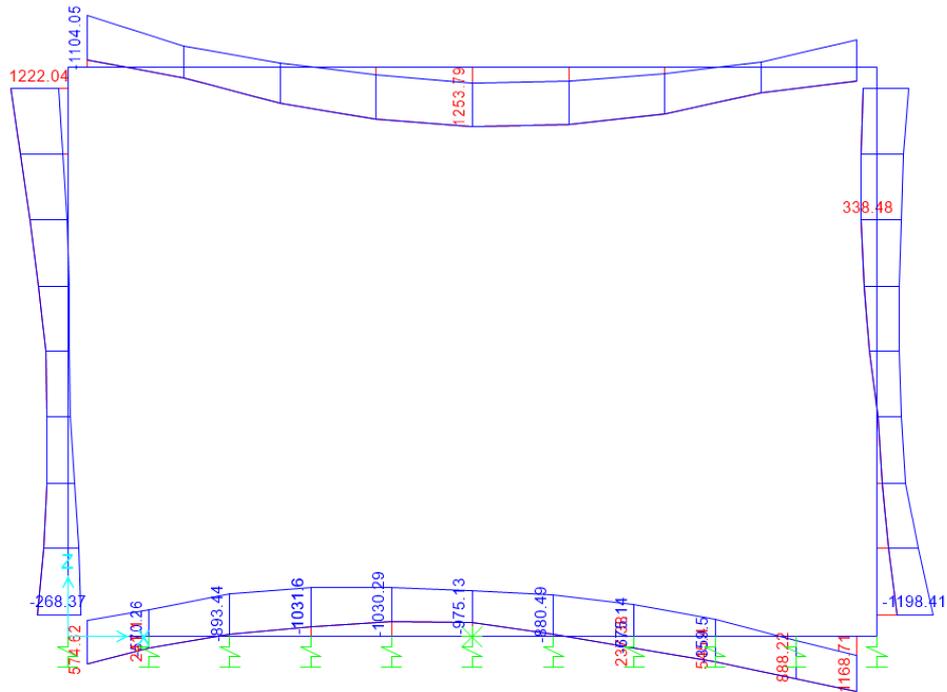


Figura 10.25 - Momento flettente – Involuppo SLU (KNm)

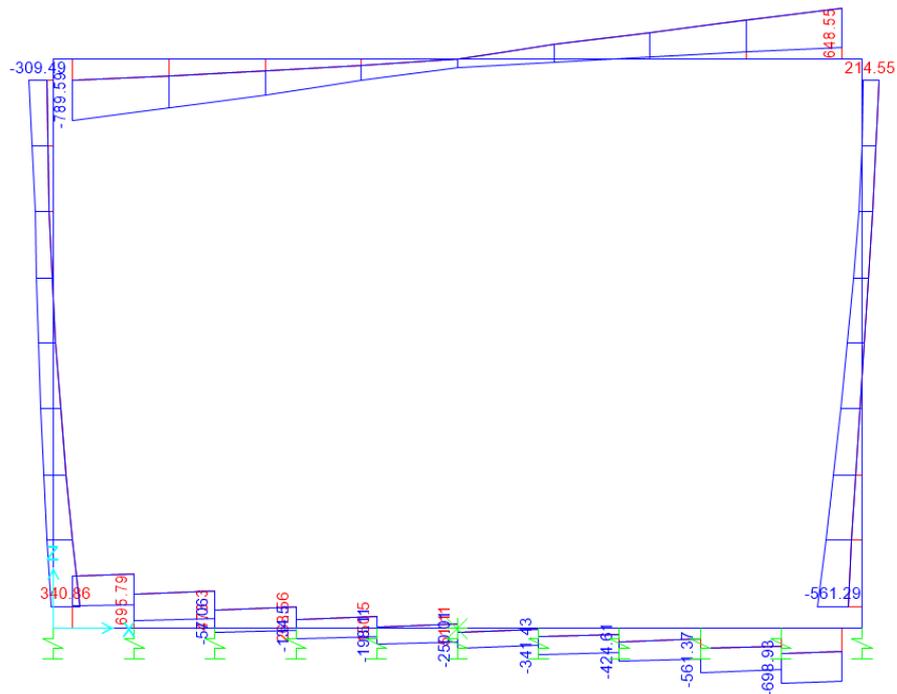


Figura 10.26 - Taglio – Involuppo SLU (kN)

