

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

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

OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76

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 9 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: IV0100D26CLSL0900001A.docx

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A	FOGLIO 2 di 74

9. VERIFICHE GEOTECNICHE	24
10. ANALISI STRUTTURALE	25
10.1 Modellazione strutturale : Scatolare	25
10.2 Analisi dei carichi	27
10.3 Combinazioni.....	46
10.4 Sollecitazioni	50
10.5 Verifiche strutturali.....	56
10.5.1 Riepilogo armature	56
10.5.2 Verifica soletta superiore.....	57
10.5.3 Verifica piedritti	62
10.5.4 Verifica soletta inferiore.....	67
11. INCIDENZA SCATOLARE	72
12. DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2)	73
12.1 Tipo di analisi svolte.....	73
12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo.....	73
12.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	73

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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 SL09 alla pk 84+827, in località Albenga, in prossimità raccordo autostradale.

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

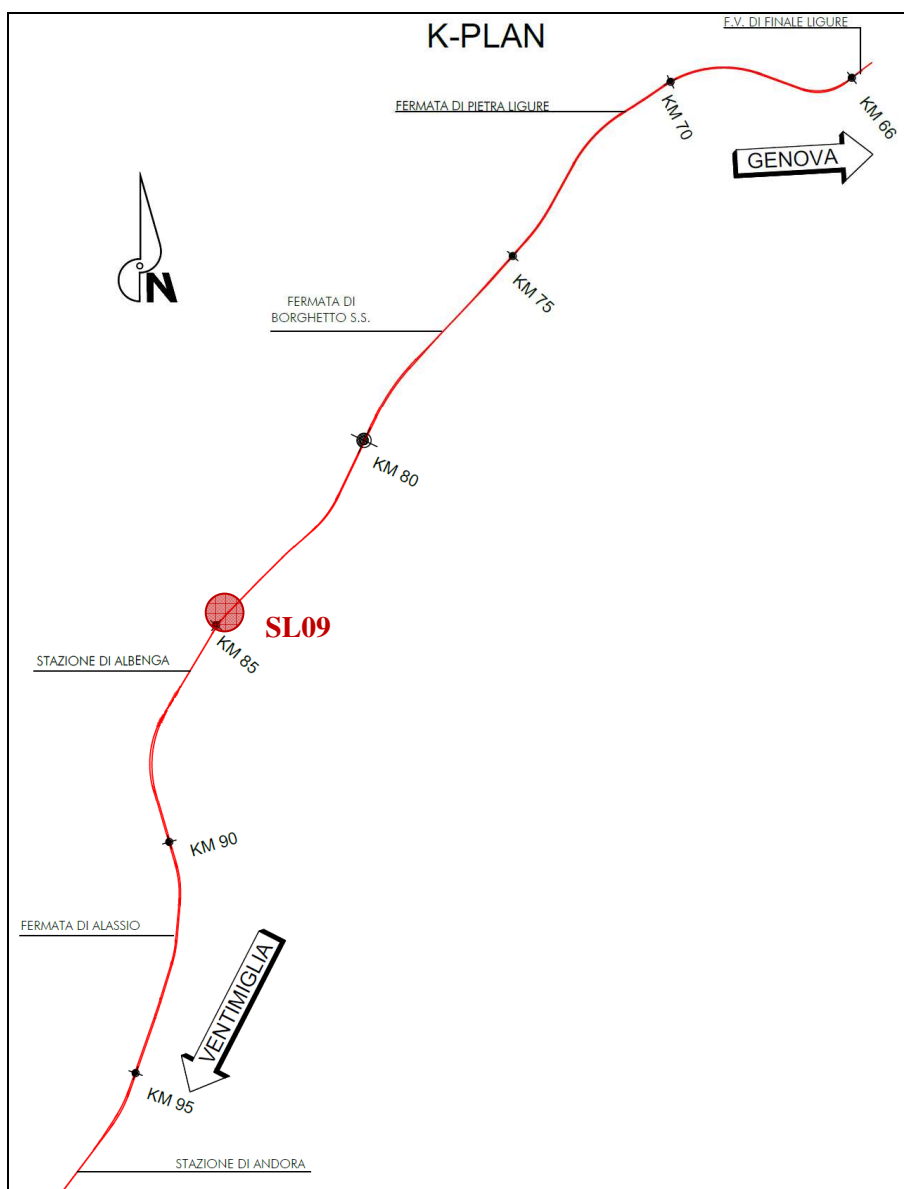


Figura 1: Raddoppio tratta Finale L. - Andora. Inquadramento dell'opera

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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		0.40	m
Geometria				
Spessore soletta superiore	Ss		1.10	m
Spessore soletta di fondazione	Sf		1.10	m
Spessore piedritti	Sp		1.10	m
Altezza netta	Hint		6.20	m
Larghezza netta	Lint		10.50	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L		14.65	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					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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_{ctfm}	[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					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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	
C _{min}	C _o	ambiente	C _o ≤ C	C _{min} ≤ C < C _o	C _o ≤ C	C _{min} ≤ C < C _o	C _o ≤ C	C _{min} ≤ C < C _o	C _o ≤ C	C _{min} ≤ C < C _o
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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A	FOGLIO 8 di 74

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

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

Con 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					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A

5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

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

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

Unità	Prof top m TOP*
-	
2	0
CMVc	9
CMV	16

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

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					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A

6.3 Carichi mobili (traffico ferroviario)

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

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

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

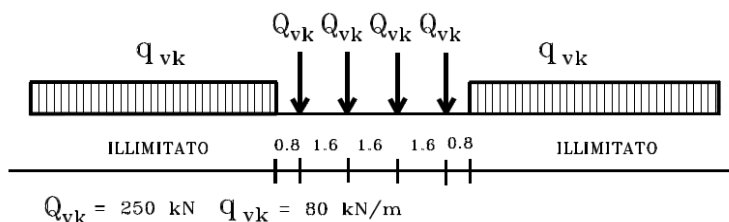
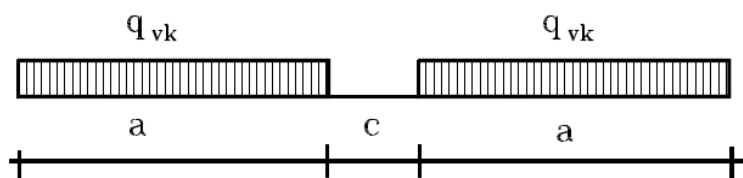


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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

Figura 6.2– Treno di carico SW

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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:

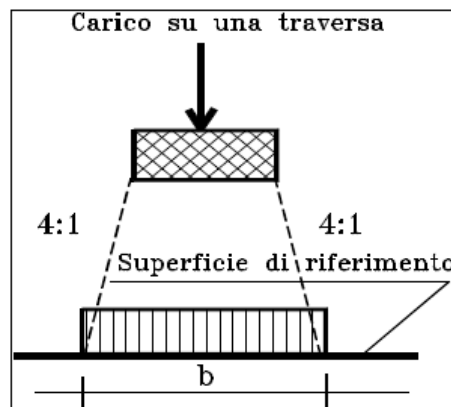
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

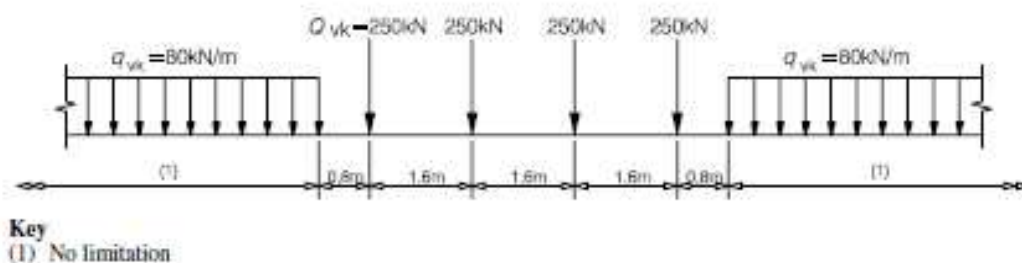
L_Φ rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

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.

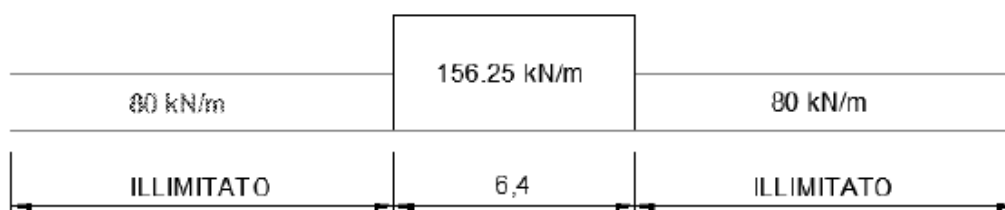


Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

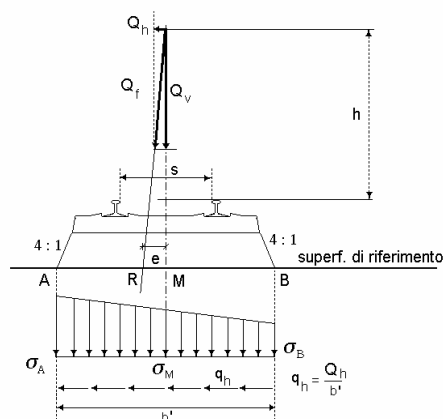
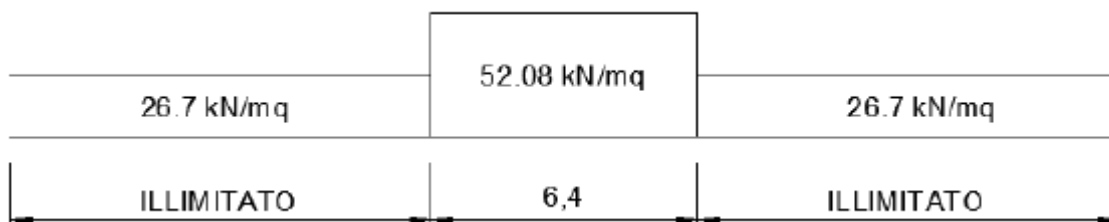
 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A

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.

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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 $C_U = 2$
- Vita nominale $V_N = 75$ anni
- Categoria di suolo: B
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura $q = 1$

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

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul

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

superficie

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

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

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

Stati limite di esercizio - SLE

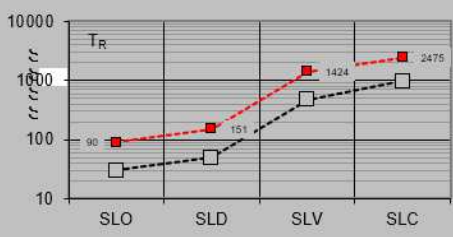
SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="90"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="151"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1424"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

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	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.206 g
F_0	2.471
T_C^*	0.306 s
S_S	1.395
C_C	1.551
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.395
η	1.000
T_B	0.158 s
T_C	0.475 s
T_D	2.423 s

6.7 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati in accordo al §2.5.1.6.2 del Manuale di Progettazione, in particolare: “Per tali effetti si riporta il contenuto del §5.2.2.10.2 del DM 17.01.2018. I coefficienti di ritiro e viscosità finali, salvo sperimentazione diretta, sono quelli indicati rispettivamente nei §§ 11.2.10.6 e 11.2.10.7”. Per cui ai fini delle verifiche sono stati impiegati i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC 2018. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 10° , ed un umidità relativa del 75% a 7 gg.

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

6.8 Variazione termica

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

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

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

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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.

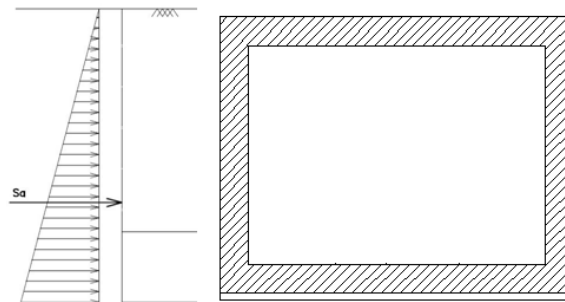


Figura 6.3 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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.

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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.

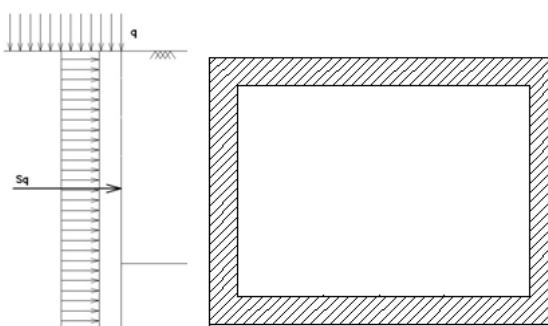


Figura 6.4– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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 $H/2$.

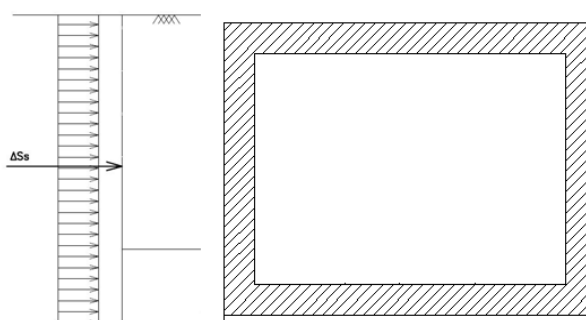


Figura 6.5– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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 assi 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					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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":

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

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A	FOGLIO 22 di 74

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.

