

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95

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 1 0 0 0 0 1 A

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

File: IV0100D26CLSL0100001A.docx

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	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	10
6.4 Azione del sisma.....	11
6.5 Ritiro del calcestruzzo	12
6.6 Variazione termica.....	13
6.7 Spinta statica del terreno.....	13
6.8 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	14
6.9 Incremento di Spinta in condizione sismiche	14
7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	15
8. VERIFICHE STRUTTURALI	17
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....	17
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	17
8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio.....	19
9. VERIFICHE GEOTECNICHE.....	20

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

10.ANALISI STRUTTURALE	21
10.1 Modellazione strutturale : Scatolare	21
10.2 Analisi dei carichi	23
10.3 Combinazioni.....	34
10.4 Sollecitazioni	38
10.5 Verifiche strutturali.....	44
10.5.1 Riepilogo armature.....	44
10.5.2 Verifica soletta superiore.....	45
10.5.3 Verifica piedritti	50
10.5.4 Verifica soletta inferiore.....	55
11.INCIDENZA SCATOLARE	60
12.DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2)	61
12.1 Tipo di analisi svolte.....	61
12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo.....	61
12.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	61

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	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 SL01 al km 69+470.95, dopo la località Pietra Ligure in direzione Genova.

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

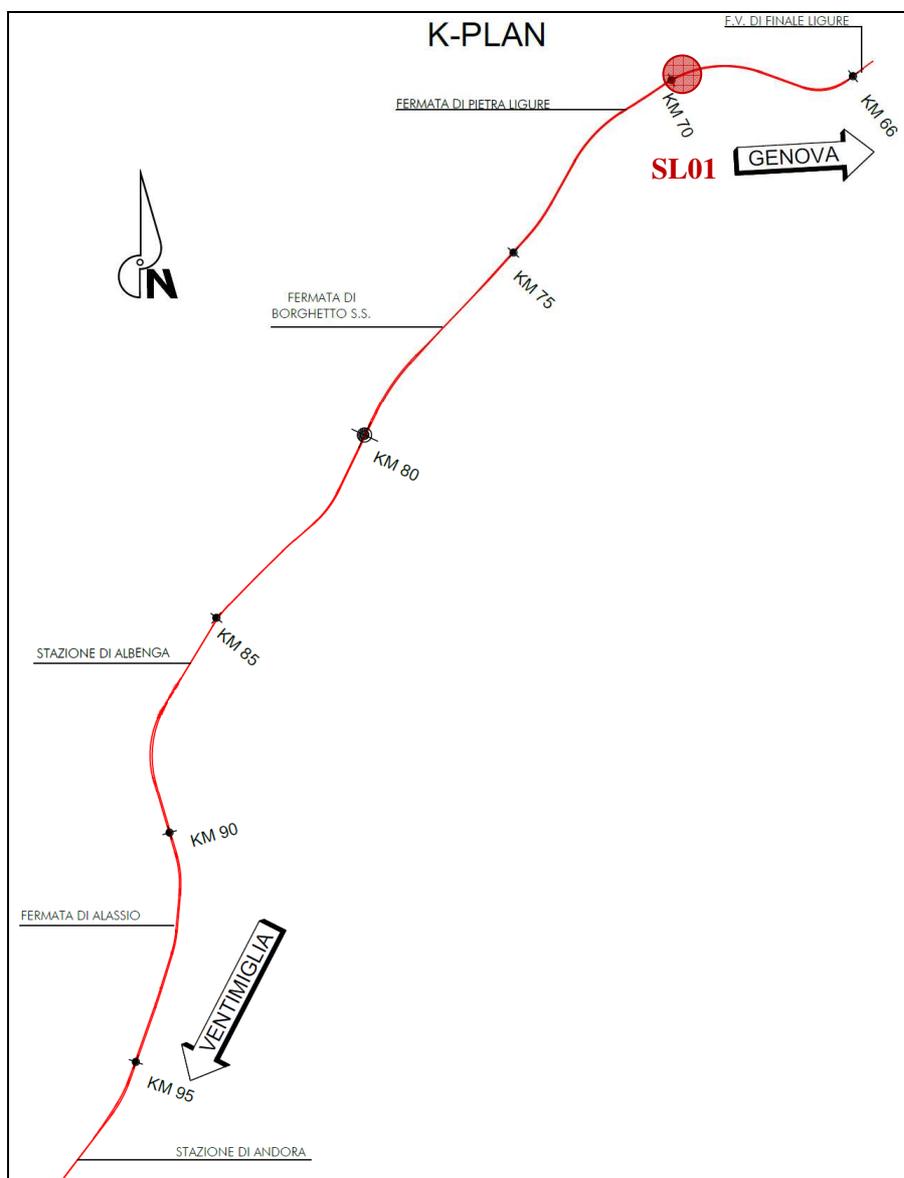


Figura 1: Raddoppio tratta Finale L. - Andora. Inquadramento dell'opera

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

2. DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale dell'opera scatolare SL01, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Ricoprimento			
Spessore del rinterro	Hr	0.10	m
Geometria			
Spessore soletta superiore	Ss	1.00	m
Spessore soletta di fondazione	Sf	1.00	m
Spessore piedritti	Sp	1.06	m
Altezza netta	Hint	5.75	m
Larghezza netta	Lint	9.03	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr	0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L	9.66	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.

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	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	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	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	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

4.3 Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

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

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

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

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

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

Classe di esposizione: XC4

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A	FOGLIO 8 di 62

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	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

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

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

Unità	Prof top	γ	ϕ	c'	E	Vs	v
-	m slm	kN/mc	°	kPa	MPa	m/s	-
1	+25 ÷ +23	19	28	0	10	-	0.3
2	+23 ÷ TOP***	18.5	34	0	20-30	300	0.3

Unità	Descrizione	Prof top	γ	ϕ	c'	E	Vs	v	σ_{cm}
-	-	m TOP*	kN/mc	°	kPa	MPa	m/s	-	MPa
2	Ghiaia eterometrica, talora sabbiosa e limosa	0	18.5	34	0	30-50 per z<10m TOP 50 per z>10m TOP	300	0.3	-
SPM	Alternanza di calcari e dolomie grigie di San Pietro	15**	28	33	400	2500	1000	0.2	9

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

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

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

5.1 Profondità della falda

Ai fini dell'analisi dell'opera non si è considerata la presenza della falda idrica in quanto il livello di falda è posto al di sotto del piano di fondazione dell'opera.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	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 Pesi 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: $\gamma_{c.a.} = 25.00 \text{ kN/m}^3$

Rilevato: $\gamma_{ril} = 20.00 \text{ kN/m}^3$

6.2 Permanenti non strutturali

Per il peso dei carichi permanenti in copertura è stato considerato uno spessore di 10 cm di massetto delle pendenze.

6.3 Carichi mobili

Non sono stati considerati carichi mobili al di sopra della soletta dello scatolare.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

6.4 Azione del sisma

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

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

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

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

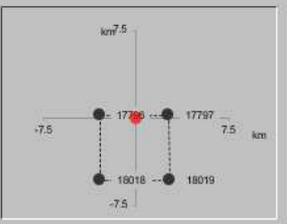
Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo:

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

Interpolazione:

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

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

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

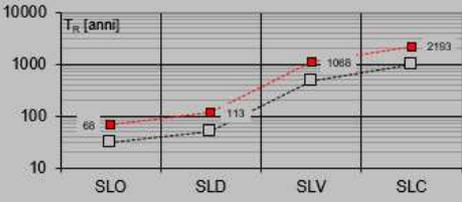
Stati limite di esercizio - SLE { SLO - $P_{VR} = 81\%$ info
SLD - $P_{VR} = 63\%$ info

Stati limite ultimi - SLU { SLV - $P_{VR} = 10\%$ info
SLC - $P_{VR} = 5\%$ info

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

----- Strategia per costruzioni ordinarie - - - - - Strategia a colla

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.121 g
F_g	2.514
T_C	0.306 s
S_B	1.200
C_C	1.394
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.142 s
T_C	0.427 s
T_D	2.086 s

6.5 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

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

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.

6.6 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:

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

6.7 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.

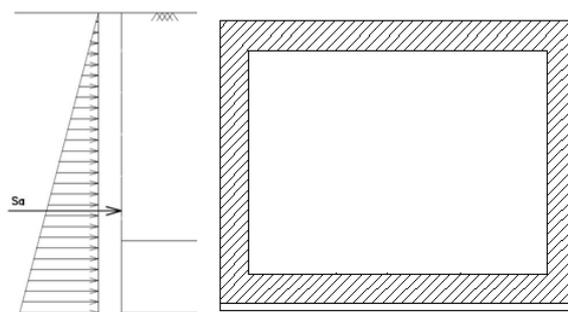


Figura 6.1 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

6.8 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.

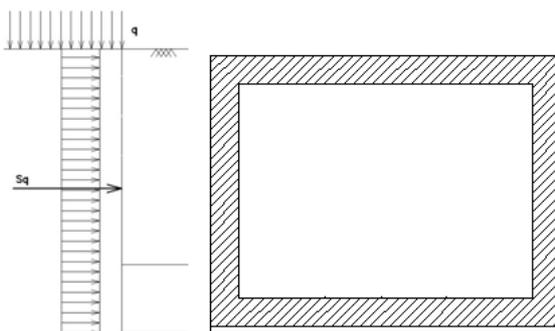


Figura 6.2– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

6.9 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 $H/2$.

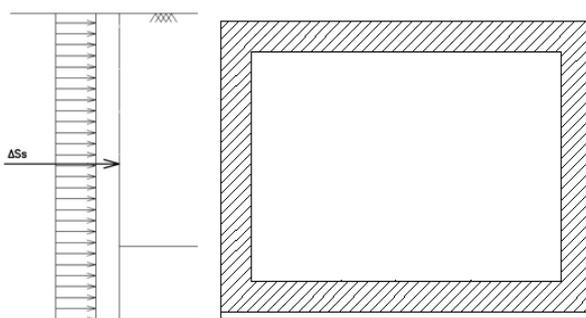


Figura 6.3– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

		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	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

8. VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

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

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione

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

8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

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

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

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

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

- Resistenza di progetto a "taglio trazione":

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

- Resistenza di progetto a "taglio compressione":

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

Nelle espressioni precedenti i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

A_{s1} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

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

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

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

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

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

s è il passo delle staffe;

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 ($\nu=0.5$);

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

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	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:

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

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

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

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A	FOGLIO 20 di 62

9. VERIFICHE GEOTECNICHE

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

10. ANALISI STRUTTURALE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del SAP2000, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento.

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità \emptyset dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria ortogonale all'asse longitudinale dello scatolare, ipotizzando una coerente disposizione delle armature di forza trasversali.

Convenzione assi

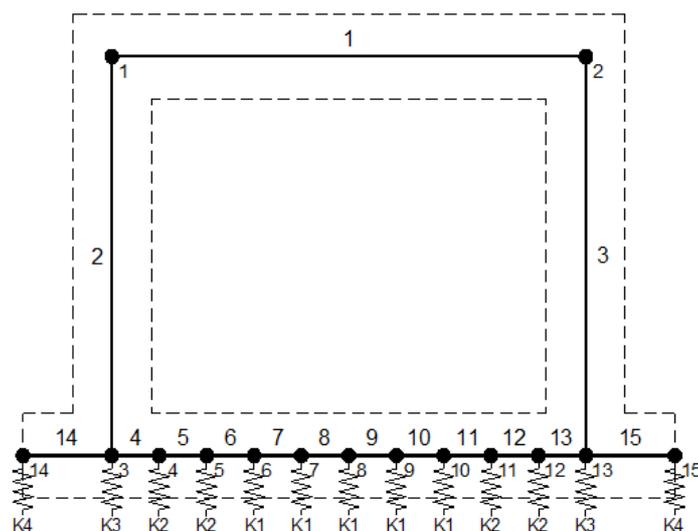
x = asse trasversale dello scatolare

y = asse longitudinale dello scatolare

z = asse verticale dello scatolare

10.1 Modellazione strutturale : Scatolare

Il modello di calcolo attraverso il quale viene discretizzata la struttura è quello di telaio chiuso. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione vengono inserite molle alla Winkler.