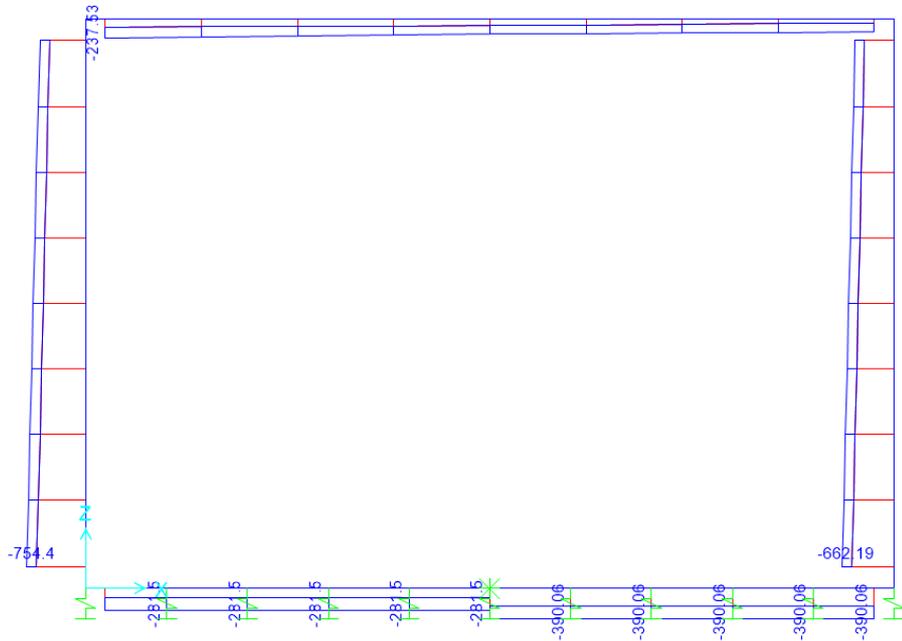


Figura 10.27 - Sforzo Normale – Involuppo SLE – Rara (kN)

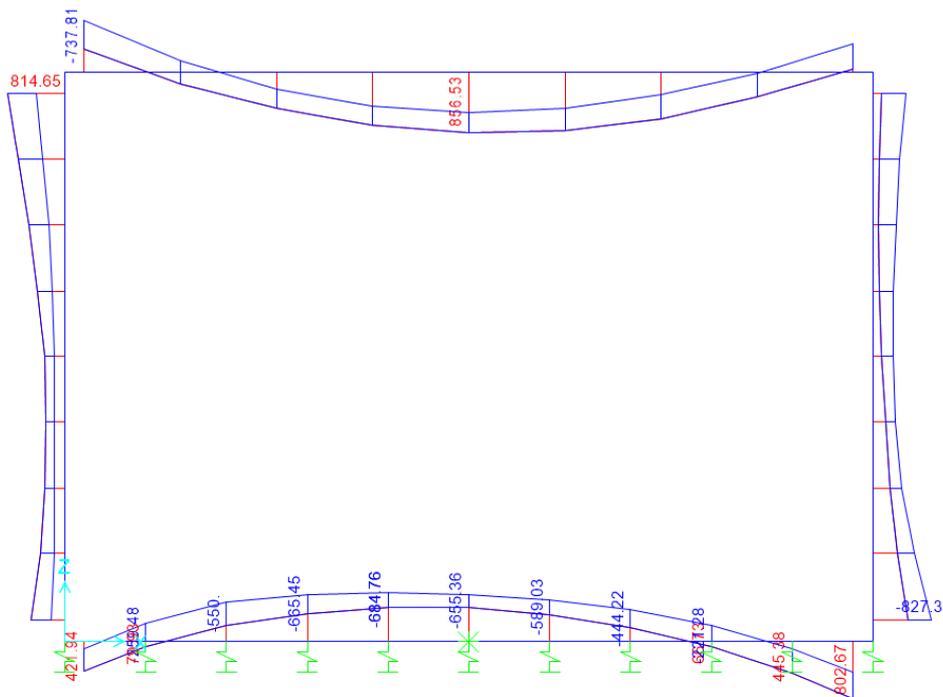


Figura 10.28 - Momento flettente – Involuppo SLE – Rara (kNm)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	REV. A

10.5 Verifiche strutturali

10.5.1 Riepilogo armature

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

	Arm. tesa		Arm. comp.	
	1° strato	2° strato	1° strato	2° strato
Soletta superiore - Campata	10 Ø26	-	5 Ø26	-
Soletta superiore - Appoggio	10 Ø26	-	5 Ø26	-
Piedritto - Spiccato	5 Ø26	5 Ø20	5 Ø26	-
Piedritto - Sommità	5 Ø26	5 Ø20	5 Ø26	-
Soletta inferiore - Campata	5 Ø26	5 Ø26	5 Ø26	-
Soletta inferiore - Appoggio	10 Ø26	-	5 Ø26	-

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

10.5.2 Verifica soletta superiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solsup-Camp)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm 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 = 100 cm
Base della sezione	b = 100 cm
Copriferro	d' = 8.7 cm
Altezza utile della sezione	d = 91.3 cm