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A	FOGLIO 23 di 74

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					
SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A	FOGLIO 24 di 74

9. VERIFICHE GEOTECNICHE

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

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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

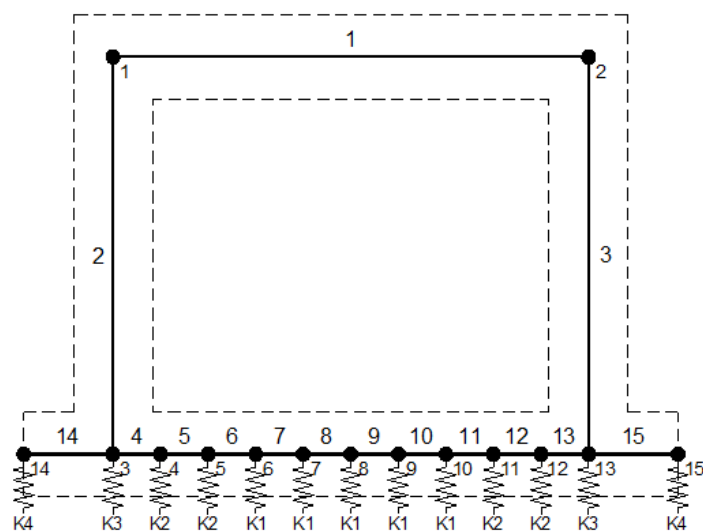
x = asse trasversale dello scatolare

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	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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:

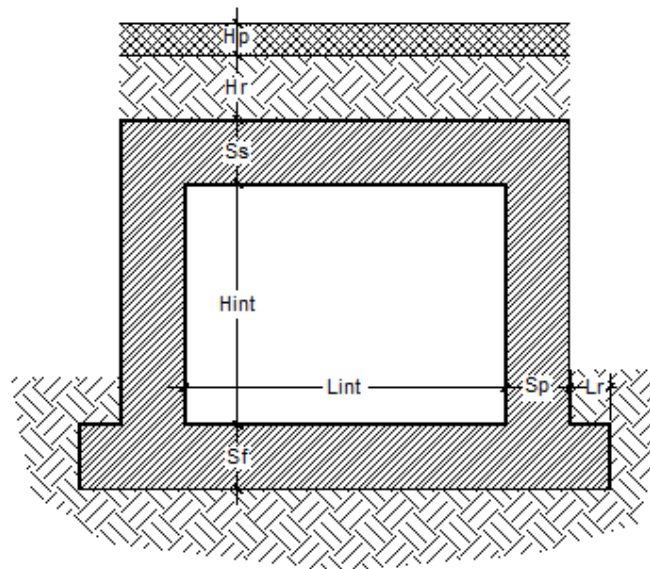
Rigidezze molle verticali				
Modulo elastico del terreno	E _t		10.00	N/mm ²
Coefficiente di Poisson	v		0.30	-
Larghezza della fondazione	B	B = L _r +S ₀ +L _{int} +S ₀ +L _r	12.70	m
Lato maggiore della fondazione	L		14.65	m
Fattore di forma	c _t		0.93	-
Terreno di fondazione - Costante di sottofondo	K _w	K _w = E _t /((1-ν ²))*B*c _t	931	kN/m ³
Interasse molle	i	i = (S ₀ /2+L _{int} +S ₀ /2)/10	1.16	m
Molle centrali	K1	K ₁ = K _w *i	1 080	kN/m
Molle intermedie	K2	K ₂ = 1.50*K _w *i	1 620	kN/m
Molle laterali	K3	K ₃ = 2.00*K _w *(i/2+S ₀ /2)	2 104	kN/m
Molle risolto	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		20.0	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		0.40	m
Geometria				
Spessore soletta superiore	S _s		1.10	m
Spessore soletta di fondazione	S _f		1.10	m
Spessore piedritti	S _p		1.10	m
Altezza netta	H _{int}		6.20	m
Larghezza netta	L _{int}		10.50	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L _r		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L		14.65	m



Tab. 4: Geometria del modello

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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	$0.40 \cdot 20 =$	8.00	kN/m ²
Totale		$(Pr+Ps)*r$	24.52	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}	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (6.75 + 11.60 + 6.75)$	10.88	m
Coefficiente dinamico	ϕ_3	$= 0.9 \cdot (2.16 / (\text{radq}(10.88) - 0.2) + 0.73)$	1.28	
Qvk				
Coefficiente di adattamento	α		1.10	
Larghezza traversa	Lt		2.40	m
Impronta di carico y	Ld1	$2.40 + 2 \times (0.40/4 + 0.40 \times \text{TAN}(38^\circ) + 1.10/2) =$	4.33	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)		$1.1 \cdot 1.28 \cdot 1000 / (4.33 \cdot 6.40) =$	51.05	kN/m ²
qvk				
Carico qvk			80	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.28 \cdot 80 / 4.33 =$	26.14	kN/m ²
Carichi accidentali sulla copertura SW/2 (Condizioni ACC-MSW e ACC-TSW)				
Coefficiente di adattamento	α		1.00	
Carico qvk			150	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1 \cdot 1.28 \cdot 150 / 4.33 =$	44.55	kN/m ²
Avviamento e frenatura (Condizione AVV)				
Q1ak (= $\alpha \cdot 33 / Ld1$)		$\alpha \cdot 33 / 4.33 =$	8.39	kN/m ²

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

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	29 di 74

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	$K_0 = [1 - \text{sen}(\phi_i)] * \text{OCR}^m$		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	$0.384 \cdot 24.00 =$		9.22	kN/m ²
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.384 \cdot (24.00 + 20 \cdot 1.10/2) =$		13.45	kN/m ²
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.384 \cdot [24.00 + 20 \cdot (1.10 + 6.20 + 1.10/2)] =$		69.57	kN/m ²
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.384 \cdot [24.00 + 20 \cdot (1.10 + 6.20 + 1.10)] =$		73.79	kN/m ²
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(9.22 + 13.45)/2 \cdot 1.10/2$		6.24	kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(69.57 + 73.79)/2 \cdot 1.10/2$		39.42	kN/m
Spinta del carico accidentale LM71 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)					
Spinta dovuta al q1	p	$0.384 \cdot 1.1 \cdot 1000 / (4.33 \cdot 6.40) =$		15.27	kN/m ²
Spinta del carico accidentale SW/2 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)					
Spinta dovuta al q1	p	$0.384 \cdot 1 \cdot 150 / (4.33 \cdot 6.40) =$		2.08	kN/m ²
Sisma orizzontale (Condizione SISMAH)					
Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -		SLV	
Vita nominale	V_N			75	anni
Classe d'uso				IV	
Coefficiente C_U	C_U			2	
Periodo di riferimento	V_R			150	anni
Accelerazione orizzontale	a_g/g			0.209	
Amplificazione spettrale	F_0			2.471	
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E		B	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	S_s			1.193	
Coeff. Amplificazione topografica	S_t			1	
Coefficiente S	S	$= S_s \cdot S_t$		1.193	
accelerazione orizzontale max	a_{max}/g	$= a_g/g \cdot S$		0.249	
Fattore di struttura	q			1.00	
Coeff. sismico orizzontale	k_h	$= a_{max}/g$		0.249	
Coeff. sismico verticale	k_v	$= \pm 0.5 \cdot k_h$		0.125	
Carico accidentale totale gravante sulla cop.		$1.1 \cdot 1000 / (4.33 \cdot 6.40) \cdot 6.40 + 1.1 \cdot 80 / 4.33 \cdot 12.70 =$		512.7	kN/m
Forza orizz. sulla sol. di cop.	FHs	$0.249 \cdot (1.10 \cdot 25 + 24.52 + 0.2 \cdot 512.7 / 11.60) / 1.00 =$		15.18	kN/m ²
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.249 \cdot (1.10 \cdot 25) / 1.00 =$		6.86	kN/m ²
Sisma verticale (Condizione SISMAV)					
Forza vert. sulla sol. di cop.	FVs	$0.125 \cdot (1.10 \cdot 25 + 24.52 + 0.2 \cdot 512.7 / 11.60) / 1.00 =$		7.59	kN/m ²
Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSPDX)					
Risultante della spinta sismica	ΔS_E	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.249 \cdot 20 \cdot 9.60^2$		459.7	kN/m
Pressione risultante	Δp_E	$= \Delta S_E / H = 459.7 / 7.30$		62.98	kN/m ²

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

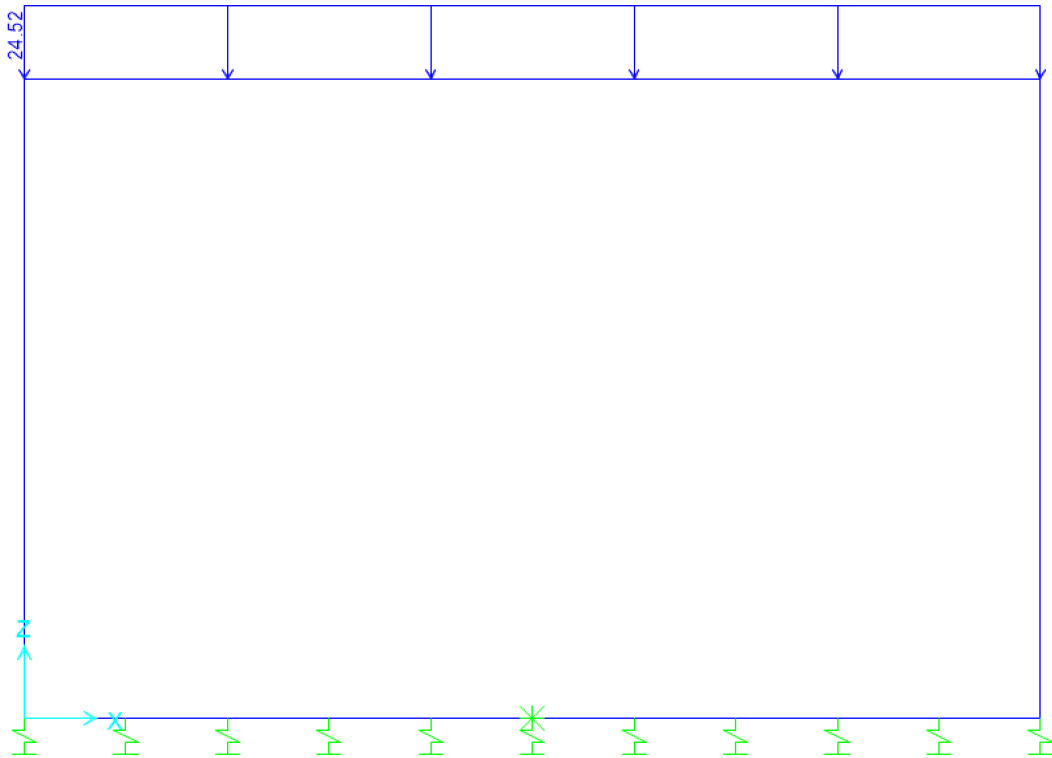


Figura 6: Condizione di carico PERM (kN/m/m)