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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

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

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

Per la rigidezza delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale Kw pari a 1232 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:

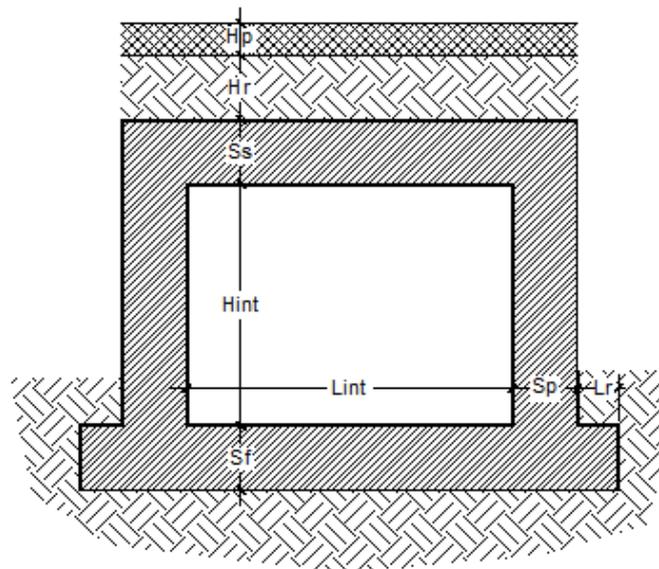
Rigidezze molle verticali				
Modulo elastico del terreno	E _t		10.00	N/mm ²
Coefficiente di Poisson	v		0.25	-
Larghezza della fondazione	B	B = L _r +S _p +L _{int} +S _p +L _r	11.15	m
Lato maggiore della fondazione	L		9.66	m
Fattore di forma	c _t		0.78	-
Terreno di fondazione - Costante di sottofondo	K _w	K _w = E _t /(1-ν ²)*B*c _t	1232	kN/m ³
Interasse molle	i	i = (S _p /2+L _{int} +S _p /2)/10	1.01	m
Molle centrali	K1	K ₁ = K _w *i	1 243	kN/m
Molle intermedie	K2	K ₂ = 1.50*K _w *i	1 865	kN/m
Molle laterali	K3	K ₃ = 2.00*K _w *(i/2+S _p /2)	2 549	kN/m
Molle rivolto	K4	K ₄ = 1.50*K _w *L _r	0	kN/m

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

10.2 Analisi dei carichi

Geometria

Caratteristiche materiali e terreno				
Calcestruzzo armato - Peso specifico	γ		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}	$0.83 \cdot 40 =$	33.2	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E		33600	N/mm ²
Balast - Peso specifico	γ_b		18	kN/m ³
Terreno del rilevato - Peso specifico	γ		20	kN/m ³
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ		38	°
Terreno di riempimento laterale - Peso specifico	γ		19.0	kN/m ³
Terreno di riempimento laterale - Angolo di attrito	φ		28	°
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			aggressive	
Ricoprimento				
Spessore del rinterro	H_r		0.10	m
Geometria				
Spessore soletta superiore	S_s		1.00	m
Spessore soletta di fondazione	S_f		1.00	m
Spessore piedritti	S_p		1.06	m
Altezza netta	H_{int}		5.75	m
Larghezza netta	L_{int}		9.03	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L_r		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L		9.66	m



Tab. 4: Geometria del modello

Azioni elementari applicate

Carichi permanenti (Condizione <i>PERM</i>)				
Soletta superiore				
Peso del rinterro	Pr	$0.10 \cdot 20 =$	2.00	kN/m ²
Totale	(Pr+Ps)*r		2.21	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
Azione termica (Condizione <i>TERM</i>)				
Variazione termica uniforme	ΔT_U		15	°
Variazione termica a farfala	ΔT_F		5	°
Variazione termica uniforme di calcolo	ΔT_{U*}	$15 / 2 =$	7.50	°
Variazione termica a farfala di calcolo	ΔT_{F*}	$5 / 2 =$	2.50	°
Ritiro (Condizione <i>RITIRO</i>)				
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		28.00	°
Coefficiente di spinta a riposo	K_0	$K_0 = [1 - \text{sen}(\phi_s)] \cdot \text{OCR}^m$	0.53	-
Angolo di attrito terreno-muro	δ		18.6667	°
Inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale	β		0	°
Inclinazione piedritto rispetto alla verticale	α		90	°
Coefficiente di spinta attiva	K_a		0.32	-
Spinta del terreno (Condizioni <i>SPTSX</i> e <i>SPTDX</i>)				
K01		$1 - \text{sen}(38^\circ) =$	0.384	
K02		$1 - \text{sen}(28^\circ) =$	0.531	
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.384 \cdot 2.00 =$	0.77	kN/m ²
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.384 \cdot (2.00 + 20 \cdot 1.00/2) =$	4.61	kN/m²
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.531 \cdot [2.00 + 20 \cdot (1.00 + 5.75 + 1.00/2)] =$	74.14	kN/m²
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.531 \cdot [2.00 + 20 \cdot (1.00 + 5.75 + 1.00)] =$	79.18	kN/m ²
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(0.77 + 4.61)/2 \cdot 1.00/2$	1.35	kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(74.14 + 79.18)/2 \cdot 1.00/2$	38.33	kN/m

Sisma orizzontale (Condizione <i>SISMAH</i>)					
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			0.121	
Amplificazione spettrale	F_o			2.514	
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	$a_{max}/g = a_g/g \cdot S$			0.145	
Fattore di struttura	q			1.00	
Coeff. sismico orizzontale	$k_h = a_{max}/g$			0.145	
Coeff. sismico verticale	$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$			0.073	
Carico accidentale totale gravante sulla cop.		$1.1 \cdot 1000 / (3.56 \cdot 6.40) \cdot 6.40 + 1.1 \cdot 80 / 3.56 \cdot 11.15 =$		585.2	kN/m
Forza orizz. sulla sol. di cop.	FH_s	$0.145 \cdot (1.00 \cdot 25 + 2.21 + 0.2 \cdot 585.2 / 10.09) / 1.00 =$		5.64	kN/m ²
Forza orizz. sui piedritti	FH_p	$0.145 \cdot (1.06 \cdot 25) / 1.00 =$		3.85	kN/m ²
Sisma verticale (Condizione <i>SISMAV</i>)					
Forza vert. sulla sol. di cop.	FV_s	$0.073 \cdot (1.00 \cdot 25 + 2.21 + 0.2 \cdot 585.2 / 10.09) / 1.00 =$		2.82	kN/m ²
Spinta del terreno in fase sismica (Condizione <i>SPSDX</i>)					
Risultante della spinta sismica	ΔS_E	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.145 \cdot 20 \cdot 7.$		179.0	kN/m
Pressione risultante	Δp_E	$= \Delta S_E / H = 179.0 / 6.75$		26.51	kN/m ²

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

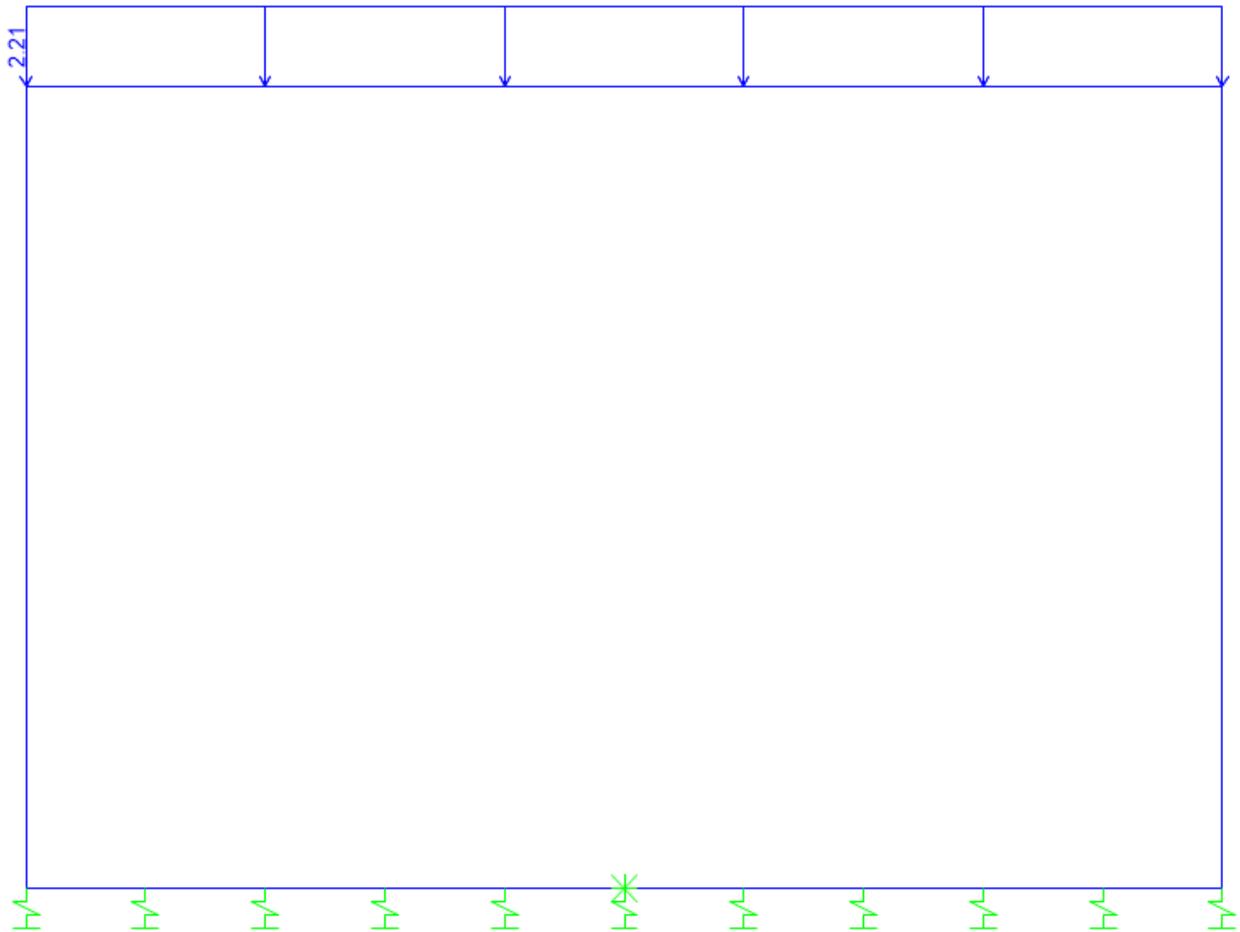


Figura 4: Condizione di carico PERM (kN/m/m)