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

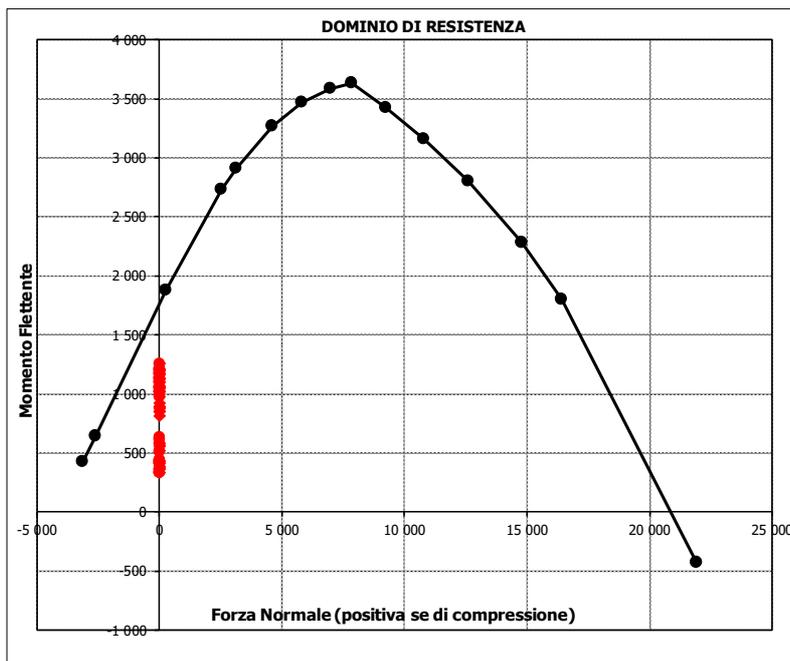
Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		0.00	cm ²
26.55 cm²			

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

(Mmax)	14S1-21M	0	1254
(Mmin)	80SSS10S	0	330

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	1105	44S1T23M	0	1137
02S1-11T	0	1058	45S1T23T	0	1100
03S1-12M	0	1021	46S1T24-	0	580
04S1-12T	0	975	47S1T25-	0	617
05S1-13M	0	1063	48S1T26S	0	1139
06S1-13T	0	1017	49S1T27S	0	1105
07S1-14-	0	371	50S1T28S	0	1122
08S1-15-	0	412	51S1T29S	0	618
09S1-16S	0	1062	52S1T30S	0	636
10S1-17S	0	1026	53S3-11M	0	1105
11S1-18S	0	1044	54S3-11T	0	1058
12S1-19S	0	418	55S3-12M	0	1021
13S1-20S	0	436	56S3-12T	0	975
14S1-21M	0	1254	57S3-13M	0	1063
15S1-21T	0	1208	58S3-13T	0	1017
16S1-22M	0	1170	59S3-14S	0	1062
17S1-22T	0	1124	60S3-15S	0	1026
18S1-23M	0	1212	61S3-16S	0	1044
19S1-23T	0	1166	62S3-21M	0	1254
20S1-24-	0	520	63S3-21T	0	1208
21S1-25-	0	561	64S3-22M	0	1181
22S1-26S	0	1211	65S3-22T	0	1135
23S1-27S	0	1175	66S3-23M	0	1218
24S1-28S	0	1193	67S3-23T	0	1171
25S1-29S	0	567	68S3-24S	0	1211
26S1-30S	0	585	69S3-25S	0	1177
27S1T11M	0	925	70S3-26S	0	1194
28S1T11T	0	888	71SSS1--	0	362
29S1T12M	0	852	72SSS2--	0	333
30S1T12T	0	815	73SSS3--	0	435
31S1T13M	0	889	74SSS4--	0	337
32S1T13T	0	852	75SSS5--	0	445
33S1T14-	0	332	76SSS6--	0	416
34S1T15-	0	368	77SSS7--	0	518
35S1T16S	0	891	78SSS8--	0	420
36S1T17S	0	856	79SSS9S	0	360
37S1T18S	0	874	80SSS10S	0	330
38S1T19S	0	370	81SSS11S	0	432
39S1T20S	0	387	82SSS12S	0	335
40S1T21M	0	1173	83SSS13S	0	443
41S1T21T	0	1136	84SSS14S	0	413
42S1T22M	0	1101	85SSS15S	0	515
43S1T22T	0	1064	86SSS16S	0	418



• Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{ik} = 540$ 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	$h = 100$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 91.3$ cm