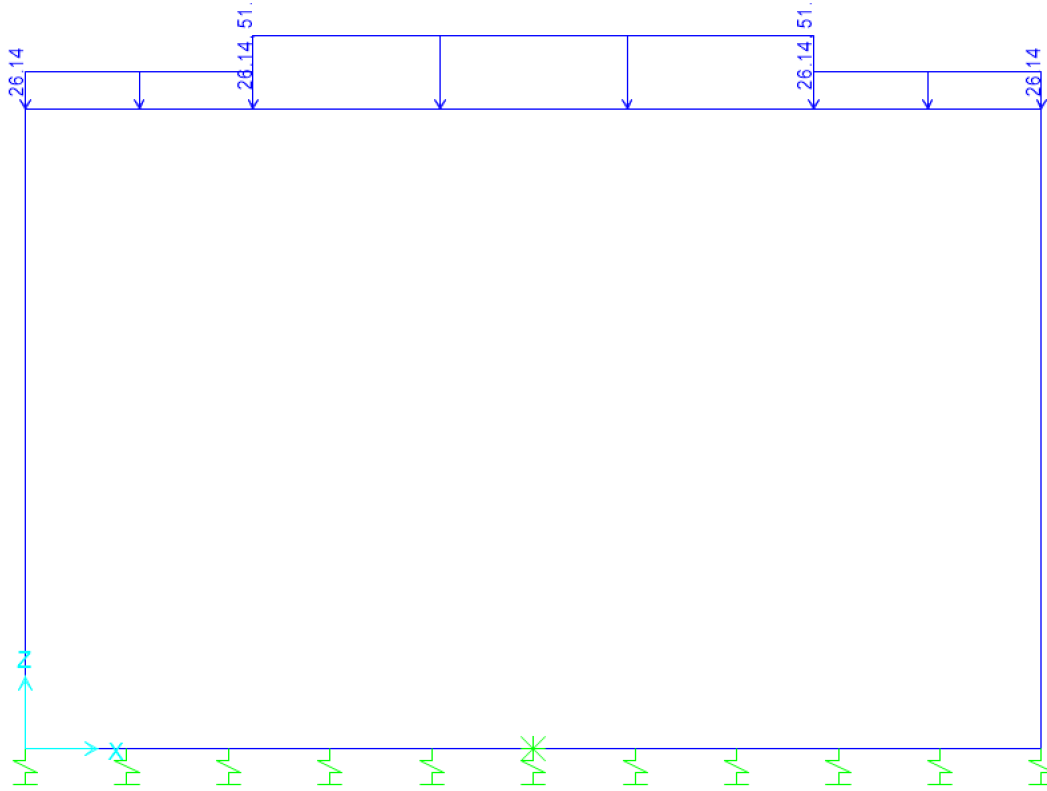


Figura 7: Condizione ACC-LM71- $M(kN/m/m)$

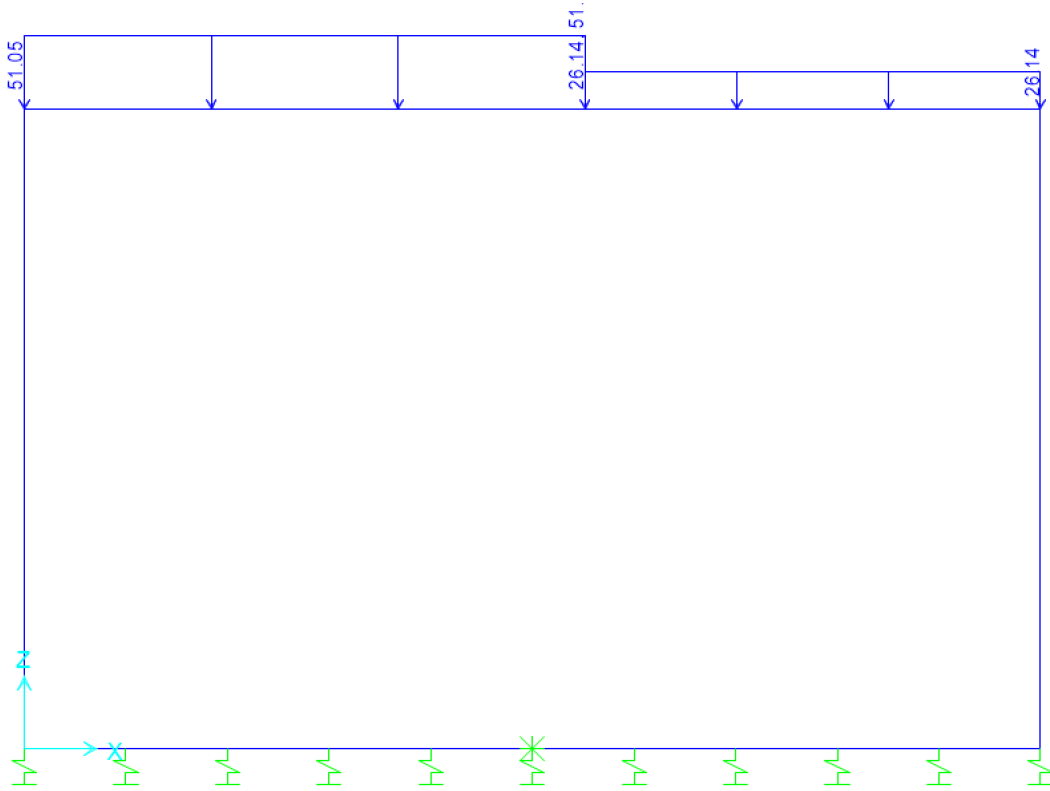


Figura 8: Condizione ACC-LM71- T(kN/m/m)

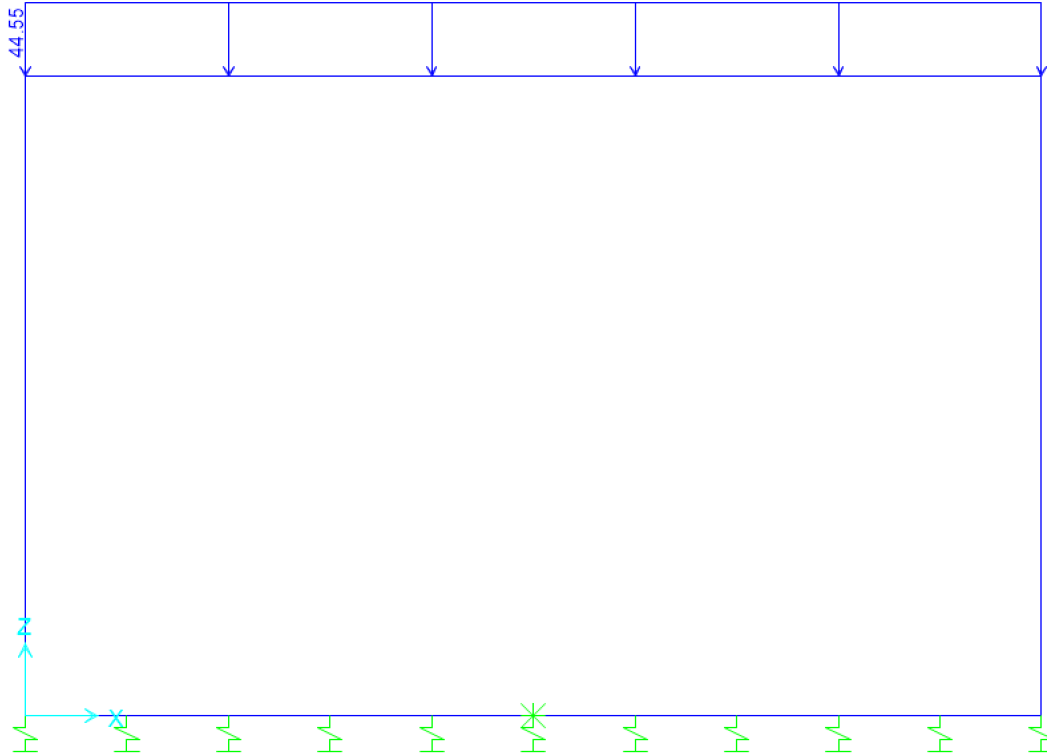


Figura 9: Condizione ACC-SW (kN/m/m)

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	34 di 74

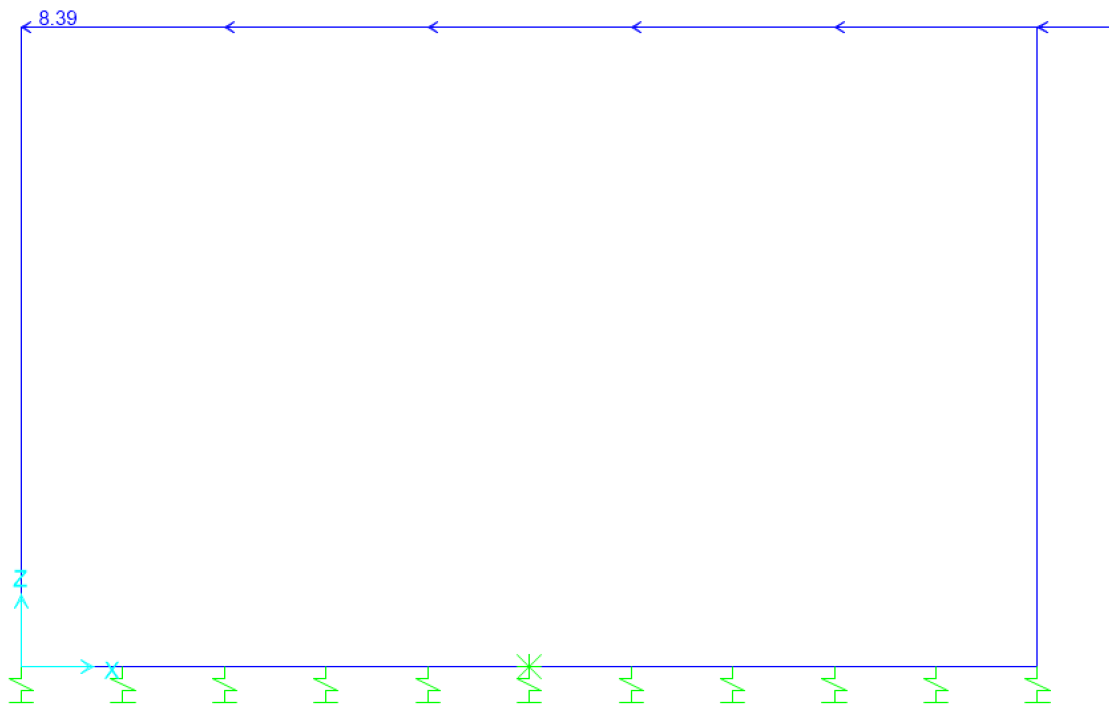


Figura 10: Condizione AVV (kN/m/m)

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	35 di 74

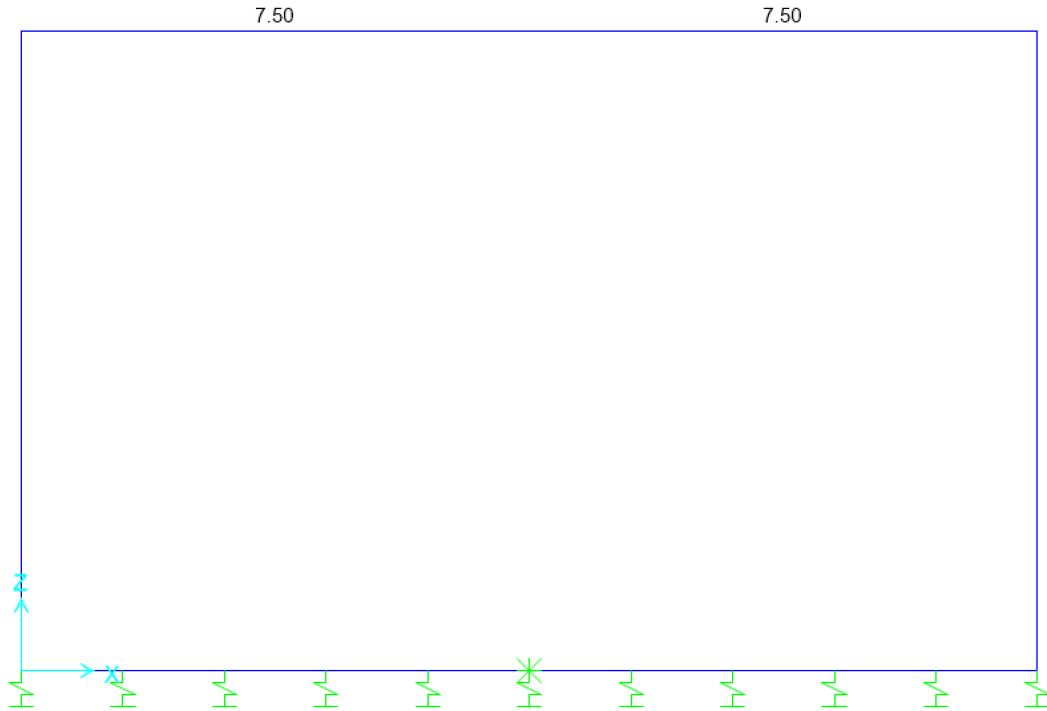


Figura 11: Condizione TERM (°C)

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76
Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	36 di 74

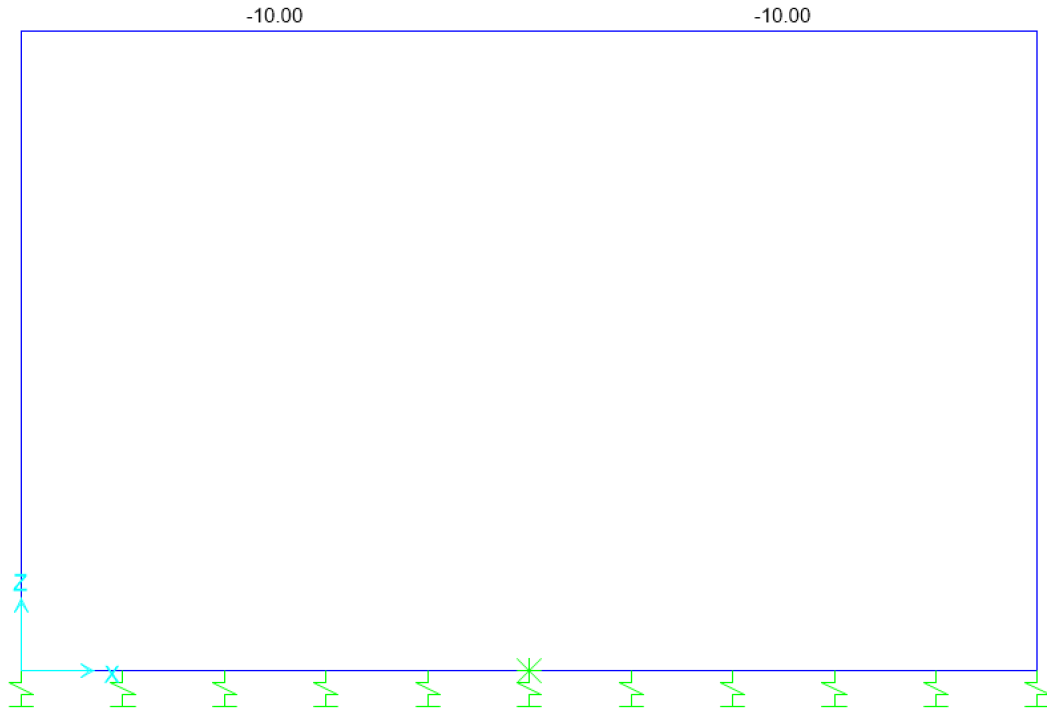


Figura 12: Condizione RITIRO (°C)

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	37 di 74

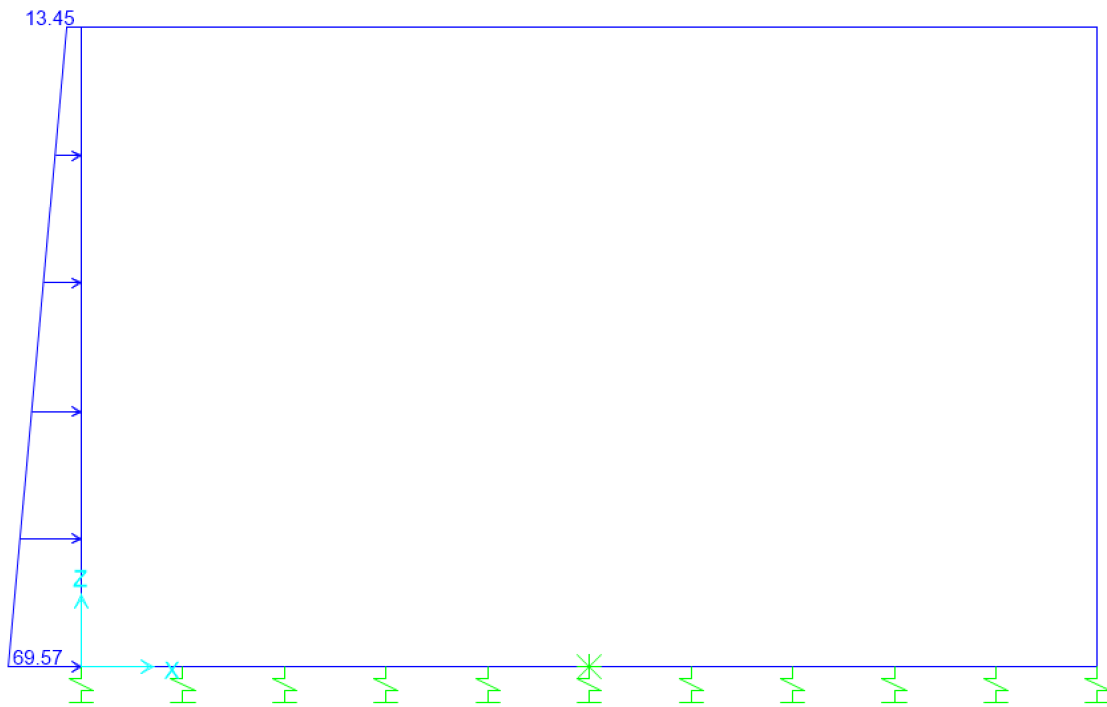


Figura 13: Condizione SPTSX (kN/m/m)