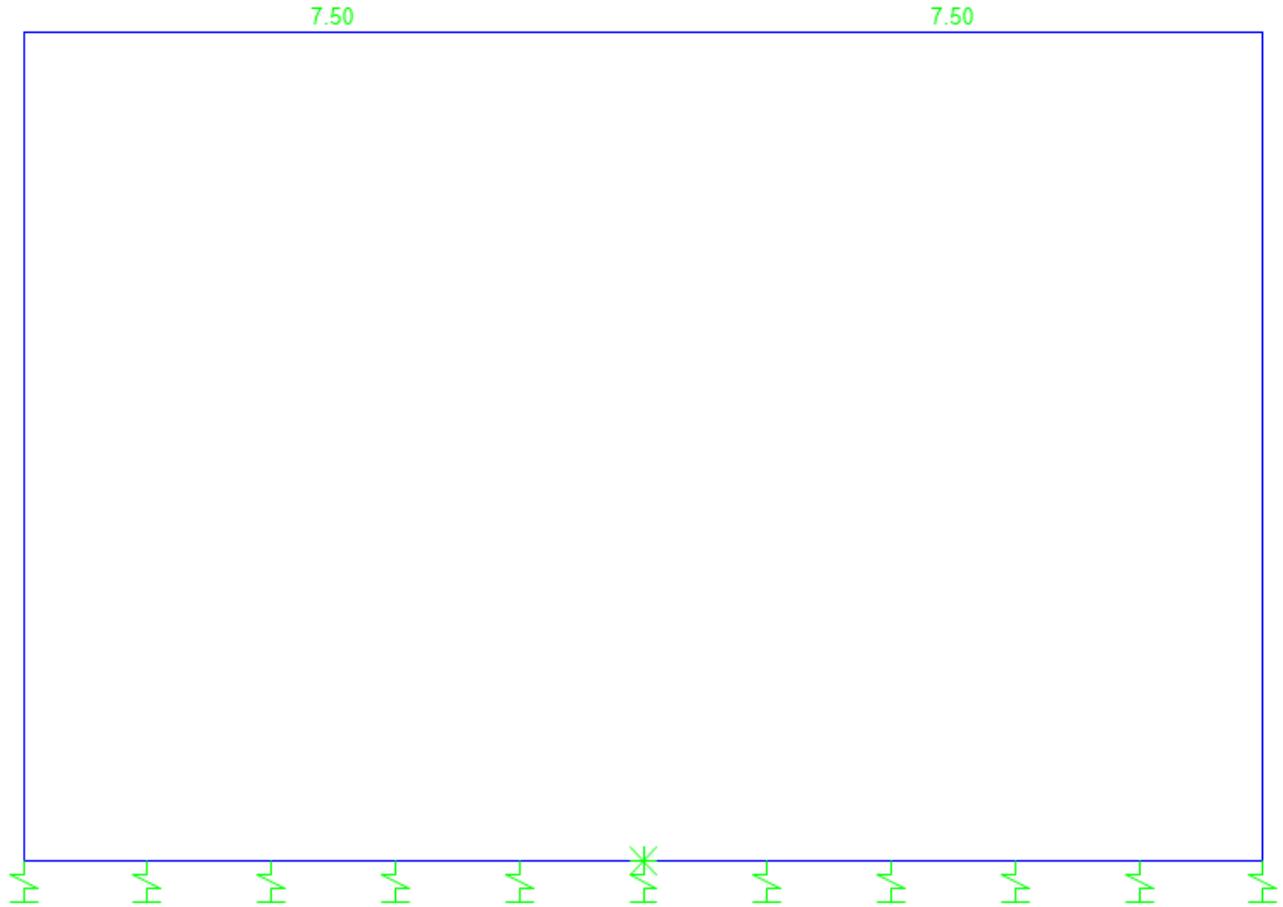


Figura 5: Condizione TERM (°C)

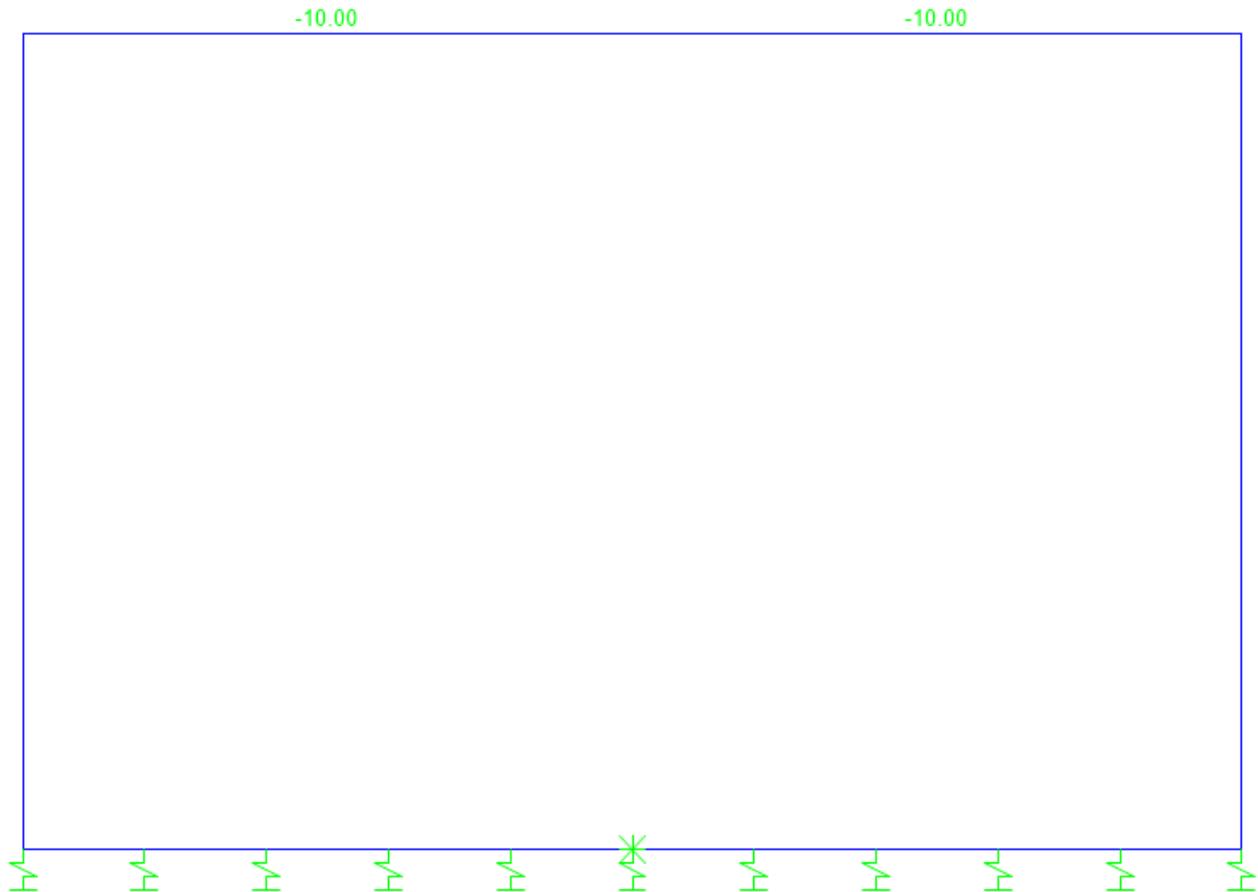


Figura 6: Condizione RITIRO (°C)

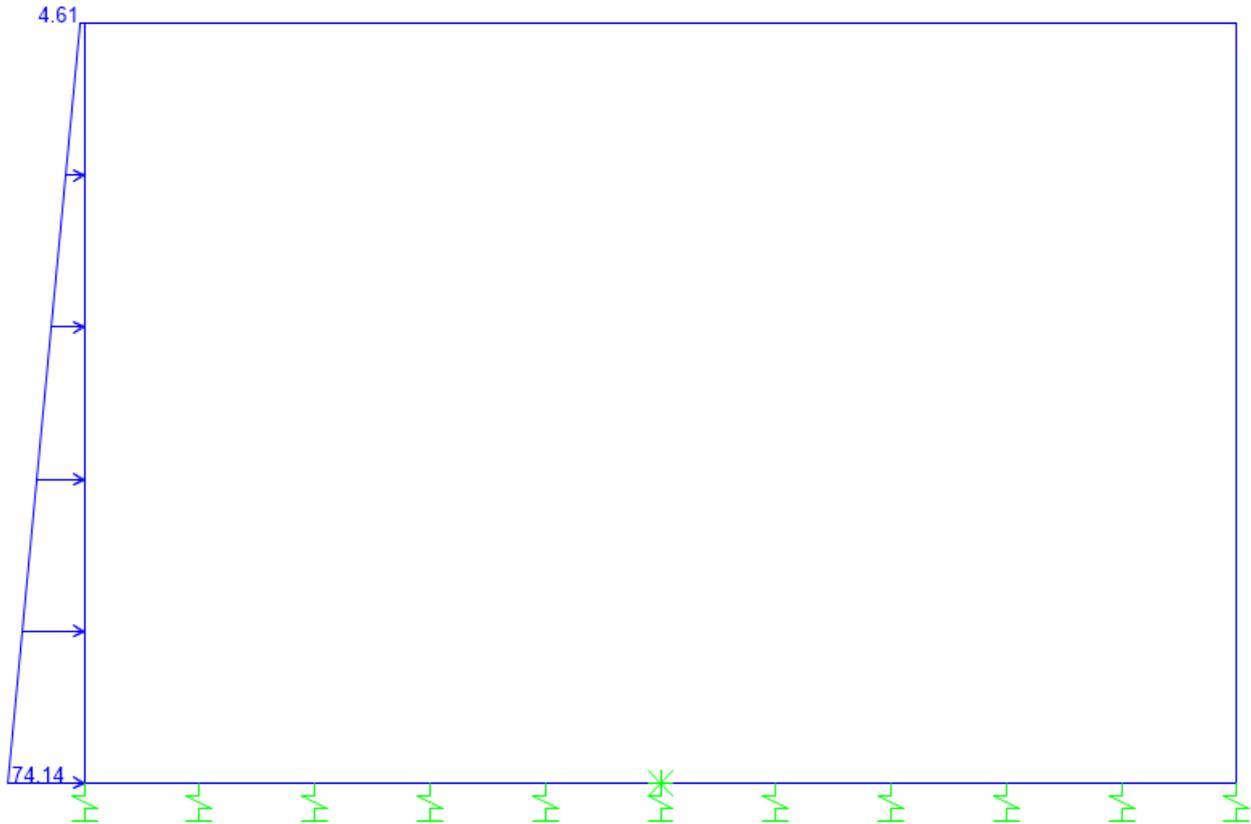


Figura 7: Condizione SPTSX (kN/m/m)

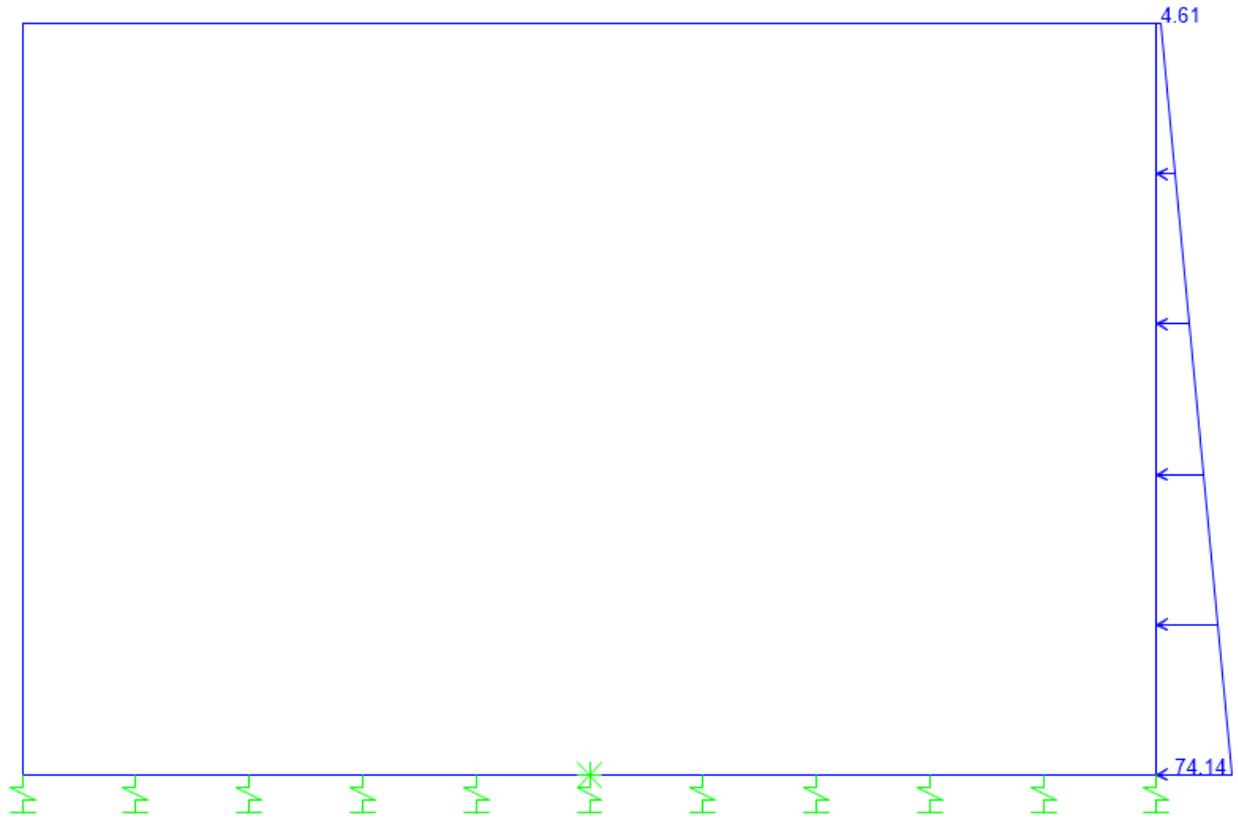


Figura 8: Condizione SPTDX (kN/m/m)