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

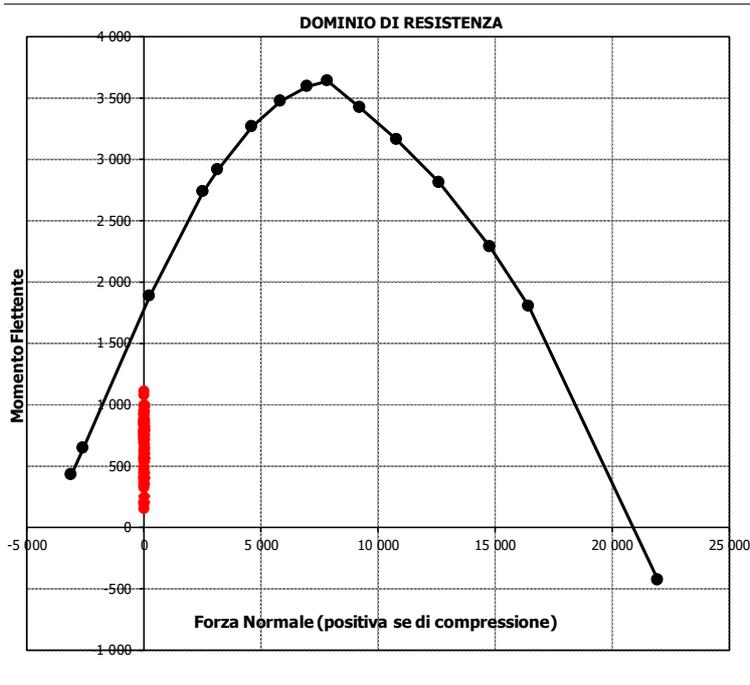
Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		26.55	cm²

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

(Mmax)	57S3-13M	0	1104
(Mmin)	51S1T29S	0	151

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	742	44S1T23M	0	760
02S1-11T	0	710	45S1T23T	0	735
03S1-12M	0	825	46S1T24-	0	189
04S1-12T	0	793	47S1T25-	0	319
05S1-13M	0	979	48S1T26S	0	537
06S1-13T	0	947	49S1T27S	0	571
07S1-14-	0	399	50S1T28S	0	619
08S1-15-	0	553	51S1T29S	0	151
09S1-16S	0	715	52S1T30S	0	199
10S1-17S	0	751	53S3-11M	0	867
11S1-18S	0	802	54S3-11T	0	835
12S1-19S	0	352	55S3-12M	0	950
13S1-20S	0	403	56S3-12T	0	918
14S1-21M	0	593	57S3-13M	0	1104
15S1-21T	0	561	58S3-13T	0	1072
16S1-22M	0	676	59S3-14S	0	841
17S1-22T	0	644	60S3-15S	0	877
18S1-23M	0	829	61S3-16S	0	928
19S1-23T	0	797	62S3-21M	0	718
20S1-24-	0	250	63S3-21T	0	686
21S1-25-	0	403	64S3-22M	0	790
22S1-26S	0	566	65S3-22T	0	758
23S1-27S	0	602	66S3-23M	0	920
24S1-28S	0	653	67S3-23T	0	888
25S1-29S	0	203	68S3-24S	0	691
26S1-30S	0	254	69S3-25S	0	726
27S1T11M	0	807	70S3-26S	0	774
28S1T11T	0	781	71SSS1--	0	868
29S1T12M	0	879	72SSS2--	0	855
30S1T12T	0	853	73SSS3--	0	487
31S1T13M	0	1009	74SSS4--	0	443
32S1T13T	0	983	75SSS5--	0	785
33S1T14-	0	438	76SSS6--	0	772
34S1T15-	0	568	77SSS7--	0	404
35S1T16S	0	785	78SSS8--	0	360
36S1T17S	0	820	79SSS9S	0	844
37S1T18S	0	868	80SSS10S	0	831
38S1T19S	0	400	81SSS11S	0	463
39S1T20S	0	448	82SSS12S	0	419
40S1T21M	0	558	83SSS13S	0	761
41S1T21T	0	532	84SSS14S	0	748
42S1T22M	0	630	85SSS15S	0	380
43S1T22T	0	605	86SSS16S	0	336



- 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	790
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		-
\varnothing_2	mm	-
Asl	cm ²	53.09

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	100
c	cm	8.7
d	cm	91.3
k	N/mm ²	1.47
v_{min}	N/mm ²	0.36
ρ		0.0058
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	431
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	1578
V_{RCd}	kN	2665
V_{Rd}	kN	1578
V_{Rd}	kN	VERIFICATO

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	857	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	100	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	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{t2} = \text{10.0}$ 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	197.2	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	28.9	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	11115	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	10370934.58	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	4068029.049	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	503	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	718	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}	5.1		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	165.3	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	28.9	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	23.71	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2370.89	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0224	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000322548	-	
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}	367.3773089	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	216.1042994	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.12	mm	

• Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	738	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	100	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	5.2	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	169.8	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	28.9	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	11115	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	10370934.58	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id+}	4068029.049	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	503	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	718	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}	5.1		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	165.3	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	28.9	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	23.71	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2370.89	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0224	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000322548	-	
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}	367.3773089	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	216.1042994	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	W_d	0.12	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	$h = 100$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 91.3$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
5	20	15.71	cm ²
		0.00	cm ²
		42.25	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]	
(Nmax)	09S1-16S	934	778
(Nmin)	72SSS2--	350	1049
(Mmax)	66S3-23M	849	1198
(Mmin)	38S1T19S	581	426

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	909	756	44S1T23M	789	1131
02S1-11T	857	749	45S1T23T	747	1126
03S1-12M	909	805	46S1T24-	581	557
04S1-12T	857	799	47S1T25-	547	776
05S1-13M	869	1062	48S1T26S	842	887
06S1-13T	817	1055	49S1T27S	842	907
07S1-14-	581	476	50S1T28S	829	999
08S1-15-	541	733	51S1T29S	581	534
09S1-16S	934	778	52S1T30S	568	626
10S1-17S	934	800	53S3-11M	883	871
11S1-18S	919	897	54S3-11T	831	864
12S1-19S	581	448	55S3-12M	883	920
13S1-20S	567	545	56S3-12T	831	914
14S1-21M	909	821	57S3-13M	843	1177
15S1-21T	857	814	58S3-13T	791	1170
16S1-22M	909	871	59S3-14S	908	893
17S1-22T	857	864	60S3-15S	908	915
18S1-23M	869	1127	61S3-16S	894	1012
19S1-23T	817	1120	62S3-21M	883	936
20S1-24-	581	542	63S3-21T	831	929
21S1-25-	541	798	64S3-22M	883	979
22S1-26S	934	843	65S3-22T	831	972
23S1-27S	934	865	66S3-23M	849	1198
24S1-28S	919	962	67S3-23T	797	1192
25S1-29S	581	513	68S3-24S	908	958
26S1-30S	567	610	69S3-25S	908	979
27S1T11M	823	760	70S3-26S	895	1071
28S1T11T	781	755	71SSS1--	368	1061
29S1T12M	823	803	72SSS2--	350	1049
30S1T12T	781	798	73SSS3--	462	609
31S1T13M	789	1023	74SSS4--	402	571
32S1T13T	747	1017	75SSS5--	368	1097
33S1T14-	581	448	76SSS6--	350	1086
34S1T15-	547	668	77SSS7--	462	645
35S1T16S	842	778	78SSS8--	402	608
36S1T17S	842	799	79SSS9S	375	1038
37S1T18S	829	891	80SSS10S	357	1027
38S1T19S	581	426	81SSS11S	469	586
39S1T20S	568	518	82SSS12S	409	549
40S1T21M	823	869	83SSS13S	375	1074
41S1T21T	781	863	84SSS14S	357	1063
42S1T22M	823	912	85SSS15S	469	623
43S1T22T	781	906	86SSS16S	409	585



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

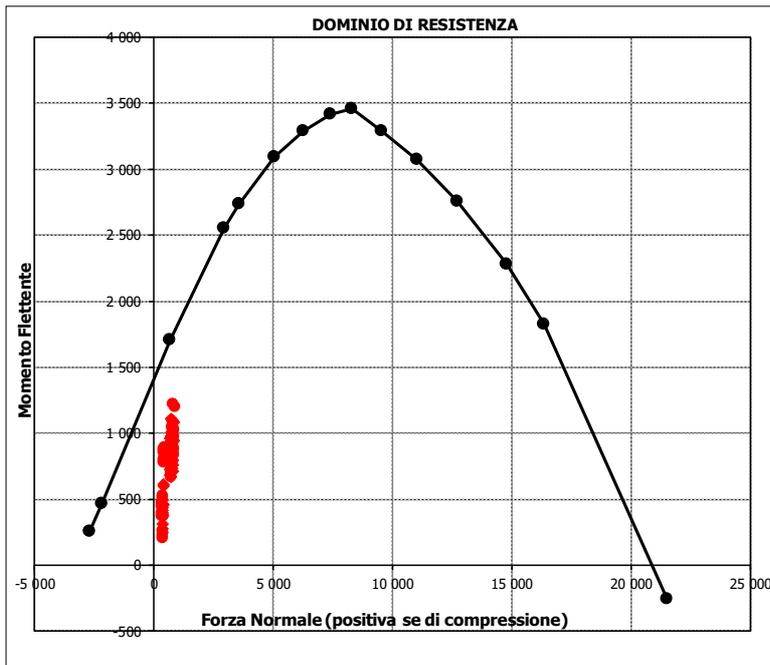
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
5	20	15.71	cm ²
		0.00	cm ²
42.25 cm²			

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]	
(Nmax)	58S3-13T	849	-1203
(Nmin)	82SSS12S	304	-450
(Mmax)	57S3-13M	797	1222
(Mmin)	51S1T29S	353	204