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	38 di 74

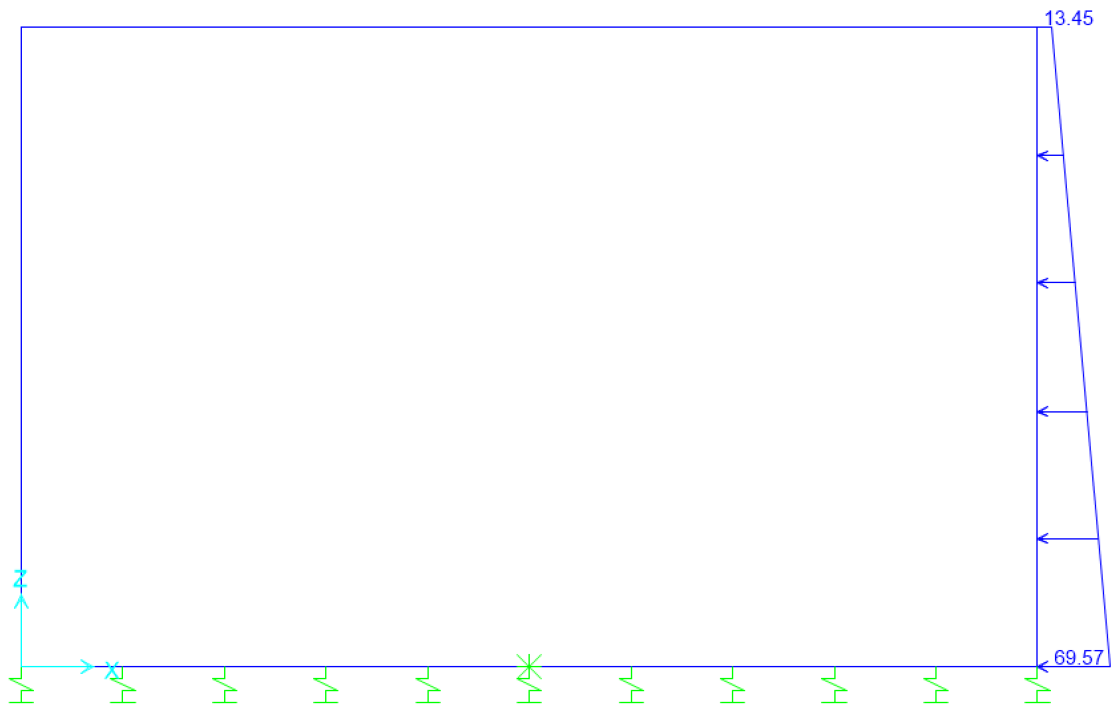


Figura 14: Condizione SPTDX (kN/m/m)

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A	FOGLIO 39 di 74

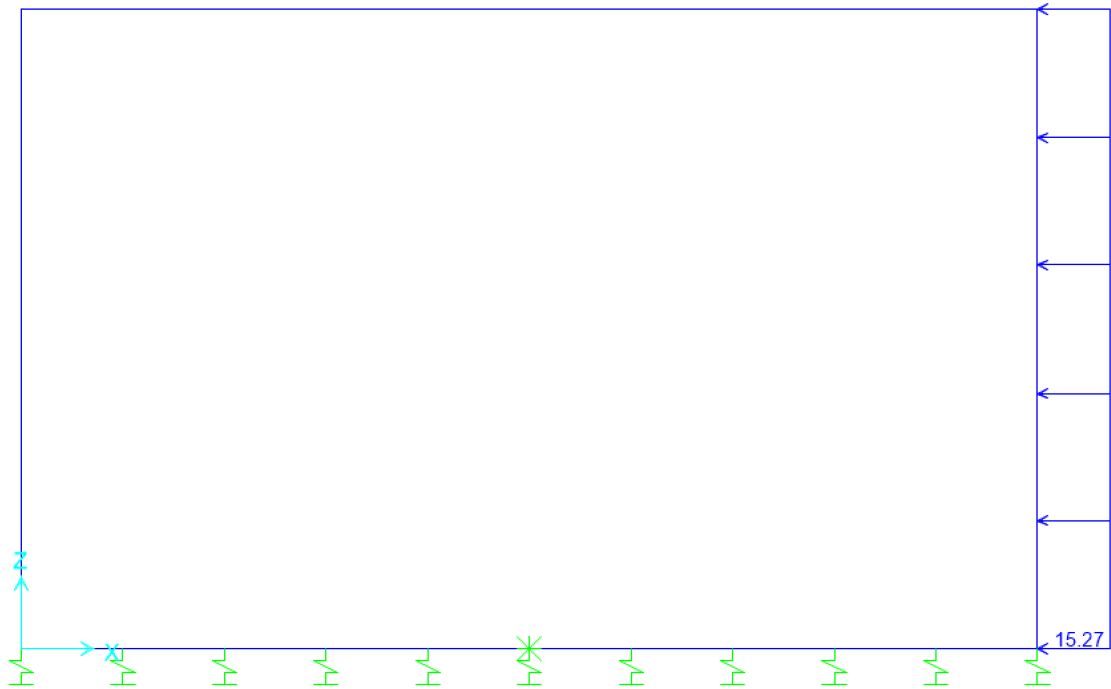


Figura 15: Condizione SPQDX71 (kN/m/m)

SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	40 di 74

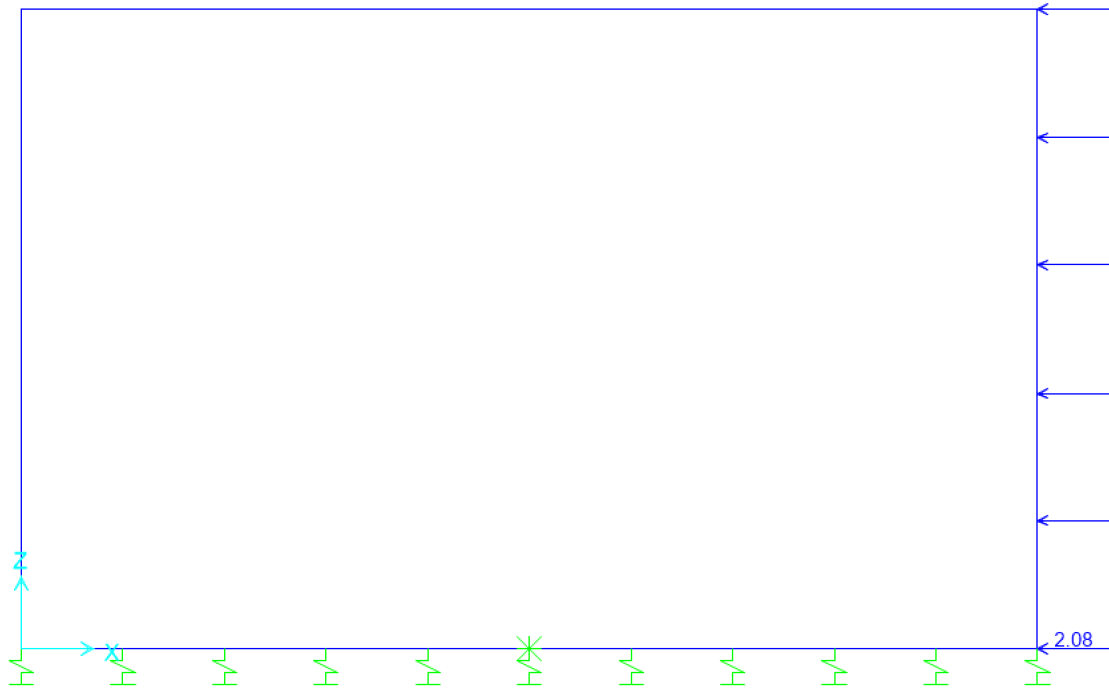


Figura 16: Condizione SPQDXSW (kN/m/m)

SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	41 di 74

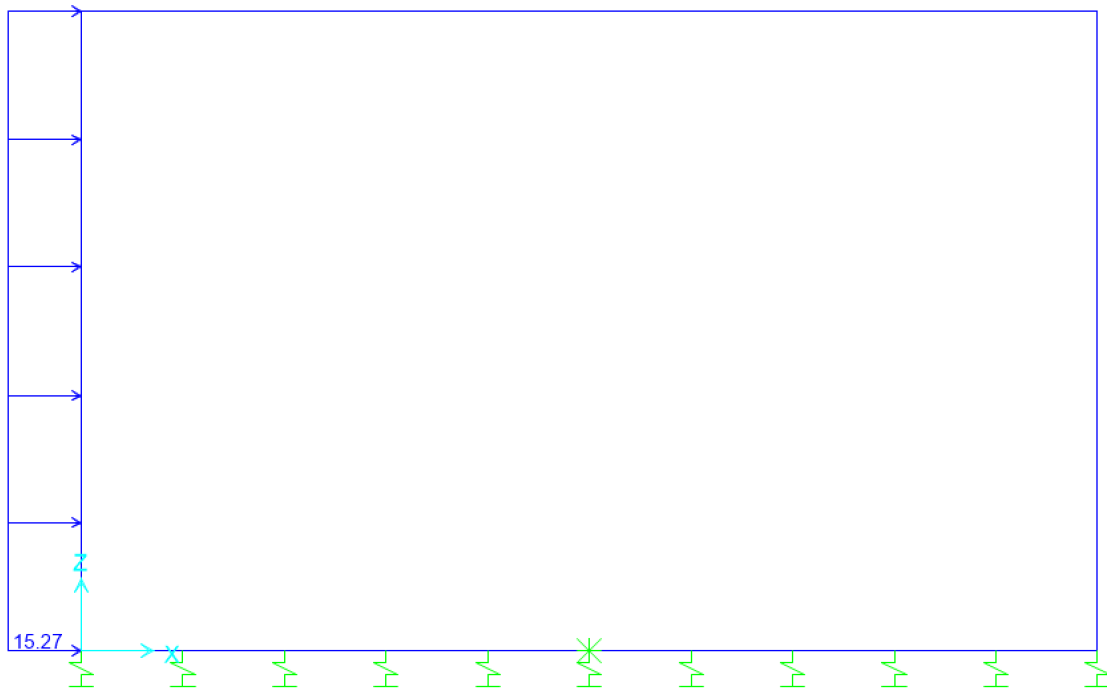


Figura 17: Condizione SPQSX71 (kN/m/m)

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	42 di 74

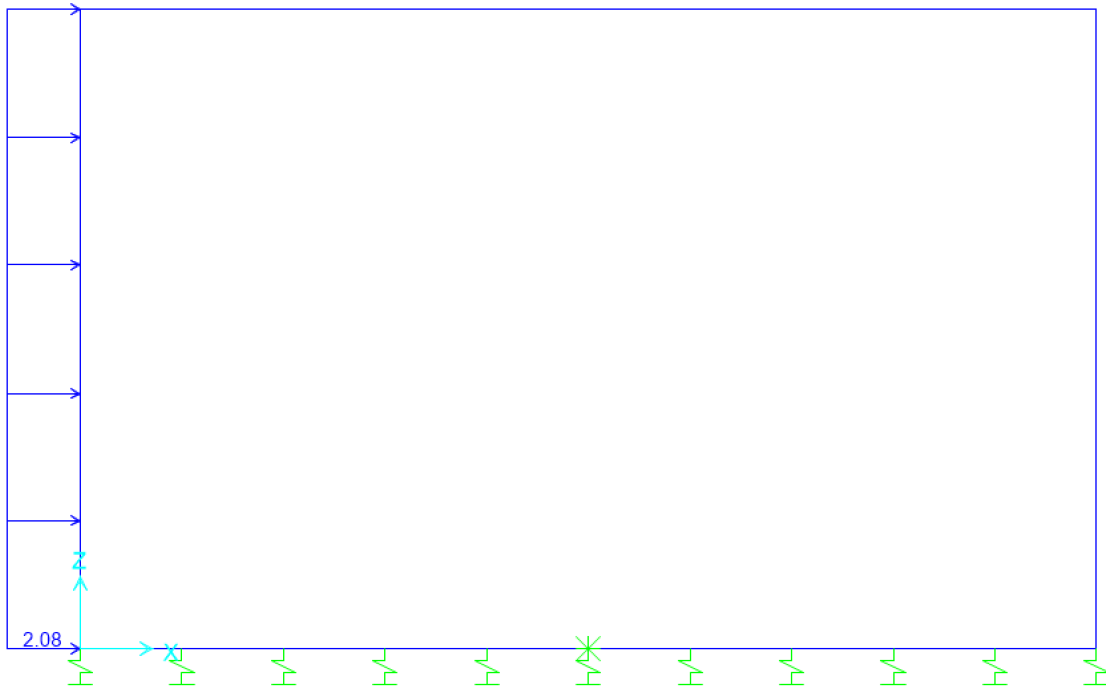


Figura 18: Condizione SPQSXS_W (kN/m/m)