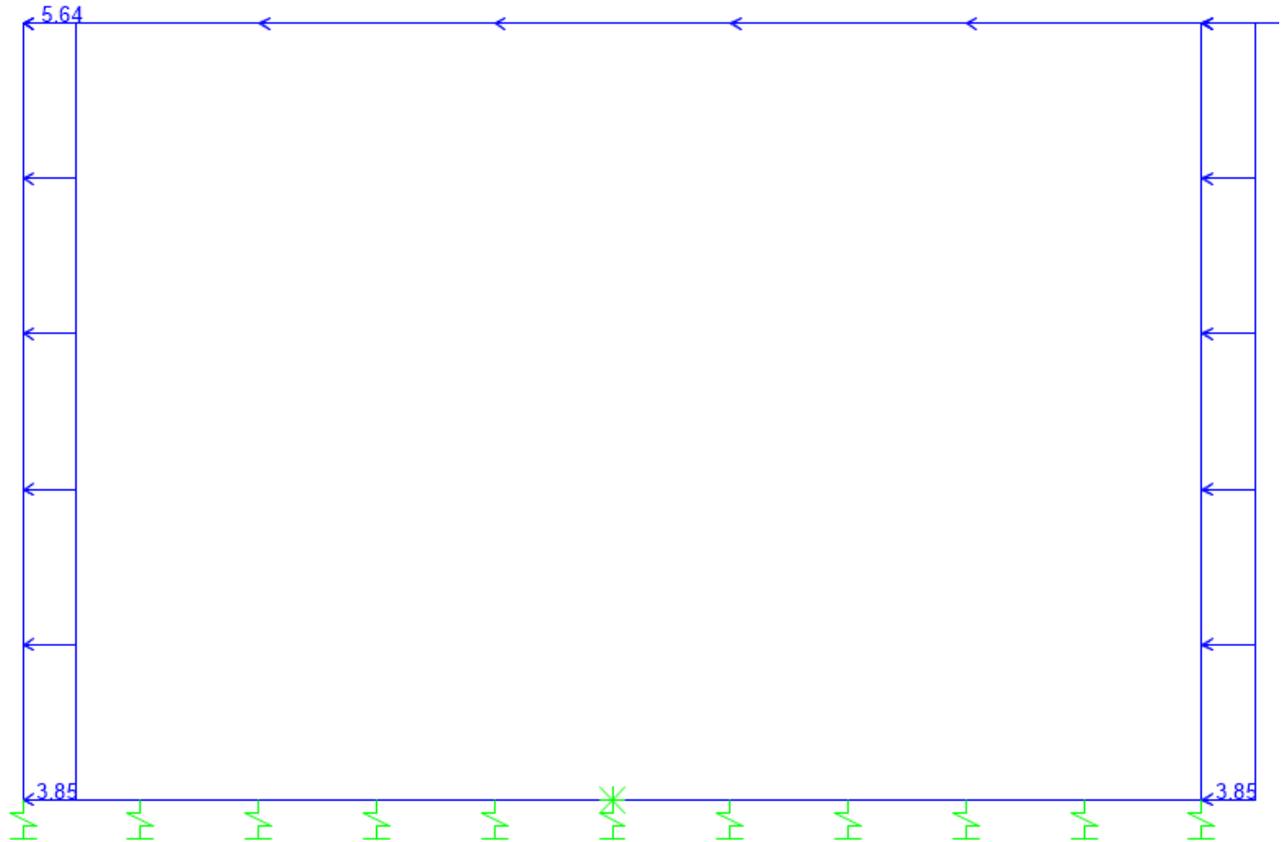


Figura 9: Condizione SISMAH (kN/m/m)

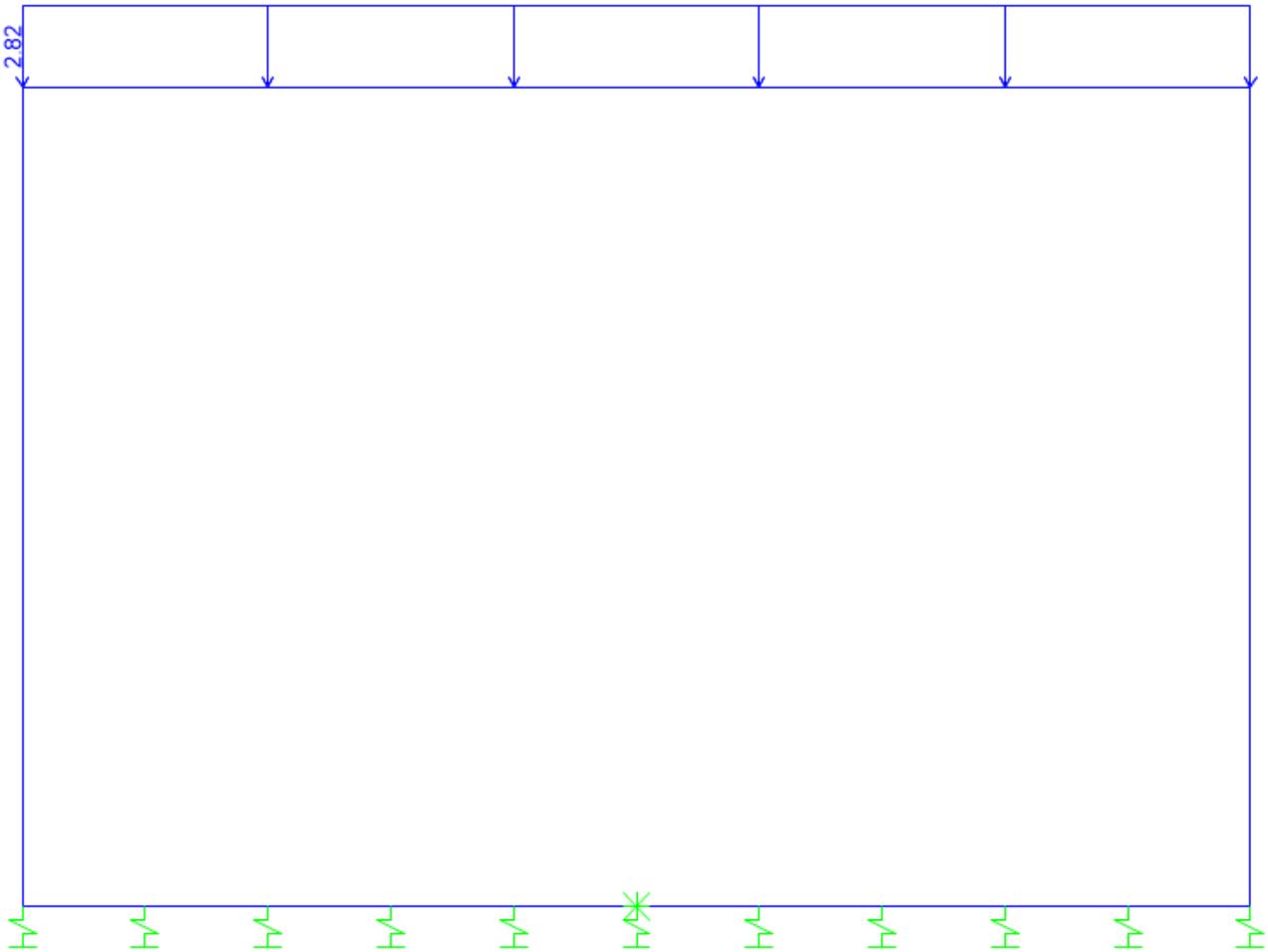


Figura 10: Condizione SISMAV (kN/m/m)

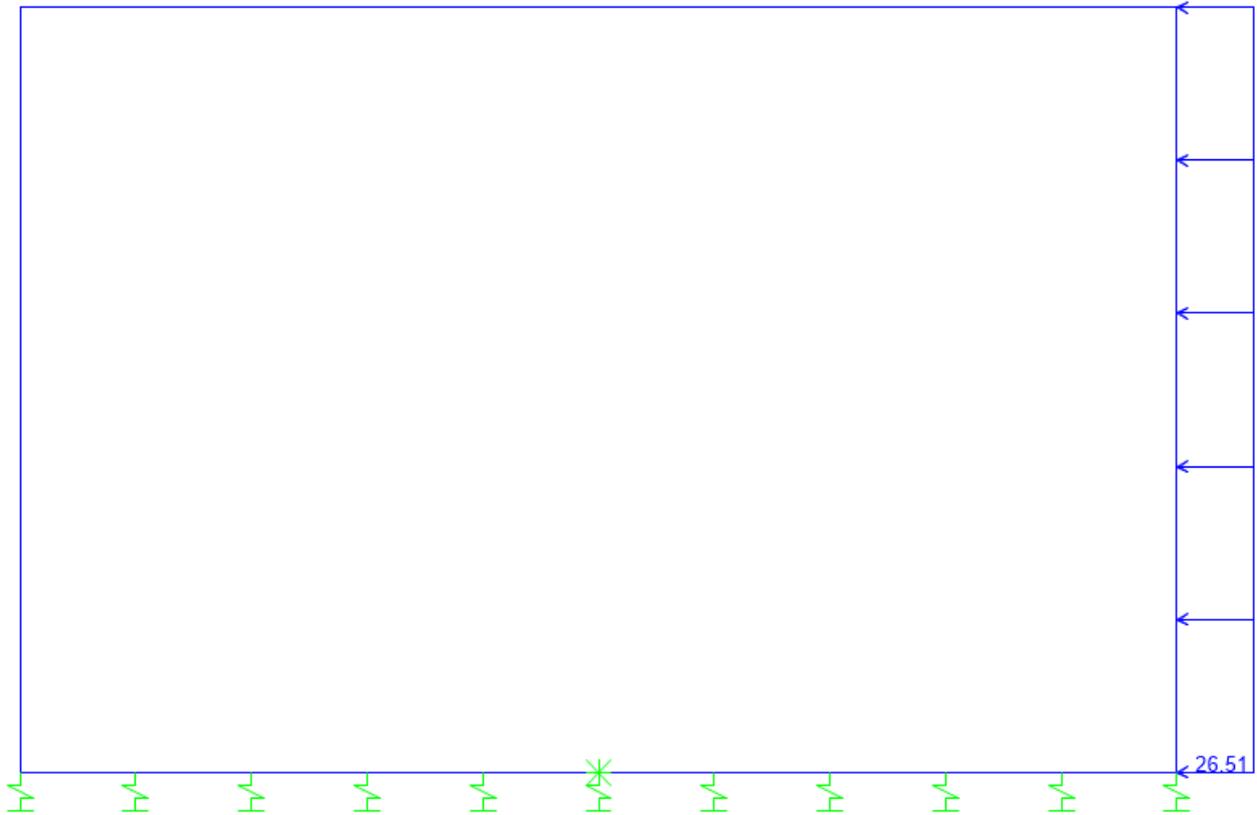


Figura 11: Condizione SPSDX (kN/m^2)

10.3 Combinazioni

N	PERM	PERM-Q2	ACC-M71	ACC-T71	AVV	SPTSX	SPTDX	SPOSX71	SPQDX71	TERM	RITIRO	SISMAH	SISMAV	SPSDX	ACC-SW	SPOSXSW	SPQDXSW	
01	01S1-11M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	0	0	
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

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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