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	732	873	44S1T23M	711	876
02S1-11T	784	854	45S1T23T	752	861
03S1-12M	732	922	46S1T24-	353	225
04S1-12T	784	903	47S1T25-	387	376
05S1-13M	772	1100	48S1T26S	697	666
06S1-13T	824	1081	49S1T27S	697	688
07S1-14-	353	419	50S1T28S	710	745
08S1-15-	393	597	51S1T29S	353	204
09S1-16S	757	853	52S1T30S	366	261
10S1-17S	757	876	53S3-11M	758	995
11S1-18S	771	936	54S3-11T	810	976
12S1-19S	353	392	55S3-12M	758	1044
13S1-20S	367	453	56S3-12T	810	1025
14S1-21M	732	732	57S3-13M	797	1222
15S1-21T	784	713	58S3-13T	849	1203
16S1-22M	732	781	59S3-14S	783	975
17S1-22T	784	762	60S3-15S	783	998
18S1-23M	772	959	61S3-16S	797	1058
19S1-23T	824	940	62S3-21M	758	854
20S1-24-	353	278	63S3-21T	810	835
21S1-25-	393	456	64S3-22M	758	897
22S1-26S	757	712	65S3-22T	810	878
23S1-27S	757	735	66S3-23M	791	1048
24S1-28S	771	795	67S3-23T	843	1029
25S1-29S	353	252	68S3-24S	783	835
26S1-30S	367	312	69S3-25S	783	856
27S1T11M	677	917	70S3-26S	796	913
28S1T11T	718	902	71SSS1--	417	896
29S1T12M	677	960	72SSS2--	398	879
30S1T12T	718	945	73SSS3--	365	530
31S1T13M	711	1111	74SSS4--	304	473
32S1T13T	752	1096	75SSS5--	417	818
33S1T14-	353	460	76SSS6--	398	801
34S1T15-	387	610	77SSS7--	365	452
35S1T16S	697	901	78SSS8--	304	394
36S1T17S	697	923	79SSS9S	416	874
37S1T18S	710	980	80SSS10S	398	856
38S1T19S	353	438	81SSS11S	365	508
39S1T20S	366	495	82SSS12S	304	450
40S1T21M	677	682	83SSS13S	416	795
41S1T21T	718	667	84SSS14S	398	778
42S1T22M	677	725	85SSS15S	365	430
43S1T22T	718	710	86SSS16S	304	372



- 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	561
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		5
\varnothing_1	mm	26
n_2		5
\varnothing_2	mm	20
Asl	cm ²	42.25

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	100
c	cm	8.7
d	cm	91.3
k	N/mm ²	1.47
v_{min}	N/mm ²	0.36
ρ		0.0046
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	400
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	789
V_{RCd}	kN	2665
V_{Rd}	kN	789
V_{Rd}	kN	VERIFICATO

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	827	kN m
Sforzo normale	N	709	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	100	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	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{t2} = 11.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	26.55	cm ²	5 Ø 26	$C_{t1} = 8.7$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	6.9	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	167.3	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	116.7	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	66.7	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	34.8	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	10963	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	10050111.35	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id+}	3642757.584	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	617	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	826	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	116.5	cm	
	u (M_{fess})	66.5	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.9		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	166.9	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	34.9	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	21.71	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	42.25	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2171.22	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0195	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000325747	-	
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}	23.39	mm	
Distanza massima tra le fessure	ΔS_{max}	374.3312516	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	220.1948539	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.12	mm	

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	815	kN m
Sforzo normale	N	826	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	100	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	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{t2} = 11.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	26.55	cm ²	5 Ø 26	$C_{t1} = 8.7$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	6.8	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	152.2	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	98.6	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	48.6	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	36.7	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	10963	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	10050111.35	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id+}	3791419.176	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	639	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	847	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	102.6	cm	
	u (M_{fess})	52.6	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	7.1		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	161.6	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	36.2	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	21.26	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	42.25	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2125.72	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0199	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000315275	-	
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}	23.39	mm	
Distanza massima tra le fessure	ΔS_{max}	370.049238	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	217.6760224	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	W_d	0.12	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	$h = 100$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 91.3$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
5	26	26.55	cm ²
		0.00	cm ²
			53.09 cm ²