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	43 di 74

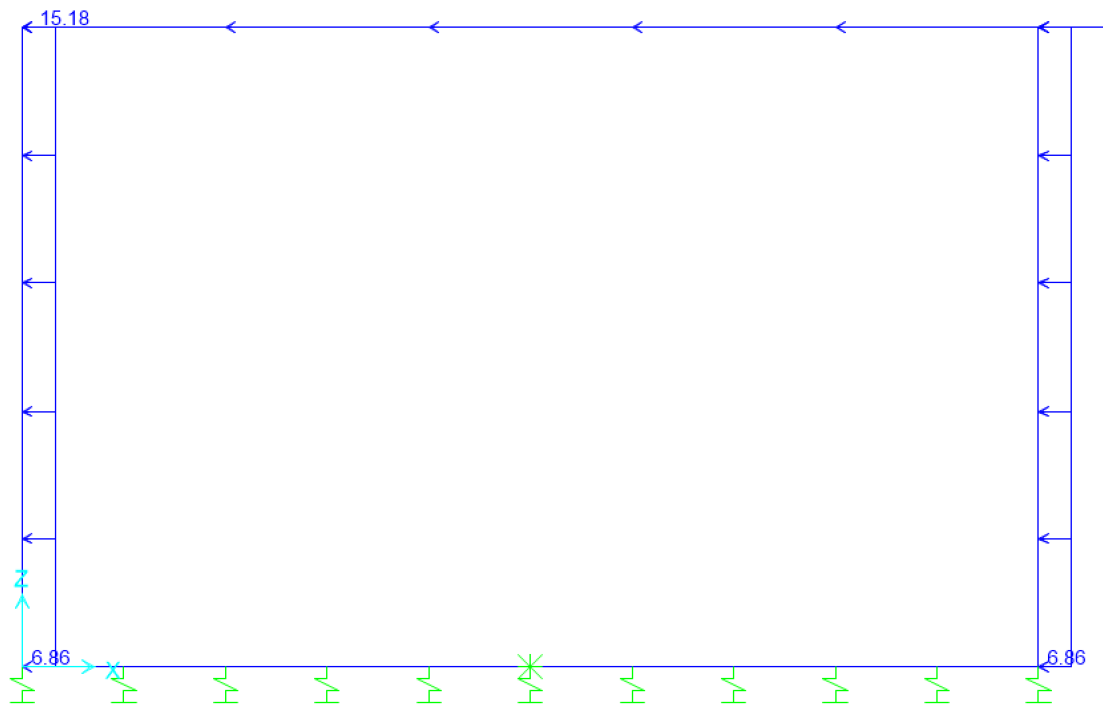


Figura 19: Condizione SISMAH (kN/m/m)

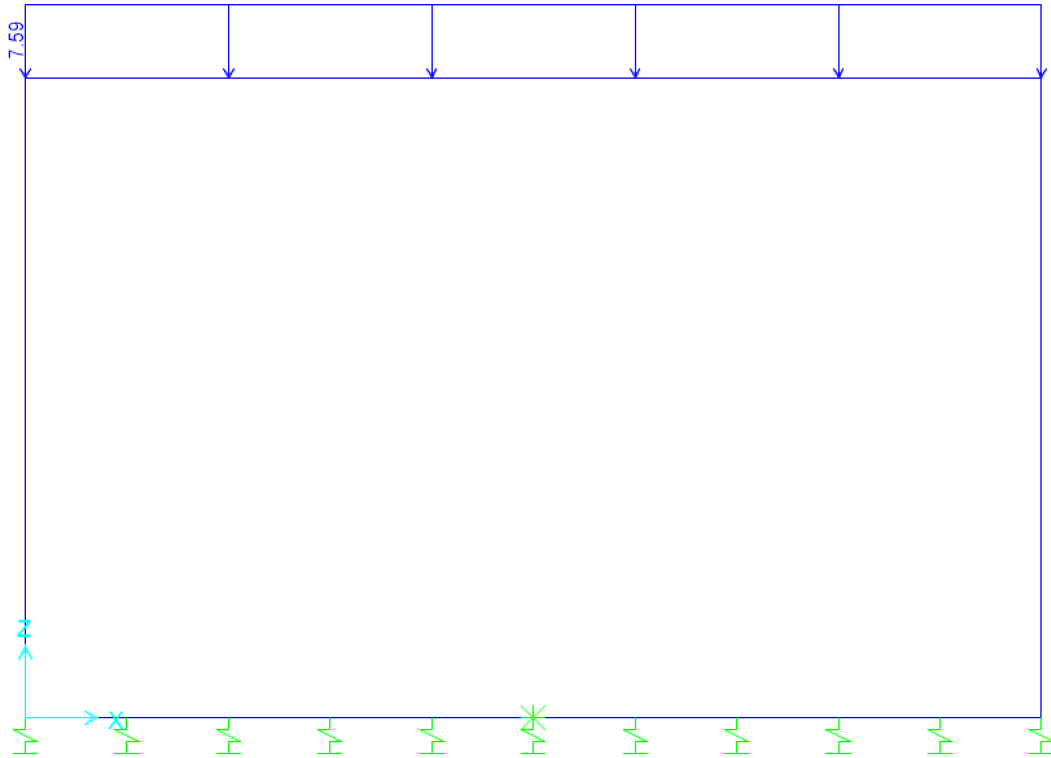


Figura 20: Condizione SISMAV (kN/m/m)

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	45 di 74

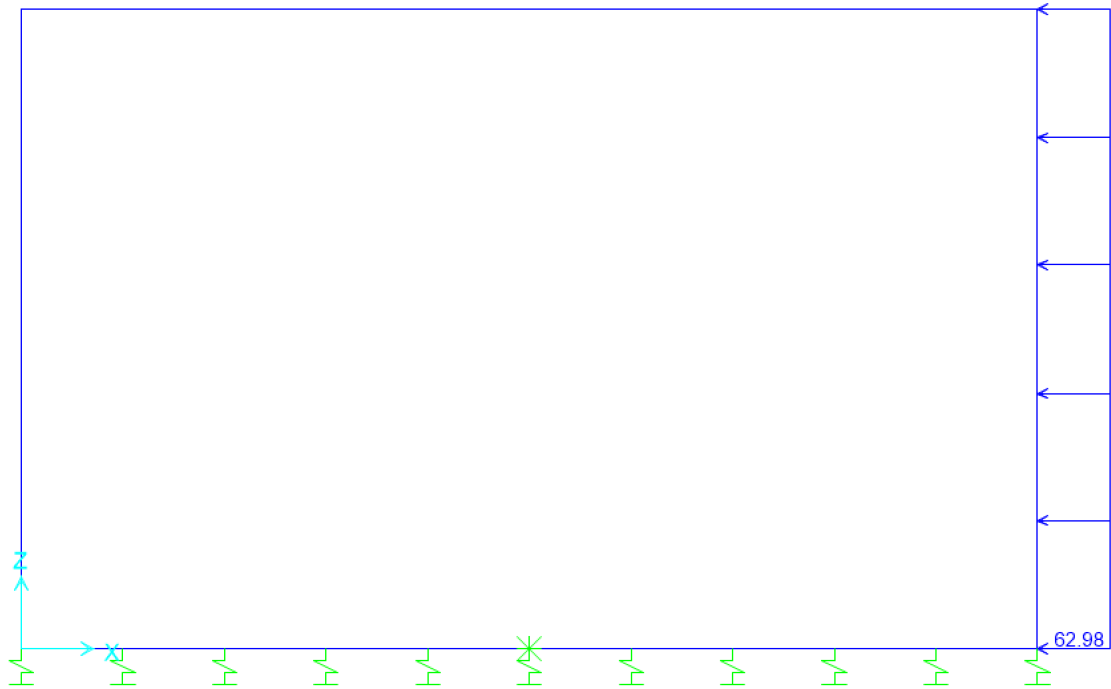


Figura 21: Condizione SPSDX (kN/m^2)

SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IV01 00D26 CL SL0900001 A 46 di 74

10.3 Combinazioni

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

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IV01 00D26 CL SL0900001 A 47 di 74

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

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	48 di 74

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	0.8	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	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	0.8	0	0
157	157R1T25S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	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	0.8	0	0.8
159	159R3-11M	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	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	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	0.8	0	0
193	193R1T25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	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	0.8	0	0.8

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	49 di 74

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

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A

10.4 Sollecitazioni

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

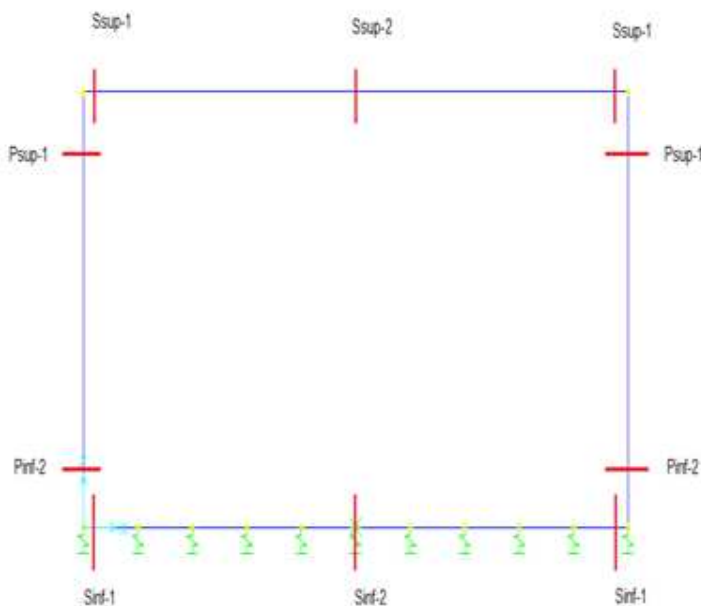


Figura 10.22 - Sezioni di verifica

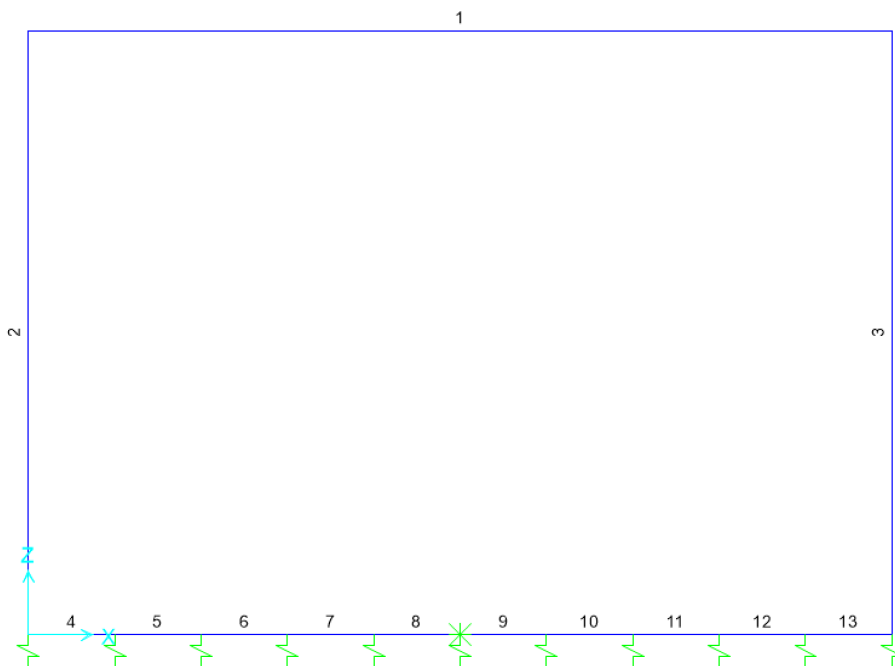


Figura 10.23 - Nomenclatura frame

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A

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

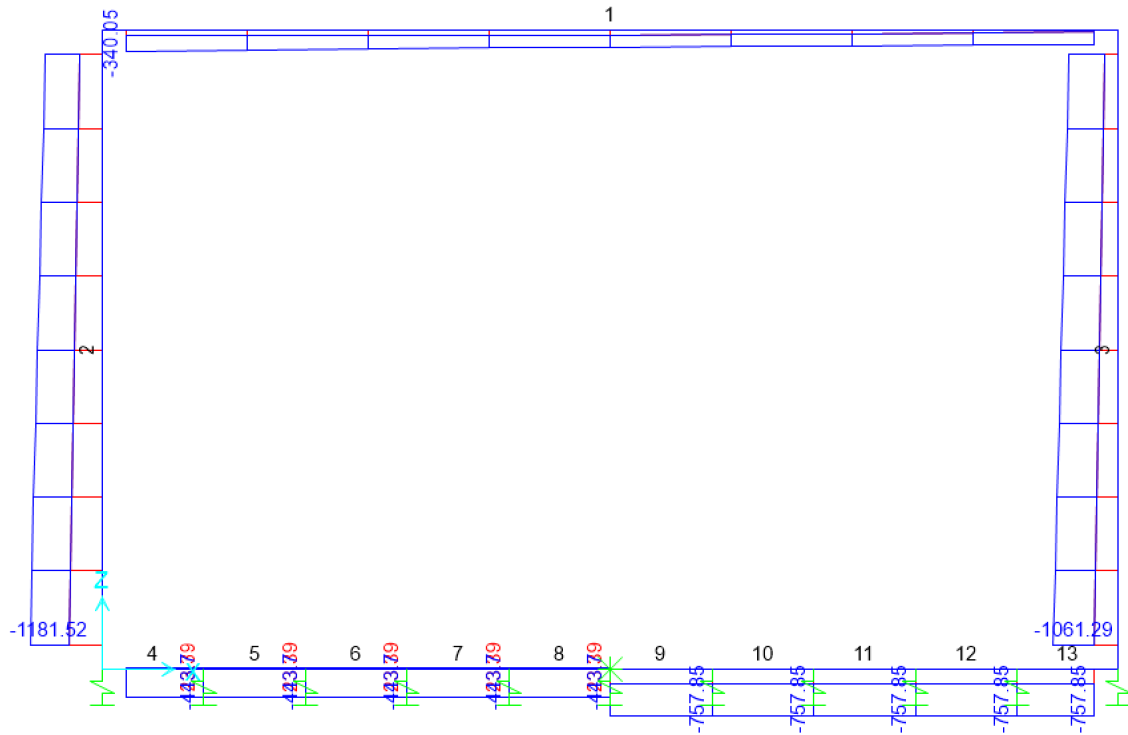


Figura 10.24 - Sforzo Normale – Involuppo SLU (KN)