10.4 Sollecitazioni

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

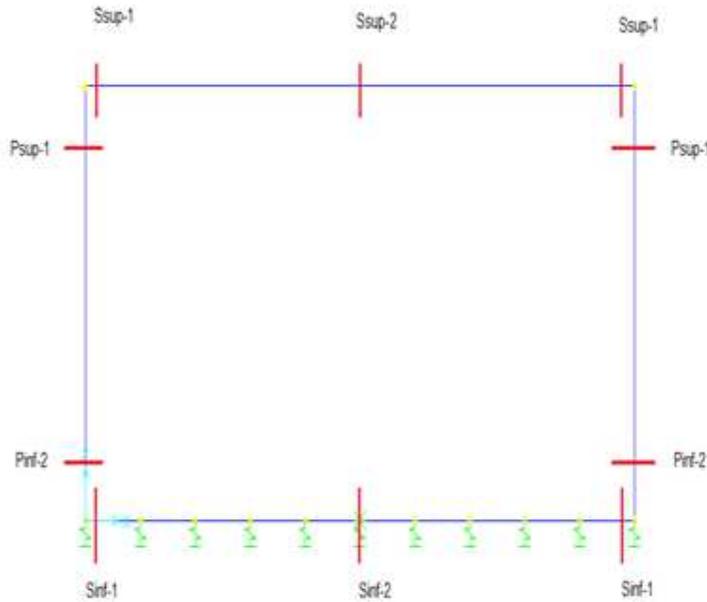


Figura 10.12 - Sezioni di verifica

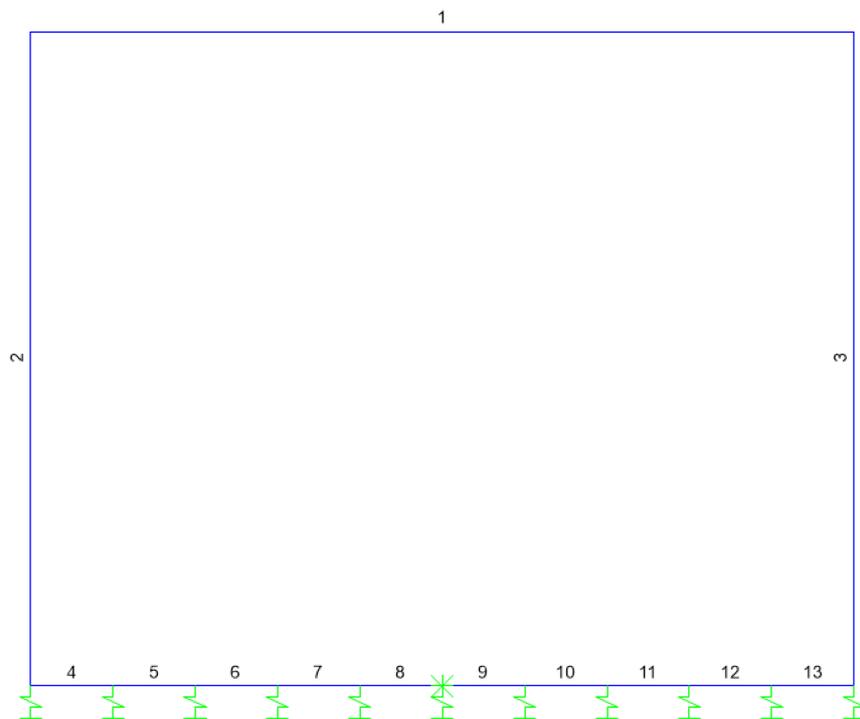


Figura 10.13 - Nomenclatura frame

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

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

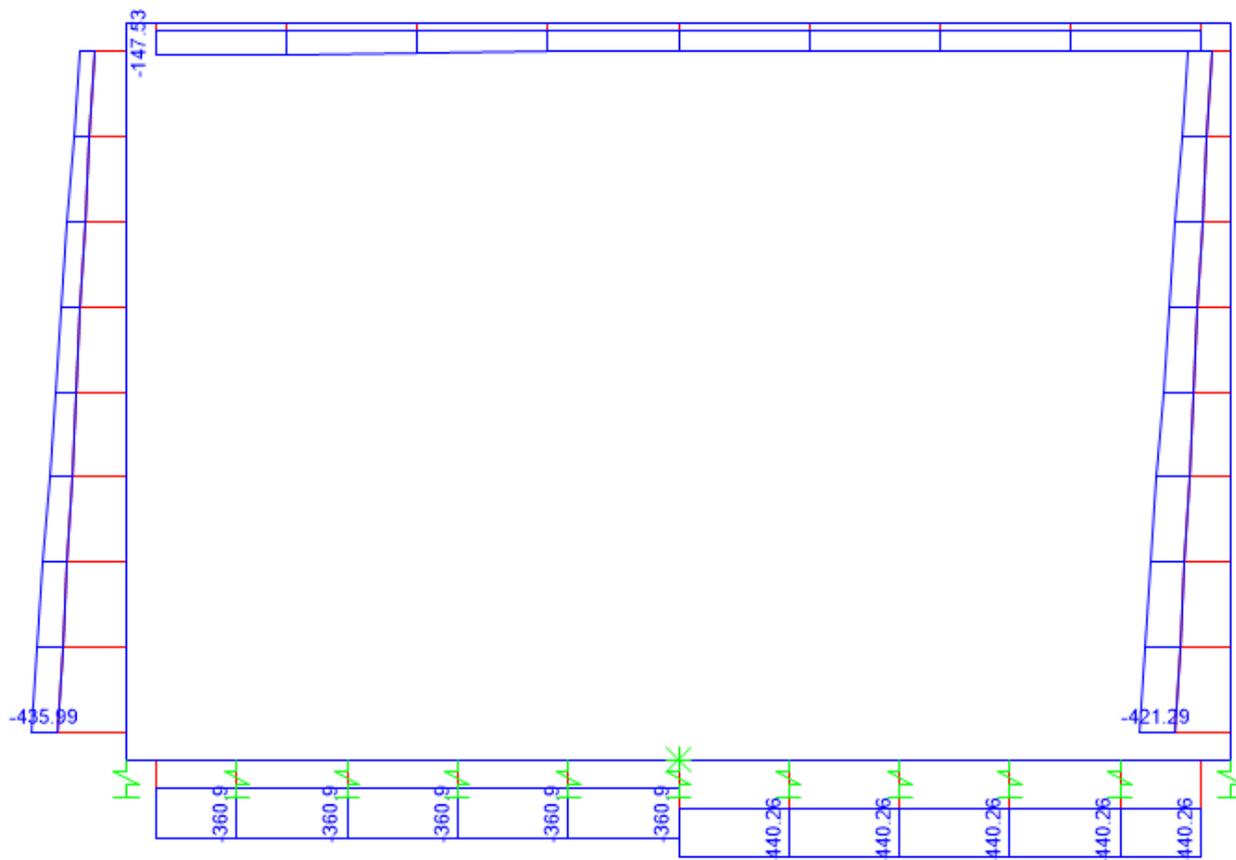


Figura 10.14 - Sforzo Normale – Involuppo SLU (KN)

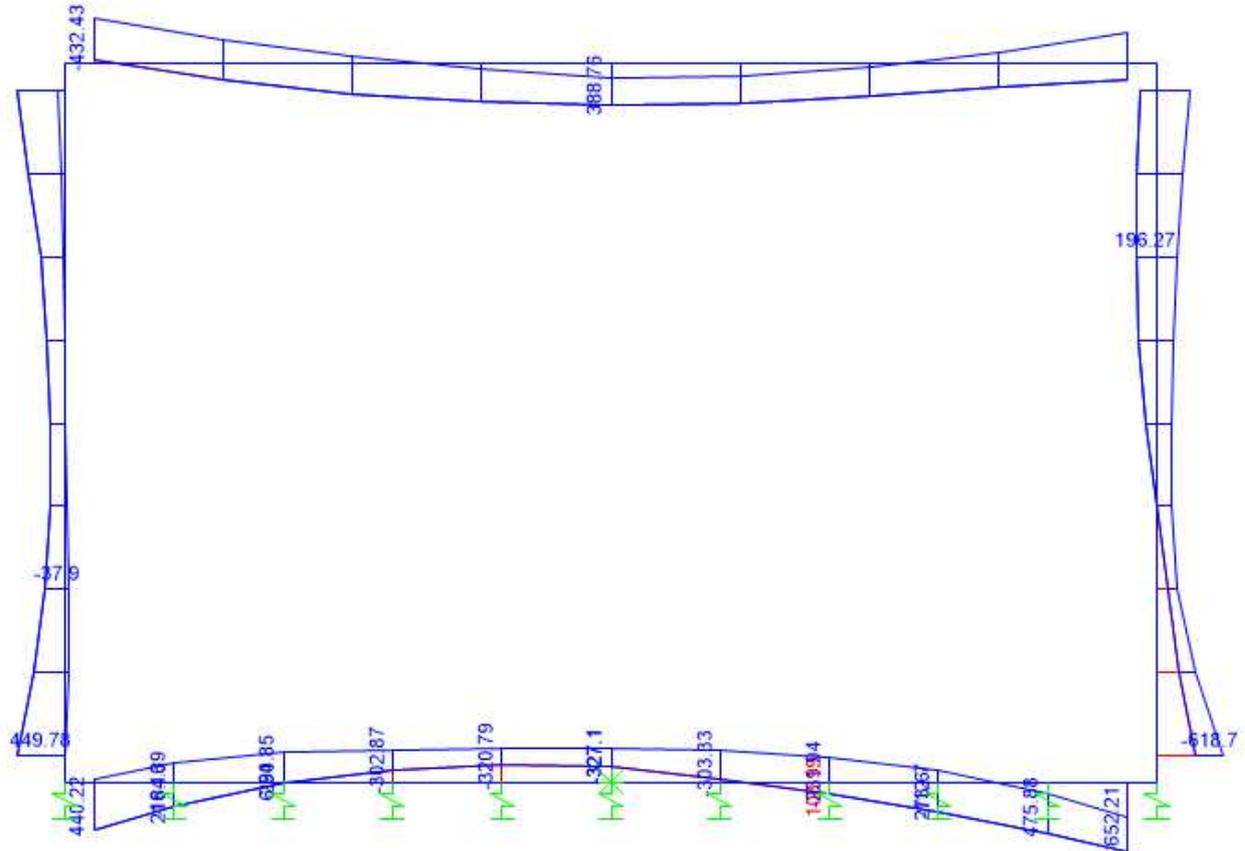


Figura 10.15 - Momento flettente – Inviluppo SLU (KNm)

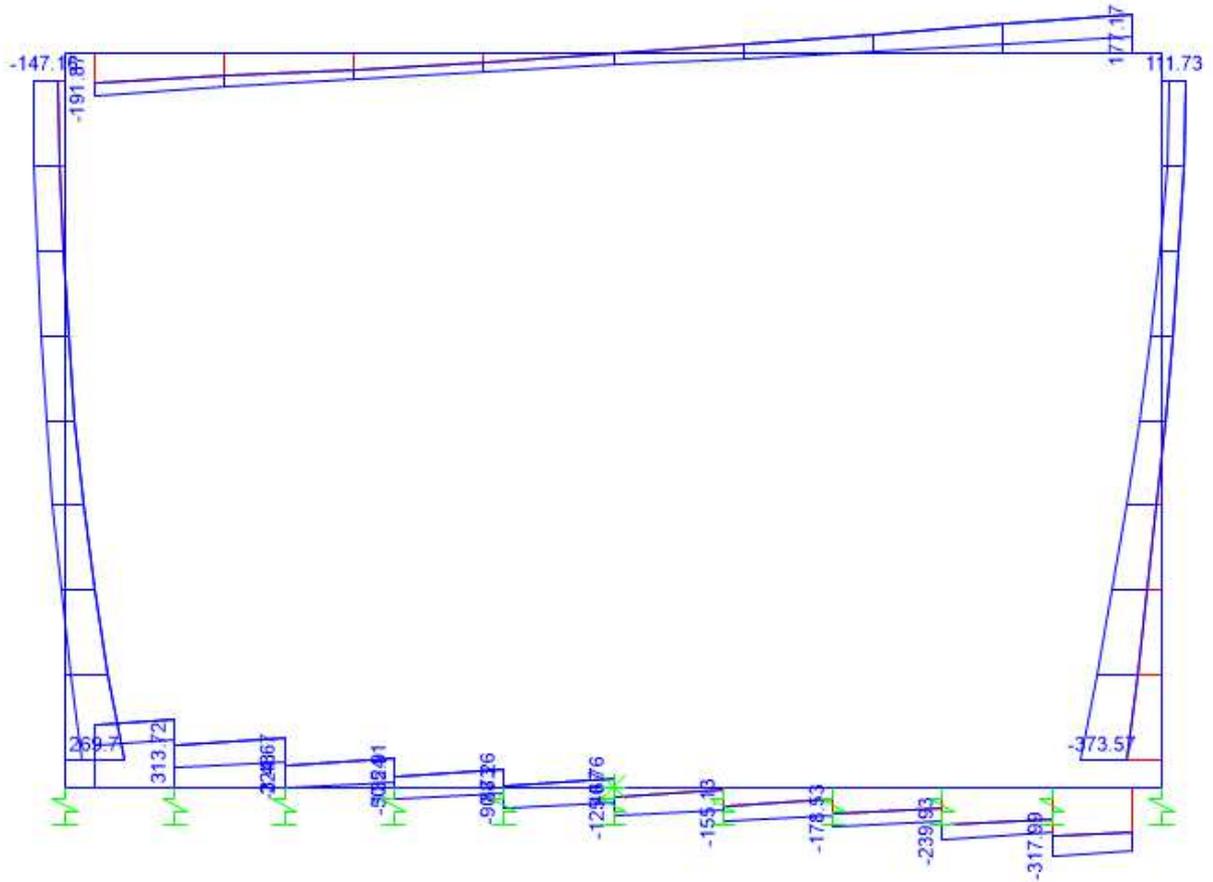


Figura 10.16 - Taglio – Involuppo SLU (kN)