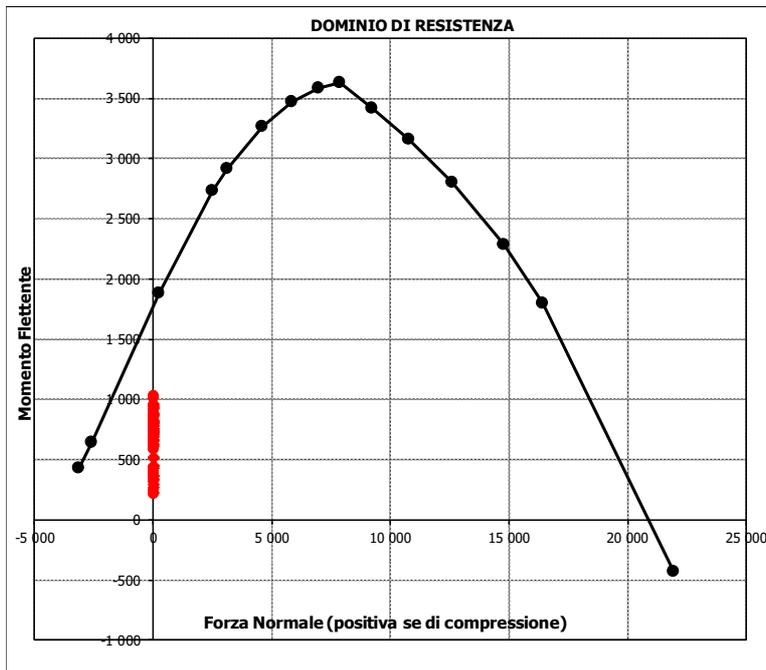
Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		0.00	cm ²
			26.55 cm ²

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

(Mmax)	58S3-13T	0	1032
(Mmin)	46S1T24-	0	213

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	807	44S1T23M	0	805
02S1-11T	0	822	45S1T23T	0	816
03S1-12M	0	723	46S1T24-	0	213
04S1-12T	0	737	47S1T25-	0	403
05S1-13M	0	943	48S1T26S	0	702
06S1-13T	0	957	49S1T27S	0	665
07S1-14-	0	294	50S1T28S	0	748
08S1-15-	0	514	51S1T29S	0	250
09S1-16S	0	823	52S1T30S	0	333
10S1-17S	0	785	53S3-11M	0	881
11S1-18S	0	873	54S3-11T	0	896
12S1-19S	0	340	55S3-12M	0	797
13S1-20S	0	428	56S3-12T	0	811
14S1-21M	0	738	57S3-13M	0	1017
15S1-21T	0	753	58S3-13T	0	1032
16S1-22M	0	654	59S3-14S	0	898
17S1-22T	0	668	60S3-15S	0	859
18S1-23M	0	874	61S3-16S	0	947
19S1-23T	0	888	62S3-21M	0	813
20S1-24-	0	225	63S3-21T	0	827
21S1-25-	0	446	64S3-22M	0	739
22S1-26S	0	754	65S3-22T	0	753
23S1-27S	0	716	66S3-23M	0	928
24S1-28S	0	804	67S3-23T	0	943
25S1-29S	0	271	68S3-24S	0	829
26S1-30S	0	359	69S3-25S	0	792
27S1T11M	0	804	70S3-26S	0	875
28S1T11T	0	815	71SSS1--	0	654
29S1T12M	0	730	72SSS2--	0	637
30S1T12T	0	742	73SSS3--	0	432
31S1T13M	0	920	74SSS4--	0	373
32S1T13T	0	931	75SSS5--	0	616
33S1T14-	0	328	76SSS6--	0	598
34S1T15-	0	517	77SSS7--	0	394
35S1T16S	0	817	78SSS8--	0	335
36S1T17S	0	780	79SSS9S	0	645
37S1T18S	0	863	80SSS10S	0	627
38S1T19S	0	365	81SSS11S	0	423
39S1T20S	0	448	82SSS12S	0	363
40S1T21M	0	689	83SSS13S	0	606
41S1T21T	0	701	84SSS14S	0	589
42S1T22M	0	615	85SSS15S	0	384
43S1T22T	0	627	86SSS16S	0	325



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

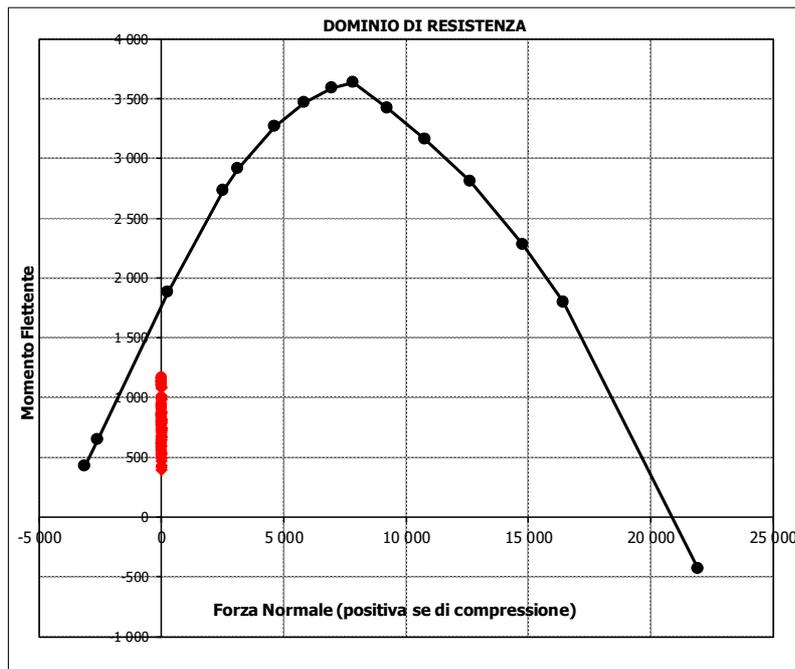
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		0.00	cm²
53.09 cm²			