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	52 di 74

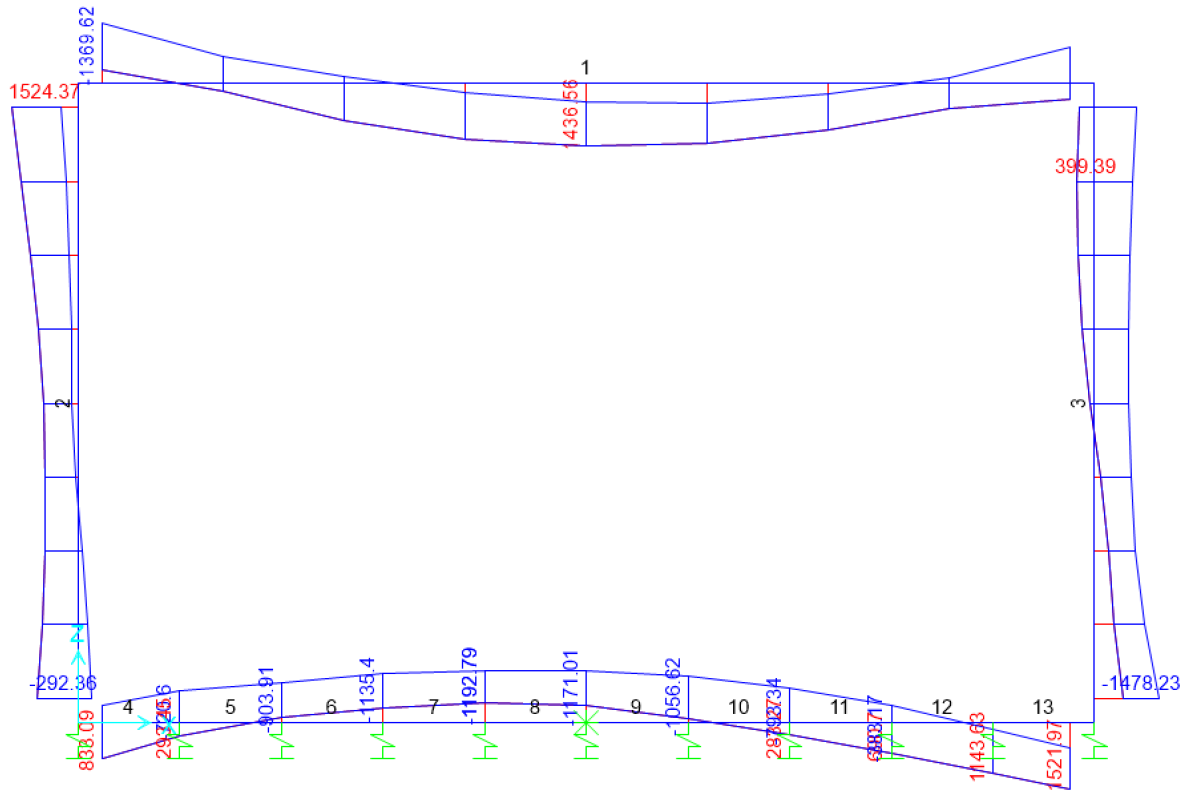


Figura 10.25 - Momento flettente – Involuppo SLU (KNm)

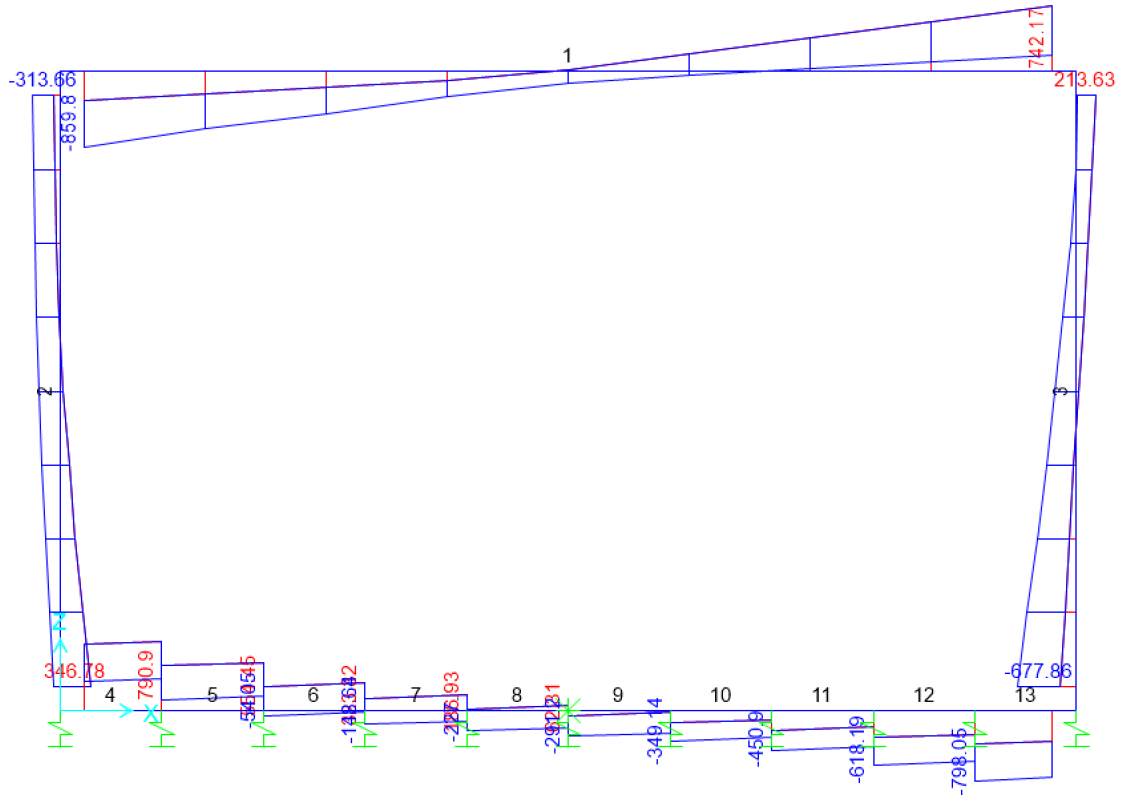


Figura 10.26 - Taglio – Inviluppo SLU (kN)

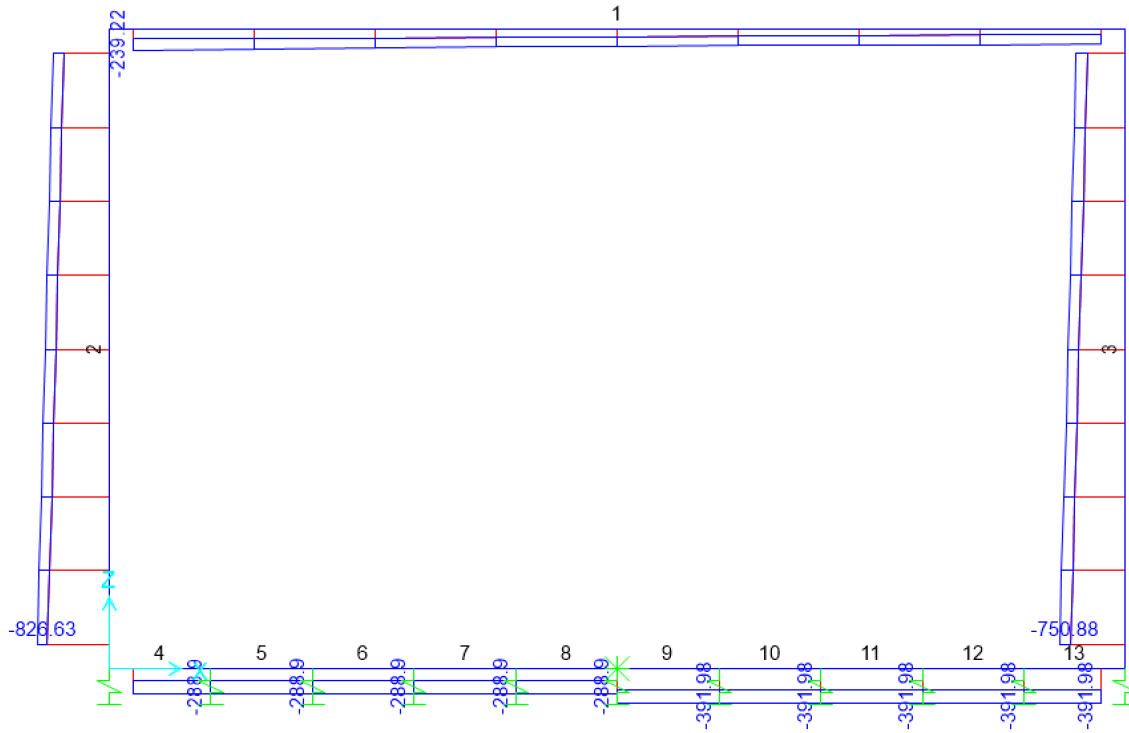


Figura 10.27 - Sforzo Normale – Involuppo SLE – Rara (kN)

SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	55 di 74

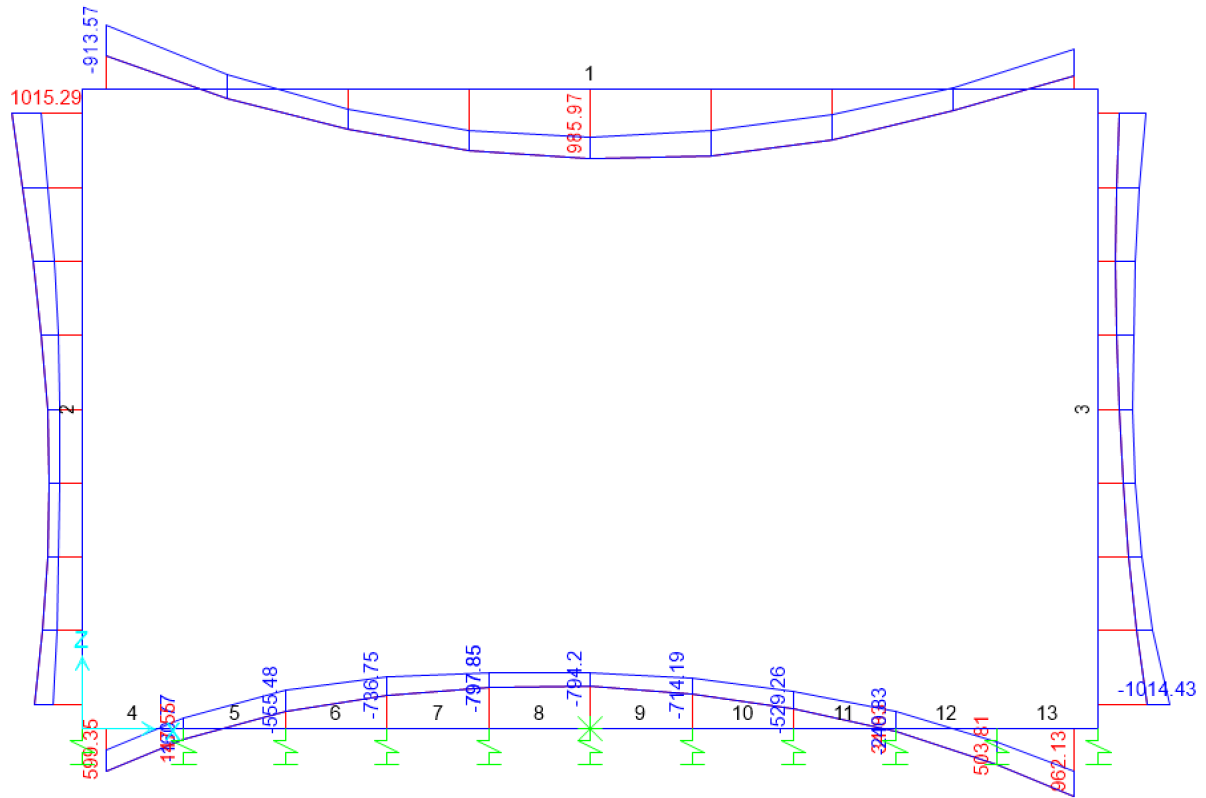


Figura 10.28 - Momento flettente – Inviluppo SLE – Rara (kNm)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	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	-	10 Ø26	-
Soletta superiore - Appoggio	10 Ø26	-	10 Ø26	-
Piedritto - Spiccato	10 Ø26	-	10 Ø26	-
Piedritto - Sommità	10 Ø26	-	10 Ø26	-
Soletta inferiore - Campata	10 Ø26	-	10 Ø26	-
Soletta inferiore - Appoggio	10 Ø26	5 Ø16	10 Ø26	-