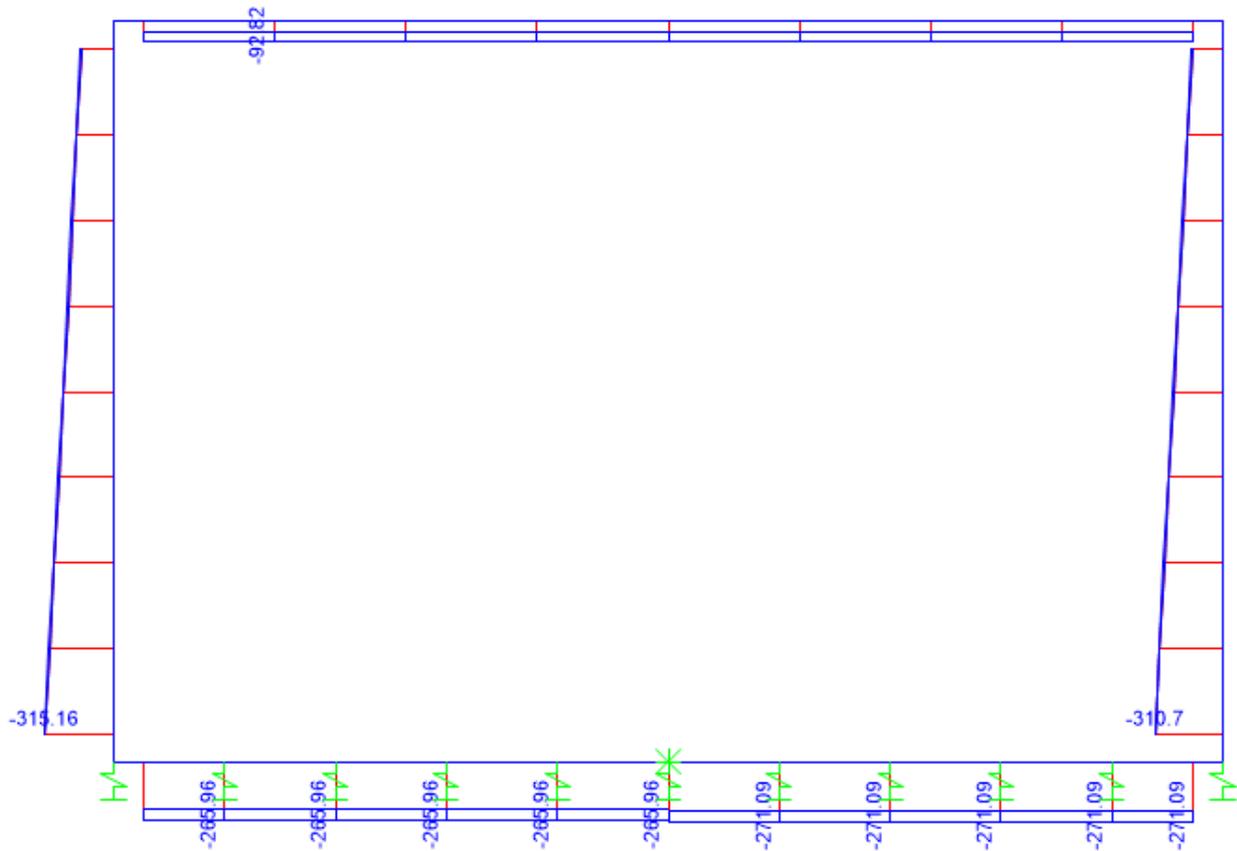


Figura 10.17 - Sforzo Normale – Involuppo SLE – Rara (kN)

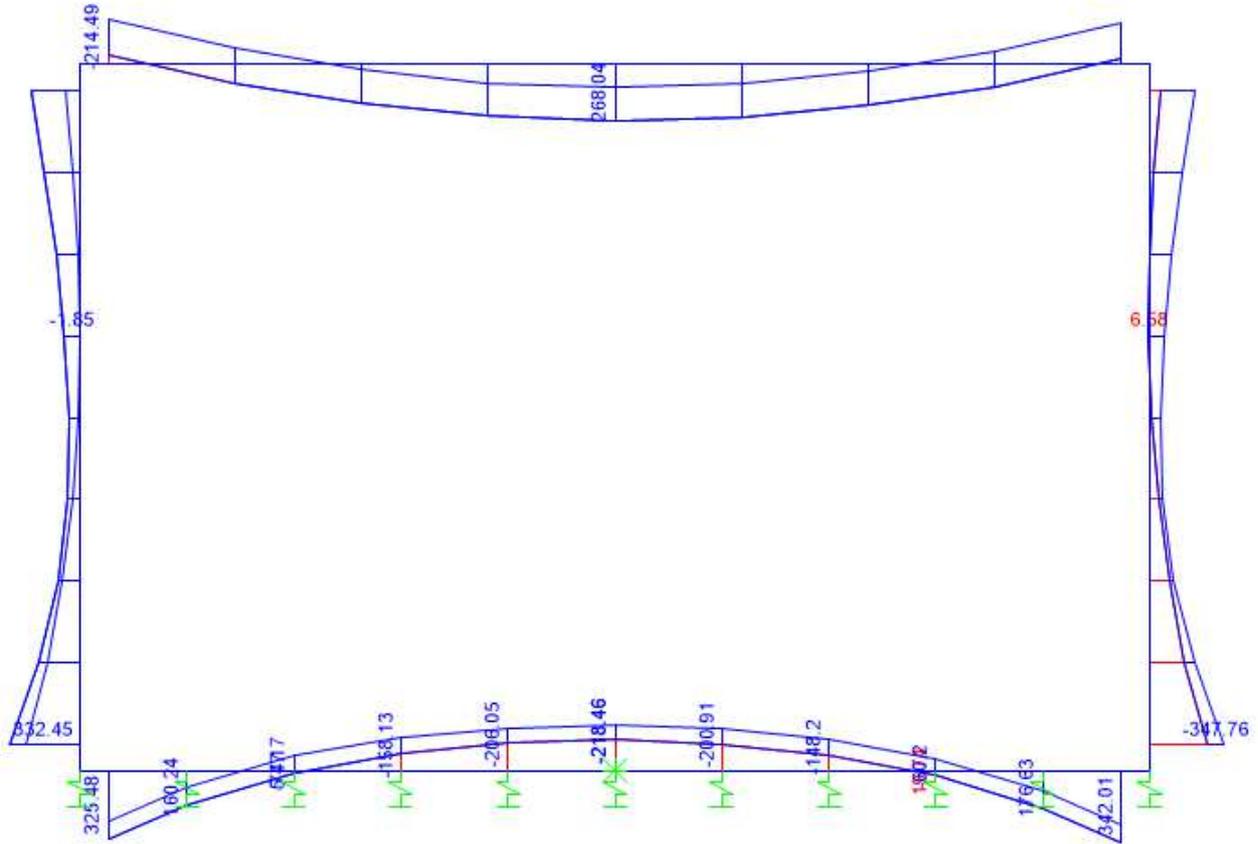


Figura 10.18 - Momento flettente – Inviluppo SLE – Rara (kNm)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

10.5 Verifiche strutturali

10.5.1 Riepilogo armature

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

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

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
	$\epsilon_{y,d} = 0.00191$

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	$d' = 8.4$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 91.6$ cm

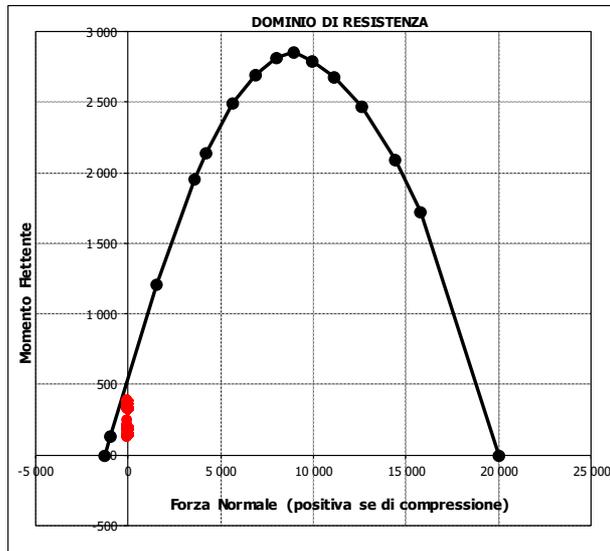
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		0.00	cm ²
15.71 cm²			

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		0.00	cm ²
15.71 cm²			

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Nmax)		
(Nmin)		
(Mmax)	40S1T21M	0 389
(Mmin)	74SSS4--	0 127

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	203	44S1T23M	0	380
02S1-11T	0	203	45S1T23T	0	380
03S1-12M	0	185	46S1T24-	0	370
04S1-12T	0	185	47S1T25-	0	380
05S1-13M	0	194	48S1T26S	0	389
06S1-13T	0	194	49S1T27S	0	370
07S1-14-	0	185	50S1T28S	0	380
08S1-15-	0	194	51S1T29S	0	370
09S1-16S	0	203	52S1T30S	0	380
10S1-17S	0	185	53S3-11M	0	203
11S1-18S	0	194	54S3-11T	0	203
12S1-19S	0	185	55S3-12M	0	185
13S1-20S	0	194	56S3-12T	0	185
14S1-21M	0	342	57S3-13M	0	194
15S1-21T	0	342	58S3-13T	0	194
16S1-22M	0	324	59S3-14S	0	203
17S1-22T	0	324	60S3-15S	0	185
18S1-23M	0	333	61S3-16S	0	194
19S1-23T	0	333	62S3-21M	0	342
20S1-24-	0	324	63S3-21T	0	342
21S1-25-	0	333	64S3-22M	0	324
22S1-26S	0	342	65S3-22T	0	324
23S1-27S	0	324	66S3-23M	0	333
24S1-28S	0	333	67S3-23T	0	333
25S1-29S	0	324	68S3-24S	0	342
26S1-30S	0	333	69S3-25S	0	324
27S1T11M	0	157	70S3-26S	0	333
28S1T11T	0	157	71SSS1--	0	139
29S1T12M	0	139	72SSS2--	0	128
30S1T12T	0	139	73SSS3--	0	166
31S1T13M	0	148	74SSS4--	0	127
32S1T13T	0	148	75SSS5--	0	217
33S1T14-	0	139	76SSS6--	0	205
34S1T15-	0	148	77SSS7--	0	243
35S1T16S	0	157	78SSS8--	0	204
36S1T17S	0	139	79SSS9S	0	139
37S1T18S	0	148	80SSS10S	0	128
38S1T19S	0	139	81SSS11S	0	166
39S1T20S	0	148	82SSS12S	0	127
40S1T21M	0	389	83SSS13S	0	217
41S1T21T	0	389	84SSS14S	0	205
42S1T22M	0	370	85SSS15S	0	243
43S1T22T	0	370	86SSS16S	0	204



• Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00186$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm^2
f_{ck}	33.2 N/mm^2
γ_c	1.5
f_{ctd}	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	$h = 100 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 8.4 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 91.6 \text{ cm}$

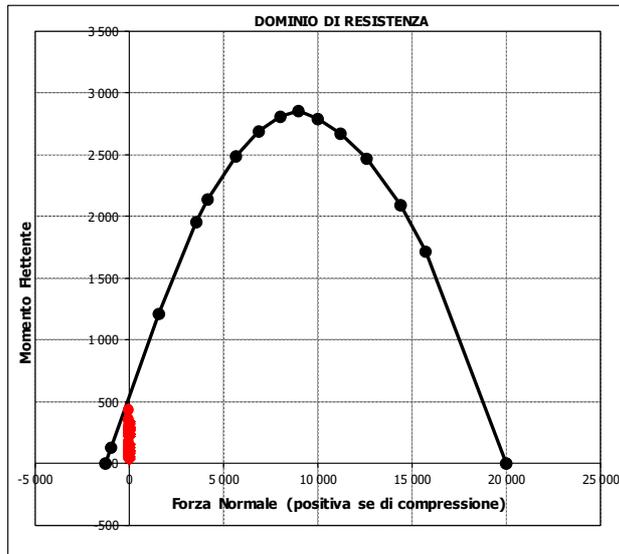
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71 cm^2	
0	0	0.00 cm^2	
		0.00 cm^2	
			15.71 cm^2

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71 cm^2	
0	0	0.00 cm^2	
		0.00 cm^2	
			15.71 cm^2

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Nmax)		
(Nmin)		
(Mmax)	71SSS1--	0 432
(Mmin)	40S1T21M	0 35

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	220	44S1T23M	0	108
02S1-11T	0	220	45S1T23T	0	108
03S1-12M	0	238	46S1T24-	0	53
04S1-12T	0	238	47S1T25-	0	108
05S1-13M	0	300	48S1T26S	0	35
06S1-13T	0	300	49S1T27S	0	53
07S1-14-	0	238	50S1T28S	0	86
08S1-15-	0	300	51S1T29S	0	53
09S1-16S	0	220	52S1T30S	0	86
10S1-17S	0	238	53S3-11M	0	220
11S1-18S	0	273	54S3-11T	0	220
12S1-19S	0	238	55S3-12M	0	238
13S1-20S	0	273	56S3-12T	0	238
14S1-21M	0	81	57S3-13M	0	300
15S1-21T	0	81	58S3-13T	0	300
16S1-22M	0	99	59S3-14S	0	220
17S1-22T	0	99	60S3-15S	0	238
18S1-23M	0	160	61S3-16S	0	273
19S1-23T	0	160	62S3-21M	0	81
20S1-24-	0	99	63S3-21T	0	81
21S1-25-	0	160	64S3-22M	0	99
22S1-26S	0	81	65S3-22T	0	99
23S1-27S	0	99	66S3-23M	0	154
24S1-28S	0	134	67S3-23T	0	154
25S1-29S	0	99	68S3-24S	0	81
26S1-30S	0	134	69S3-25S	0	99
27S1T11M	0	267	70S3-26S	0	133
28S1T11T	0	267	71SSS1--	0	432
29S1T12M	0	285	72SSS2--	0	425
30S1T12T	0	285	73SSS3--	0	255
31S1T13M	0	340	74SSS4--	0	230
32S1T13T	0	340	75SSS5--	0	355
33S1T14-	0	285	76SSS6--	0	348
34S1T15-	0	340	77SSS7--	0	178
35S1T16S	0	267	78SSS8--	0	153
36S1T17S	0	285	79SSS9S	0	429
37S1T18S	0	318	80SSS10S	0	421
38S1T19S	0	285	81SSS11S	0	252
39S1T20S	0	318	82SSS12S	0	226
40S1T21M	0	35	83SSS13S	0	351
41S1T21T	0	35	84SSS14S	0	344
42S1T22M	0	53	85SSS15S	0	174
43S1T22T	0	53	86SSS16S	0	149



- 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	250
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		5
\varnothing_1	mm	20
n_2		-
\varnothing_2	mm	-
A_{sl}	cm ²	15.71

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	100
c	cm	8.4
d	cm	91.6
k	N/mm ²	1.47
v_{min}	N/mm ²	0.36
ρ		0.0017
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	328
V_{Rd}	kN	VERIFICATO

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	1584
V_{RCd}	kN	2674
V_{Rd}	kN	1584
V_{Rd}	kN	VERIFICATO

- Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	268	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'	15.71	cm ²	5 Ø 20 $C_{s1} =$ 8.4 cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{s2} =$ 9.4 cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{i2} =$ 9.4 cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	15.71	cm ²	5 Ø 20 $C_{i1} =$ 8.4 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	3.1	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	199.7	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	17.5	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	10440	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	9148840.521	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	1491899.103	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	443	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	214	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	210000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	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'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = \mathbf{8.4}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \mathbf{9.4}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{i2} = \mathbf{9.4}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{i1} = \mathbf{8.4}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	2.5	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	159.8	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	17.5	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	10440	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	9148840.521	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	1491899.103	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	443	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

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
Coef. 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

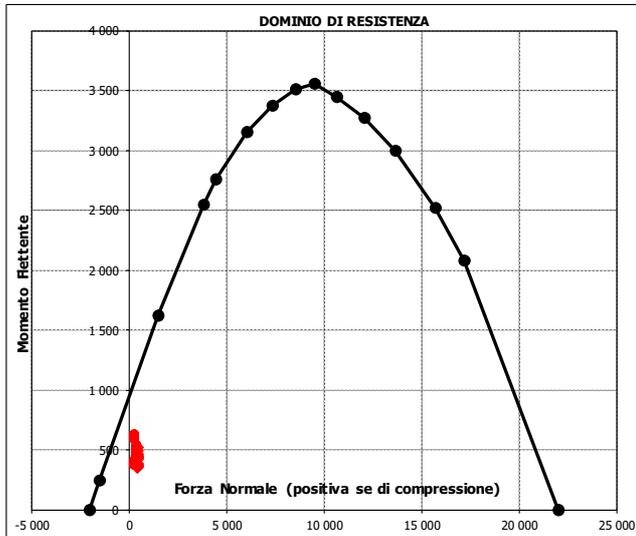
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 106$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 97.3$ cm

Armatura tesa		
N° ferri	Diametro	Area
5	26	26.55 cm ²
0	0	0.00 cm ²
		26.55 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]
(Nmax)	01S1-11M	421	373
(Nmin)	72SSS2--	254	583
(Mmax)	75SSS5--	262	619
(Mmin)	27S1T11M	421	356

Caratteristiche di sollecitazione					
	Comb.	Nsd	Msd		
01S1-11M	421	373	44S1T23M	408	528
02S1-11T	421	373	45S1T23T	408	528
03S1-12M	421	379	46S1T24-	421	450
04S1-12T	421	379	47S1T25-	408	528
05S1-13M	407	464	48S1T26S	421	443
06S1-13T	407	464	49S1T27S	421	450
07S1-14-	421	379	50S1T28S	412	509
08S1-15-	407	464	51S1T29S	421	450
09S1-16S	421	373	52S1T30S	412	509
10S1-17S	421	379	53S3-11M	421	373
11S1-18S	412	440	54S3-11T	421	373
12S1-19S	421	379	55S3-12M	421	379
13S1-20S	412	440	56S3-12T	421	379
14S1-21M	421	426	57S3-13M	407	464
15S1-21T	421	426	58S3-13T	407	464
16S1-22M	421	432	59S3-14S	421	373
17S1-22T	421	432	60S3-15S	421	379
18S1-23M	407	516	61S3-16S	412	440
19S1-23T	407	516	62S3-21M	421	426
20S1-24-	421	432	63S3-21T	421	426
21S1-25-	407	516	64S3-22M	421	432
22S1-26S	421	426	65S3-22T	421	432
23S1-27S	421	432	66S3-23M	408	511
24S1-28S	412	492	67S3-23T	408	511
25S1-29S	421	432	68S3-24S	421	426
26S1-30S	412	492	69S3-25S	421	432
27S1T11M	421	356	70S3-26S	412	492
28S1T11T	421	356	71SSS1--	262	589
29S1T12M	421	362	72SSS2--	254	583
30S1T12T	421	362	73SSS3--	309	392
31S1T13M	408	440	74SSS4--	280	369
32S1T13T	408	440	75SSS5--	262	619
33S1T14-	421	362	76SSS6--	254	612
34S1T15-	408	440	77SSS7--	309	421
35S1T16S	421	356	78SSS8--	280	398
36S1T17S	421	362	79SSS9S	263	586
37S1T18S	412	421	80SSS10S	255	579
38S1T19S	421	362	81SSS11S	309	388
39S1T20S	412	421	82SSS12S	281	366
40S1T21M	421	443	83SSS13S	263	615
41S1T21T	421	443	84SSS14S	255	609
42S1T22M	421	450	85SSS15S	309	418
43S1T22T	421	450	86SSS16S	281	395



• 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

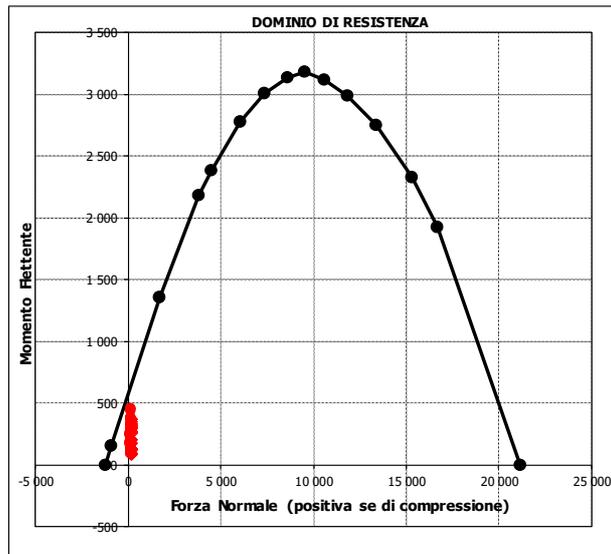
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	h = 106 cm
Base della sezione	b = 100 cm
Copriferro	d' = 8.4 cm
Altezza utile della sezione	d = 97.6 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm ²
0	0	0.00	cm ²
			15.71 cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm ²
0	0	0.00	cm ²
			15.71 cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	05S1-13M	212	-328
(Nmin)	82SS12S	146	-239
(Mmax)	71SSS1--	202	446
(Mmin)	40S1T21M	198	75

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	198	251	44S1T23M	211	146
02S1-11T	198	251	45S1T23T	211	146
03S1-12M	198	261	46S1T24-	198	85
04S1-12T	198	261	47S1T25-	211	146
05S1-13M	212	328	48S1T26S	198	75
06S1-13T	212	328	49S1T27S	198	85
07S1-14-	198	261	50S1T28S	207	125
08S1-15-	212	328	51S1T29S	198	85
09S1-16S	198	251	52S1T30S	207	125
10S1-17S	198	261	53S3-11M	198	251
11S1-18S	207	301	54S3-11T	198	251
12S1-19S	198	261	55S3-12M	198	261
13S1-20S	207	301	56S3-12T	198	261
14S1-21M	198	119	57S3-13M	212	328
15S1-21T	198	119	58S3-13T	212	328
16S1-22M	198	129	59S3-14S	198	251
17S1-22T	198	129	60S3-15S	198	261
18S1-23M	212	196	61S3-16S	207	301
19S1-23T	212	196	62S3-21M	198	119
20S1-24-	198	129	63S3-21T	198	119
21S1-25-	212	196	64S3-22M	198	129
22S1-26S	198	119	65S3-22T	198	129
23S1-27S	198	129	66S3-23M	211	190
24S1-28S	207	170	67S3-23T	211	190
25S1-29S	198	129	68S3-24S	198	119
26S1-30S	207	170	69S3-25S	198	129
27S1T11M	198	295	70S3-26S	207	169
28S1T11T	198	295	71SSS1--	202	446
29S1T12M	198	305	72SSS2--	193	436
30S1T12T	198	305	73SSS3--	176	275
31S1T13M	211	365	74SSS4--	147	242
32S1T13T	211	365	75SSS5--	202	373
33S1T14-	198	305	76SSS6--	193	363
34S1T15-	211	365	77SSS7--	176	202
35S1T16S	198	295	78SSS8--	147	169
36S1T17S	198	305	79SSS9S	201	442
37S1T18S	207	344	80SSS10S	193	433
38S1T19S	198	305	81SSS11S	175	271
39S1T20S	207	344	82SSS12S	146	239
40S1T21M	198	75	83SSS13S	201	369
41S1T21T	198	75	84SSS14S	193	359
42S1T22M	198	85	85SSS15S	175	198
43S1T22T	198	85	86SSS16S	146	166



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura a taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd2}$ la verifica è soddisfatta.