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

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Mmax)	75SSS5--	0 1169
(Mmin)	38S1T19S	0 395

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	649	44S1T23M	0	1103
02S1-11T	0	650	45S1T23T	0	1104
03S1-12M	0	738	46S1T24-	0	556
04S1-12T	0	739	47S1T25-	0	789
05S1-13M	0	1011	48S1T26S	0	808
06S1-13T	0	1011	49S1T27S	0	847
07S1-14-	0	470	50S1T28S	0	944
08S1-15-	0	742	51S1T29S	0	517
09S1-16S	0	668	52S1T30S	0	615
10S1-17S	0	709	53S3-11M	0	773
11S1-18S	0	812	54S3-11T	0	774
12S1-19S	0	421	55S3-12M	0	862
13S1-20S	0	524	56S3-12T	0	863
14S1-21M	0	722	57S3-13M	0	1135
15S1-21T	0	723	58S3-13T	0	1136
16S1-22M	0	811	59S3-14S	0	792
17S1-22T	0	812	60S3-15S	0	833
18S1-23M	0	1084	61S3-16S	0	936
19S1-23T	0	1085	62S3-21M	0	846
20S1-24-	0	543	63S3-21T	0	847
21S1-25-	0	816	64S3-22M	0	924
22S1-26S	0	741	65S3-22T	0	925
23S1-27S	0	782	66S3-23M	0	1157
24S1-28S	0	885	67S3-23T	0	1158
25S1-29S	0	494	68S3-24S	0	866
26S1-30S	0	597	69S3-25S	0	905
27S1T11M	0	670	70S3-26S	0	1002
28S1T11T	0	671	71SSS1--	0	1128
29S1T12M	0	748	72SSS2--	0	1120
30S1T12T	0	749	73SSS3--	0	607
31S1T13M	0	981	74SSS4--	0	581
32S1T13T	0	982	75SSS5--	0	1169
33S1T14-	0	435	76SSS6--	0	1161
34S1T15-	0	668	77SSS7--	0	648
35S1T16S	0	686	78SSS8--	0	622
36S1T17S	0	725	79SSS9S	0	1101
37S1T18S	0	823	80SSS10S	0	1093
38S1T19S	0	395	81SSS11S	0	580
39S1T20S	0	493	82SSS12S	0	554
40S1T21M	0	792	83SSS13S	0	1141
41S1T21T	0	793	84SSS14S	0	1133
42S1T22M	0	870	85SSS15S	0	621
43S1T22T	0	871	86SSS16S	0	594



- 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	699
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		-
\varnothing_2	mm	-
Asl	cm ²	53.09

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	100
c	cm	8.7
d	cm	91.3
k	N/mm ²	1.47
v_{min}	N/mm ²	0.36
ρ		0.0058
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	431
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	789
V_{RCd}	kN	2665
V_{Rd}	kN	789
V_{Rd}	kN	VERIFICATO

• Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	684	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	100	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	26.55	cm ²	5 Ø 26 $C_{t2} = \uparrow$ 11.3 cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	26.55	cm ²	5 Ø 26 $C_{t1} = \uparrow$ 8.7 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.0	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	163.2	N/mm ²	< σ_{samm}

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

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	499	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	712	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	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}	170.0	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	28.6	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	23.79	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2379.37	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0223	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000331616	-	
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}	368.08	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	216.52	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	W_d	0.12	mm	

• Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	803	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	100	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	26.55	cm ²	5 Ø 26	$c_{s1} = \mathbf{8.7}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{s2} = \mathbf{10.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{t2} = \mathbf{10.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$c_{t1} = \mathbf{8.7}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.7	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	184.8	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	28.9	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	11115	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	10370934.58	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	4068029.049	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	503	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	718	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}	5.1		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	165.3	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	28.9	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_f	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	23.71	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2370.89	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0224	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000322548	-	
Copri ferro 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}	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	367.3773089	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	216.1042994	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.12	mm	

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL0600001</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	100 kg/mc
Soletta inferiore	100 kg/mc
Piedritti	90 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					
SL06 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 82+395.87 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0600001	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.