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

10.5.2 Verifica soletta superiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solsup-Camp)

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

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

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

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

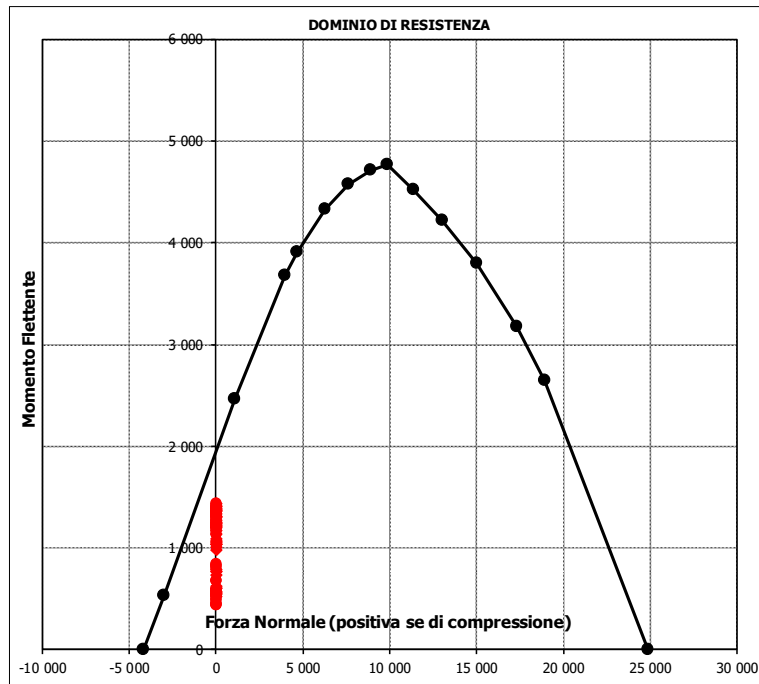
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		0.00	cm ²
53.09 cm²			

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

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)			
(Nmin)			
(Mmax)	14S1-21M	0	1437
(Mmin)	82SSS12S	0	440

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	1271	44S1T23M	0	1336
02S1-11T	0	1199	45S1T23T	0	1278
03S1-12M	0	1208	46S1T24-	0	797
04S1-12T	0	1136	47S1T25-	0	824
05S1-13M	0	1240	48S1T26S	0	1341
06S1-13T	0	1167	49S1T27S	0	1312
07S1-14-	0	569	50S1T28S	0	1326
08S1-15-	0	600	51S1T29S	0	824
09S1-16S	0	1242	52S1T30S	0	838
10S1-17S	0	1213	53S3-11M	0	1271
11S1-18S	0	1228	54S3-11T	0	1199
12S1-19S	0	602	55S3-12M	0	1208
13S1-20S	0	617	56S3-12T	0	1136
14S1-21M	0	1437	57S3-13M	0	1240
15S1-21T	0	1364	58S3-13T	0	1167
16S1-22M	0	1373	59S3-14S	0	1242
17S1-22T	0	1301	60S3-15S	0	1213
18S1-23M	0	1405	61S3-16S	0	1228
19S1-23T	0	1333	62S3-21M	0	1437
20S1-24-	0	734	63S3-21T	0	1364
21S1-25-	0	766	64S3-22M	0	1381
22S1-26S	0	1408	65S3-22T	0	1309
23S1-27S	0	1378	66S3-23M	0	1409
24S1-28S	0	1393	67S3-23T	0	1336
25S1-29S	0	767	68S3-24S	0	1408
26S1-30S	0	782	69S3-25S	0	1379
27S1T11M	0	1088	70S3-26S	0	1393
28S1T11T	0	1031	71SSS1--	0	496
29S1T12M	0	1033	72SSS2--	0	453
30S1T12T	0	975	73SSS3--	0	585
31S1T13M	0	1061	74SSS4--	0	441
32S1T13T	0	1003	75SSS5--	0	587
33S1T14-	0	521	76SSS6--	0	544
34S1T15-	0	549	77SSS7--	0	676
35S1T16S	0	1065	78SSS8--	0	533
36S1T17S	0	1037	79SSS9S	0	494
37S1T18S	0	1051	80SSS10S	0	451
38S1T19S	0	548	81SSS11S	0	583
39S1T20S	0	563	82SSS12S	0	440
40S1T21M	0	1364	83SSS13S	0	586
41S1T21T	0	1306	84SSS14S	0	543
42S1T22M	0	1308	85SSS15S	0	675
43S1T22T	0	1250	86SSS16S	0	531



SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	58 di 74

Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

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

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

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

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

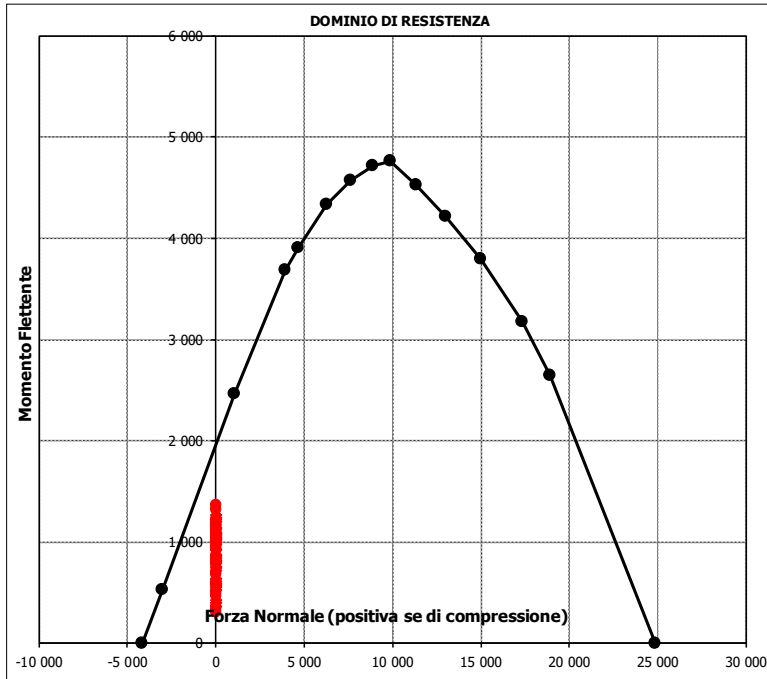
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		53.09	cm²

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

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)			
(Nmin)			
(Mmax)	57S3-13M	0	1370
(Mmin)	51S1T29S	0	304

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	1017	44S1T23M	0	989
02S1-11T	0	972	45S1T23T	0	953
03S1-12M	0	1080	46S1T24-	0	331
04S1-12T	0	1036	47S1T25-	0	470
05S1-13M	0	1242	48S1T26S	0	780
06S1-13T	0	1198	49S1T27S	0	809
07S1-14-	0	560	50S1T28S	0	867
08S1-15-	0	722	51S1T29S	0	304
09S1-16S	0	999	52S1T30S	0	362
10S1-17S	0	1029	53S3-11M	0	1144
11S1-18S	0	1090	54S3-11T	0	1100
12S1-19S	0	526	55S3-12M	0	1208
13S1-20S	0	587	56S3-12T	0	1163
14S1-21M	0	851	57S3-13M	0	1370
15S1-21T	0	807	58S3-13T	0	1325
16S1-22M	0	915	59S3-14S	0	1127
17S1-22T	0	870	60S3-15S	0	1157
18S1-23M	0	1077	61S3-16S	0	1218
19S1-23T	0	1032	62S3-21M	0	979
20S1-24-	0	394	63S3-21T	0	935
21S1-25-	0	556	64S3-22M	0	1035
22S1-26S	0	834	65S3-22T	0	990
23S1-27S	0	864	66S3-23M	0	1173
24S1-28S	0	925	67S3-23T	0	1129
25S1-29S	0	361	68S3-24S	0	962
26S1-30S	0	422	69S3-25S	0	990
27S1T11M	0	1070	70S3-26S	0	1048
28S1T11T	0	1034	71SSS1--	0	1209
29S1T12M	0	1125	72SSS2--	0	1183
30S1T12T	0	1090	73SSS3--	0	701
31S1T13M	0	1264	74SSS4--	0	613
32S1T13T	0	1228	75SSS5--	0	1117
33S1T14-	0	607	76SSS6--	0	1091
34S1T15-	0	745	77SSS7--	0	609
35S1T16S	0	1056	78SSS8--	0	521
36S1T17S	0	1084	79SSS9S	0	1188
37S1T18S	0	1142	80SSS10S	0	1162
38S1T19S	0	580	81SSS11S	0	680
39S1T20S	0	638	82SSS12S	0	592
40S1T21M	0	794	83SSS13S	0	1096
41S1T21T	0	759	84SSS14S	0	1070
42S1T22M	0	850	85SSS15S	0	588
43S1T22T	0	814	86SSS16S	0	500



- 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	860
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	-
A_{sl}	cm ²	53.09

Sezione

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

Resistenza senza armatura a taglio

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

Resistenza con armatura a taglio

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

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	986	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

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

Caratteristiche geometriche

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

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.4	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	202.0	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}	12487	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	14506109.25	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	5304043.023	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}	913	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	187.1	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	$h_{c,eff}$	27.05	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armadura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2704.74	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0196	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000365034	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	ϕ_{eq}	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	395.1701475	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	232.4530279	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.08	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.14	mm	

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	61 di 74

• Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	914	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	110	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{s1} = \blacktriangledown$ 8.7 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \blacktriangledown$ 10.0 cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = \blacktriangledown$ 10.0 cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{t1} = \blacktriangledown$ 8.7 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.0	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	187.2	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}	12487	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	14506109.25	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id+}	5304043.023	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}	913	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	187.1	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	$h_{c,eff}$	27.05	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2704.74	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0196	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000365034	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr edi armatura	ϕ_{eq}	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	ΔS_{max}	395.1701475	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	232.4530279	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.08	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.14	mm	

SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	62 di 74

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

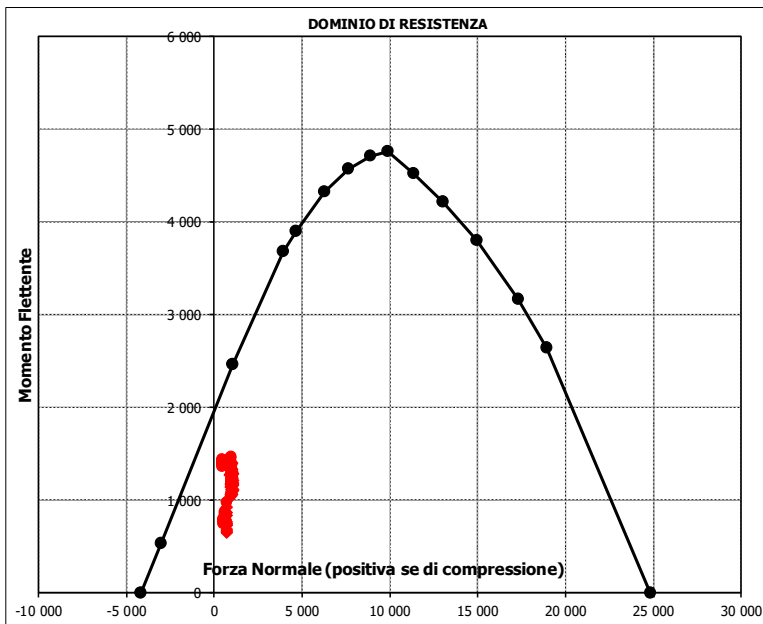
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		0.00	cm²
		53.09	cm²

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

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	09S1-16S	1061	1107
(Nmin)	72SSS2--	409	1384
(Mmax)	66S3-23M	969	1478
(Mmin)	38S1T19S	710	650

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	1022	1066	44S1T23M	911	1396
02S1-11T	967	1052	45S1T23T	867	1384
03S1-12M	1022	1094	46S1T24-	710	770
04S1-12T	967	1080	47S1T25-	680	979
05S1-13M	987	1336	48S1T26S	973	1195
06S1-13T	932	1322	49S1T27S	973	1207
07S1-14-	710	687	50S1T28S	959	1303
08S1-15-	675	929	51S1T29S	710	757
09S1-16S	1061	1107	52S1T30S	697	853
10S1-17S	1061	1119	53S3-11M	999	1180
11S1-18S	1048	1220	54S3-11T	944	1166
12S1-19S	710	672	55S3-12M	999	1208
13S1-20S	696	772	56S3-12T	944	1194
14S1-21M	1022	1131	57S3-13M	964	1450
15S1-21T	967	1117	58S3-13T	909	1436
16S1-22M	1022	1159	59S3-14S	1038	1221
17S1-22T	967	1145	60S3-15S	1038	1233
18S1-23M	987	1401	61S3-16S	1024	1334
19S1-23T	932	1387	62S3-21M	999	1245
20S1-24-	710	752	63S3-21T	944	1231
21S1-25-	675	994	64S3-22M	999	1269
22S1-26S	1061	1172	65S3-22T	944	1255
23S1-27S	1061	1184	66S3-23M	969	1478
24S1-28S	1048	1285	67S3-23T	914	1464
25S1-29S	710	736	68S3-24S	1038	1285
26S1-30S	696	837	69S3-25S	1038	1297
27S1T11M	941	1054	70S3-26S	1025	1393
28S1T11T	897	1043	71SSS1--	435	1408
29S1T12M	941	1079	72SSS2--	409	1384
30S1T12T	897	1068	73SSS3--	556	847
31S1T13M	911	1288	74SSS4--	468	769
32S1T13T	867	1277	75SSS5--	435	1444
33S1T14-	710	662	76SSS6--	409	1420
34S1T15-	680	871	77SSS7--	556	883
35S1T16S	973	1087	78SSS8--	468	805
36S1T17S	973	1099	79SSS9S	443	1392
37S1T18S	959	1195	80SSS10S	417	1368
38S1T19S	710	650	81SSS11S	565	831
39S1T20S	697	746	82SSS12S	477	753
40S1T21M	941	1162	83SSS13S	443	1428
41S1T21T	897	1151	84SSS14S	417	1404
42S1T22M	941	1186	85SSS15S	565	867
43S1T22T	897	1175	86SSS16S	477	789



SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	63 di 74

• Verifica a pressoflessione sommità (Pied-Sommità)

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	$E_s = 205000 \text{ N/mm}^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
Resistenza caratteristica	$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo	$f_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$
Coeff. di variazione	$v_c = 1.5$
Resistenza di calcolo	$f_{cd} = 22.1 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica	$f_{cc} = 18.8 \text{ N/mm}^2$