Calcestruzzo		Sollecitazioni		Piedritto	
Tipo	C32/40	V_{Ed}	kN		374
R_{ck}	40 N/mm ²	N_{Ed}	kN		0
f_{ck}	33.2 N/mm ²	Armatura a taglio			
γ_c	1.5	Diametro	mm		10
α_{cc}	0.85	Numero barre			5
f_{cd}	18.8 N/mm ²	A_{sw}	cm ²		3.93
Acciaio		Passo s	cm		20
f_{tk}	540 N/mm ²	Angolo α	°		90
f_{yk}	450 N/mm ²	Armatura longitudinale			
γ_s	1.15	n_1			5
f_{yd}	391 N/mm ²	\varnothing_1	mm		26
		n_2			-
		\varnothing_2	mm		-
		Asl	cm ²		26.55
		Sezione			
		b_w	cm		100
		H	cm		106
		c	cm		8.7
		d	cm		97.3
		k	N/mm ²		1.45
		v_{min}	N/mm ²		0.35
		ρ			0.0027
		σ_{cp}	N/mm ²		0.00
		α_c			1.00
		Resistenza senza armatura a taglio			
		V_{Rd}	kN		354
		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		1682
		V_{RCd}	kN		2840
		V_{Rd}	kN		1682
		V_{Rd}	kN		VERIFICATO

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	348	kN m
Sforzo normale	N	485	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_{amm}	337.5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	106	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	$C_{i2} = \mathbf{10.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	26.55	cm ²	5 Ø 26	$C_{i1} = \mathbf{8.7}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	2.9	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	66.8	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	71.7	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	18.7	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	38.8	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	11343	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	11488048.08	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	3665004.033	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	618	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	229	kN m
Sforzo normale	N	223	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_{amm}	337.5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	106	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = \mathbf{8.4}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \mathbf{9.4}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{i2} = \mathbf{9.4}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{i1} = \mathbf{8.4}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	2.4	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	94.5	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	103.1	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	50.1	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	27.2	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	11040	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	10862502.9	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	1922484.28	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	538	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

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_{dk}	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	$d' = 8.4$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 91.6$ cm

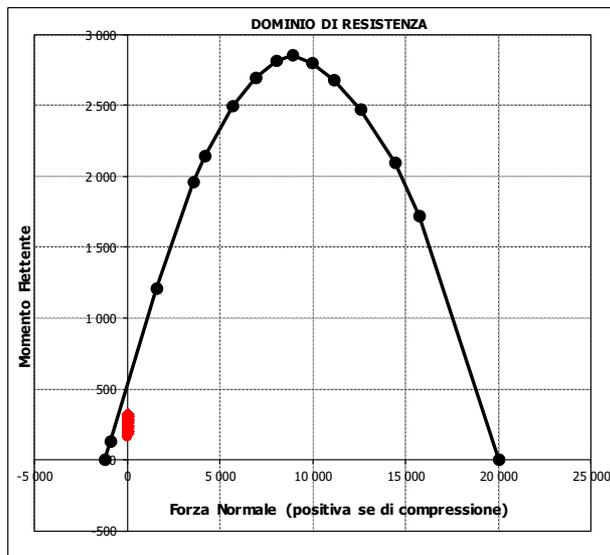
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm ²
0	0	0.00	cm ²
			15.71 cm ²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm ²
0	0	0.00	cm ²
			15.71 cm ²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)			
(Nmin)			
(Mmax)	31S1T13M	0	321
(Mmin)	78SS8--	0	162

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	284	44S1T23M	0	223
02S1-11T	0	284	45S1T23T	0	223
03S1-12M	0	264	46S1T24-	0	185
04S1-12T	0	264	47S1T25-	0	223
05S1-13M	0	303	48S1T26S	0	205
06S1-13T	0	303	49S1T27S	0	185
07S1-14-	0	264	50S1T28S	0	216
08S1-15-	0	303	51S1T29S	0	185
09S1-16S	0	284	52S1T30S	0	216
10S1-17S	0	264	53S3-11M	0	284
11S1-18S	0	295	54S3-11T	0	284
12S1-19S	0	264	55S3-12M	0	264
13S1-20S	0	295	56S3-12T	0	264
14S1-21M	0	225	57S3-13M	0	303
15S1-21T	0	225	58S3-13T	0	303
16S1-22M	0	205	59S3-14S	0	284
17S1-22T	0	205	60S3-15S	0	264
18S1-23M	0	244	61S3-16S	0	295
19S1-23T	0	244	62S3-21M	0	225
20S1-24-	0	205	63S3-21T	0	225
21S1-25-	0	244	64S3-22M	0	205
22S1-26S	0	225	65S3-22T	0	205
23S1-27S	0	205	66S3-23M	0	242
24S1-28S	0	236	67S3-23T	0	242
25S1-29S	0	205	68S3-24S	0	225
26S1-30S	0	236	69S3-25S	0	205
27S1T11M	0	303	70S3-26S	0	236
28S1T11T	0	303	71SSS1--	0	267
29S1T12M	0	283	72SSS2--	0	258
30S1T12T	0	283	73SSS3--	0	223
31S1T13M	0	321	74SSS4--	0	195
32S1T13T	0	321	75SSS5--	0	234
33S1T14-	0	283	76SSS6--	0	225
34S1T15-	0	321	77SSS7--	0	190
35S1T16S	0	303	78SSS8--	0	162
36S1T17S	0	283	79SSS9S	0	265
37S1T18S	0	314	80SSS10S	0	257
38S1T19S	0	283	81SSS11S	0	222
39S1T20S	0	314	82SSS12S	0	193
40S1T21M	0	205	83SSS13S	0	233
41S1T21T	0	205	84SSS14S	0	224
42S1T22M	0	185	85SSS15S	0	189
43S1T22T	0	185	86SSS16S	0	161



• 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	$E_s = 210000$	N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00186$	

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

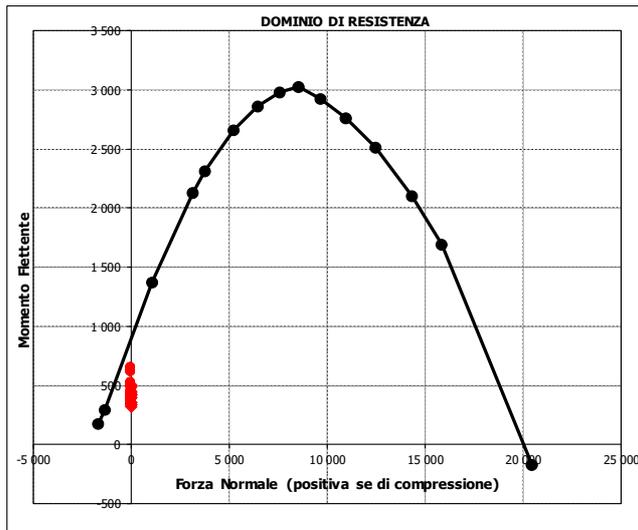
Geometria della sezione		
Altezza geometrica della sezione	$h = 100$	cm
Base della sezione	$b = 100$	cm
Copriferro	$d' = 8.7$	cm
Altezza utile della sezione	$d = 91.3$	cm

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

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		15.71	cm²

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

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
75SS5--	0	652
27S1T11M	0	319



Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	340	44S1T23M	0	524
02S1-11T	0	340	45S1T23T	0	524
03S1-12M	0	360	46S1T24-	0	440
04S1-12T	0	360	47S1T25-	0	524
05S1-13M	0	450	48S1T26S	0	420
06S1-13T	0	450	49S1T27S	0	440
07S1-14-	0	360	50S1T28S	0	503
08S1-15-	0	450	51S1T29S	0	440
09S1-16S	0	340	52S1T30S	0	503
10S1-17S	0	360	53S3-11M	0	340
11S1-18S	0	424	54S3-11T	0	340
12S1-19S	0	360	55S3-12M	0	360
13S1-20S	0	424	56S3-12T	0	360
14S1-21M	0	400	57S3-13M	0	450
15S1-21T	0	400	58S3-13T	0	450
16S1-22M	0	420	59S3-14S	0	340
17S1-22T	0	420	60S3-15S	0	360
18S1-23M	0	510	61S3-16S	0	424
19S1-23T	0	510	62S3-21M	0	400
20S1-24-	0	420	63S3-21T	0	400
21S1-25-	0	510	64S3-22M	0	420
22S1-26S	0	400	65S3-22T	0	420
23S1-27S	0	420	66S3-23M	0	504
24S1-28S	0	484	67S3-23T	0	504
25S1-29S	0	420	68S3-24S	0	400
26S1-30S	0	484	69S3-25S	0	420
27S1T11M	0	319	70S3-26S	0	483
28S1T11T	0	319	71SSS1--	0	619
29S1T12M	0	340	72SSS2--	0	614
30S1T12T	0	340	73SSS3--	0	389
31S1T13M	0	424	74SSS4--	0	372
32S1T13T	0	424	75SSS5--	0	652
33S1T14-	0	340	76SSS6--	0	647
34S1T15-	0	424	77SSS7--	0	422
35S1T16S	0	319	78SSS8--	0	405
36S1T17S	0	340	79SSS9S	0	615
37S1T18S	0	403	80SSS10S	0	610
38S1T19S	0	340	81SSS11S	0	385
39S1T20S	0	403	82SSS12S	0	369
40S1T21M	0	420	83SSS13S	0	649
41S1T21T	0	420	84SSS14S	0	644
42S1T22M	0	440	85SSS15S	0	419
43S1T22T	0	440	86SSS16S	0	402

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura a taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd2}$ la verifica è soddisfatta.

Calcestruzzo

Tipo	C32/40	
R_{ck}	40	N/mm 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	416
N_{Ed}	kN	0

Soletta inf

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		5
\varnothing_1	mm	26
n_2		-
\varnothing_2	mm	-
A_{sl}	cm ²	26.55

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		0.0029
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	342
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 (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	206	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_{amm}	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'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = \mathbf{8.4}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \mathbf{9.4}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{i2} = \mathbf{9.4}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{i1} = \mathbf{8.4}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	2.4	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	153.5	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	17.5	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	10440	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	9148840.521	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id^*}	1491899.103	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	443	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

- Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	342	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	210000.00	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'	15.71	cm ²	5 Ø 20 $c_{s1} = \mathbf{8.7}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0 $c_{s2} = \mathbf{9.7}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0 $c_{i2} = \mathbf{10.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	26.55	cm ²	5 Ø 26 $c_{i1} = \mathbf{8.7}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	3.3	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	153.8	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	22.1	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	10592	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	9414427.489	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	2308924.47	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	456	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00D26</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO SL0100001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 60 di 62</p>

11. INCIDENZA SCATOLARE

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

Soletta superiore	70 kg/mc
Soletta inferiore	70 kg/mc
Piedritti	70 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.

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL01 - Nuovo Sottovia e Viabilità al km 69+470.95 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A	FOGLIO 61 di 62

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.