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

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

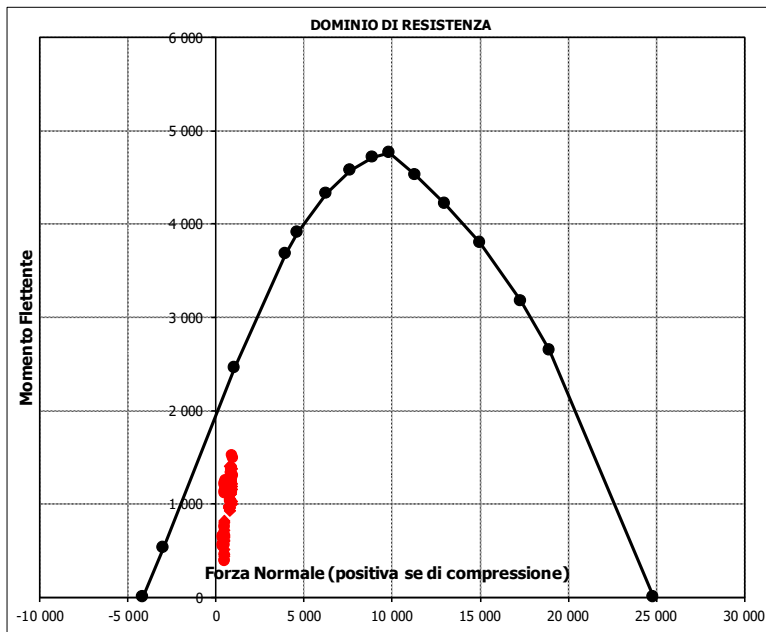
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
0	0	0.00	cm ²
		53.09	cm²

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

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	58S3-13T	931	-1496
(Nmin)	74SS4--	367	-659
(Mmax)	57S3-13M	876	1524
(Mmin)	51S1T29S	459	390

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	818	1184	44S1T23M	795	1141
02S1-11T	873	1155	45S1T23T	839	1118
03S1-12M	818	1215	46S1T24-	459	402
04S1-12T	873	1186	47S1T25-	489	561
05S1-13M	853	1400	48S1T26S	796	950
06S1-13T	908	1372	49S1T27S	796	965
07S1-14-	459	614	50S1T28S	809	1033
08S1-15-	494	800	51S1T29S	459	390
09S1-16S	857	1178	52S1T30S	472	458
10S1-17S	857	1194	53S3-11M	841	1308
11S1-18S	871	1265	54S3-11T	896	1279
12S1-19S	459	599	55S3-12M	841	1339
13S1-20S	473	670	56S3-12T	896	1310
14S1-21M	818	1027	57S3-13M	876	1524
15S1-21T	873	999	58S3-13T	931	1496
16S1-22M	818	1058	59S3-14S	880	1302
17S1-22T	873	1030	60S3-15S	880	1318
18S1-23M	853	1244	61S3-16S	894	1389
19S1-23T	908	1215	62S3-21M	841	1152
20S1-24-	459	458	63S3-21T	896	1123
21S1-25-	494	643	64S3-22M	841	1179
22S1-26S	857	1022	65S3-22T	896	1151
23S1-27S	857	1038	66S3-23M	871	1338
24S1-28S	871	1109	67S3-23T	926	1310
25S1-29S	459	443	68S3-24S	880	1146
26S1-30S	473	514	69S3-25S	880	1161
27S1T11M	764	1215	70S3-26S	893	1229
28S1T11T	809	1192	71SSS1--	515	1256
29S1T12M	764	1243	72SSS2--	489	1223
30S1T12T	809	1220	73SSS3--	455	770
31S1T13M	795	1402	74SSS4--	367	659
32S1T13T	839	1379	75SSS5--	515	1169
33S1T14-	459	663	76SSS6--	489	1136
34S1T15-	489	822	77SSS7--	455	683
35S1T16S	796	1211	78SSS8--	367	573
36S1T17S	796	1226	79SSS9S	517	1237
37S1T18S	809	1293	80SSS10S	491	1204
38S1T19S	459	651	81SSS11S	458	751
39S1T20S	472	718	82SSS12S	370	641
40S1T21M	764	955	83SSS13S	517	1151
41S1T21T	809	932	84SSS14S	491	1117
42S1T22M	764	982	85SSS15S	458	665
43S1T22T	809	959	86SSS16S	370	554



- 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	678
N_{Ed}	kN	0

Piedritto

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

Resistenza senza armatura a taglio

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

Resistenza con armatura a taglio

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

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	65 di 74

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	1014	kN m
Sforzo normale	N	842	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	110	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{s1} = \blacktriangledown$ 8.7 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \blacktriangledown$ 10.0 cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = \blacktriangledown$ 10.0 cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{t1} = \blacktriangledown$ 8.7 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	6.0	N/mm ²	< $\sigma_{c,amm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	138.3	N/mm ²	< $\sigma_{s,amm}$

Eccentricità	e (M)	120.5	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	65.5	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	40.0	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	12487	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	14506109.25	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id+}	5903653.673	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	817	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	1091	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	129.6	cm	
	u (M_{fess})	74.6	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.4		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	153.7	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	39.1	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	23.63	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2363.37	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0225	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000299935	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr edi armatura	ϕ_{eq}	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	ΔS_{max}	366.7515482	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	215.7362048	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.11	mm	

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	66 di 74

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	1015	kN m
Sforzo normale	N	907	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	110	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{s1} = \blacktriangledown$ 8.7 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \blacktriangledown$ 10.0 cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = \blacktriangledown$ 10.0 cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{t1} = \blacktriangledown$ 8.7 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	6.0	N/mm ²	< $\sigma_{c,amm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	133.5	N/mm ²	< $\sigma_{s,amm}$

Eccentricità	e (M)	111.9	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	56.9	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	41.0	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	12487	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	14506109.25	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id+}	6018322.884	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	831	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	1105	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	121.8	cm	
	u (M_{fess})	66.8	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.5		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	151.4	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	39.8	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	23.39	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2338.61	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0227	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000295474	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	ϕ_{eq}	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	ΔS_{max}	364.6897413	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	214.5233772	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.11	mm	

SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	67 di 74

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_{cc}	18.8 N/mm ²

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

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

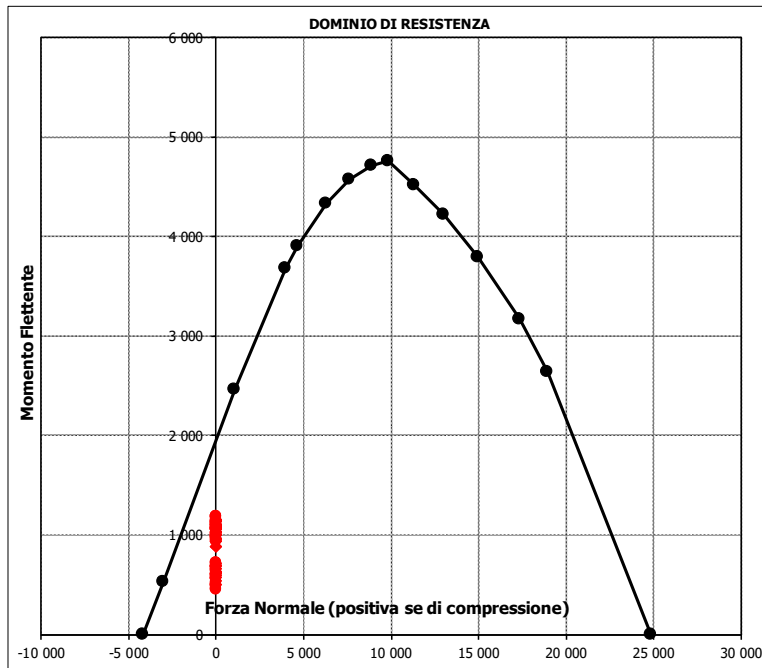
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
0	0	0.00	cm ²
			53.09 cm ²

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

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)			
(Nmin)			
(Mmax)	61S3-16S	0	1193
(Mmin)	78SSS8--	0	460

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	1095	44S1T23M	0	985
02S1-11T	0	1100	45S1T23T	0	990
03S1-12M	0	1030	46S1T24-	0	491
04S1-12T	0	1035	47S1T25-	0	594
05S1-13M	0	1148	48S1T26S	0	971
06S1-13T	0	1154	49S1T27S	0	941
07S1-14-	0	579	50S1T28S	0	990
08S1-15-	0	697	51S1T29S	0	518
09S1-16S	0	1134	52S1T30S	0	567
10S1-17S	0	1102	53S3-11M	0	1134
11S1-18S	0	1154	54S3-11T	0	1139
12S1-19S	0	612	55S3-12M	0	1069
13S1-20S	0	664	56S3-12T	0	1074
14S1-21M	0	1023	57S3-13M	0	1187
15S1-21T	0	1029	58S3-13T	0	1192
16S1-22M	0	958	59S3-14S	0	1173
17S1-22T	0	964	60S3-15S	0	1141
18S1-23M	0	1076	61S3-16S	0	1193
19S1-23T	0	1082	62S3-21M	0	1062
20S1-24-	0	507	63S3-21T	0	1067
21S1-25-	0	626	64S3-22M	0	1004
22S1-26S	0	1062	65S3-22T	0	1010
23S1-27S	0	1030	66S3-23M	0	1107
24S1-28S	0	1082	67S3-23T	0	1113
25S1-29S	0	541	68S3-24S	0	1101
26S1-30S	0	592	69S3-25S	0	1070
27S1T11M	0	1060	70S3-26S	0	1120
28S1T11T	0	1064	71SSS1--	0	722
29S1T12M	0	1002	72SSS2--	0	690
30S1T12T	0	1007	73SSS3--	0	606
31S1T13M	0	1105	74SSS4--	0	500
32S1T13T	0	1110	75SSS5--	0	682
33S1T14-	0	611	76SSS6--	0	650
34S1T15-	0	714	77SSS7--	0	566
35S1T16S	0	1091	78SSS8--	0	460
36S1T17S	0	1060	79SSS9S	0	723
37S1T18S	0	1110	80SSS10S	0	691
38S1T19S	0	637	81SSS11S	0	607
39S1T20S	0	687	82SSS12S	0	501
40S1T21M	0	940	83SSS13S	0	683
41S1T21T	0	944	84SSS14S	0	651
42S1T22M	0	883	85SSS15S	0	567
43S1T22T	0	887	86SSS16S	0	461



SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	68 di 74

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

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

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

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

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

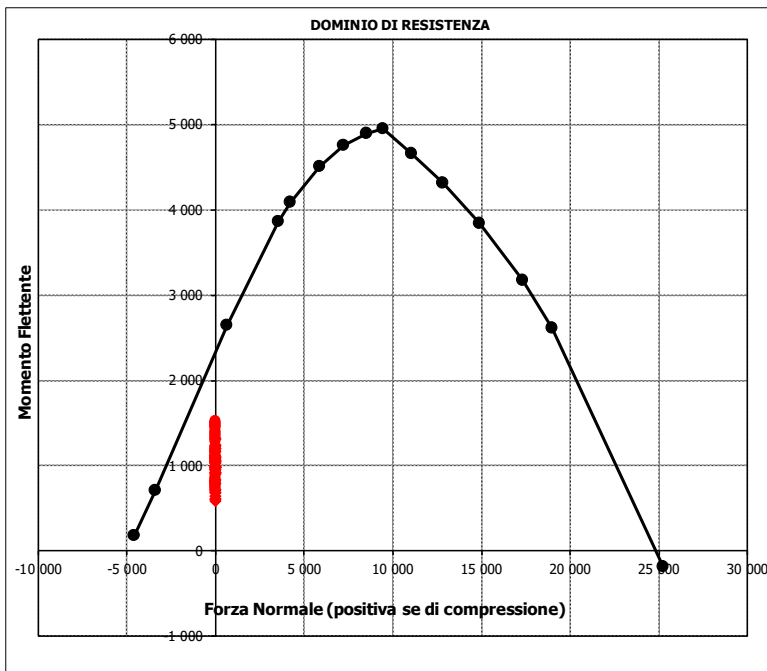
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
5	16	10.05	cm ²
		0.00	cm ²
			63.15 cm²

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

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)			
(Nmin)			
(Mmax)	75SSS--	0	1522
(Mmin)	38S1T19S	0	587

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	921	44S1T23M	0	1331
02S1-11T	0	917	45S1T23T	0	1327
03S1-12M	0	988	46S1T24-	0	736
04S1-12T	0	983	47S1T25-	0	959
05S1-13M	0	1245	48S1T26S	0	1077
06S1-13T	0	1241	49S1T27S	0	1109
07S1-14-	0	646	50S1T28S	0	1211
08S1-15-	0	904	51S1T29S	0	709
09S1-16S	0	956	52S1T30S	0	811
10S1-17S	0	988	53S3-11M	0	1045
11S1-18S	0	1095	54S3-11T	0	1040
12S1-19S	0	612	55S3-12M	0	1111
13S1-20S	0	719	56S3-12T	0	1107
14S1-21M	0	995	57S3-13M	0	1369
15S1-21T	0	990	58S3-13T	0	1364
16S1-22M	0	1061	59S3-14S	0	1079
17S1-22T	0	1057	60S3-15S	0	1112
18S1-23M	0	1319	61S3-16S	0	1219
19S1-23T	0	1314	62S3-21M	0	1118
20S1-24-	0	720	63S3-21T	0	1114
21S1-25-	0	977	64S3-22M	0	1177
22S1-26S	0	1029	65S3-22T	0	1172
23S1-27S	0	1062	66S3-23M	0	1399
24S1-28S	0	1169	67S3-23T	0	1395
25S1-29S	0	686	68S3-24S	0	1153
26S1-30S	0	793	69S3-25S	0	1184
27S1T11M	0	927	70S3-26S	0	1286
28S1T11T	0	924	71SSS1--	0	1481
29S1T12M	0	986	72SSS2--	0	1463
30S1T12T	0	982	73SSS3--	0	828
31S1T13M	0	1209	74SSS4--	0	768
32S1T13T	0	1205	75SSS5--	0	1522
33S1T14-	0	614	76SSS6--	0	1504
34S1T15-	0	837	77SSS7--	0	868
35S1T16S	0	955	78SSS8--	0	809
36S1T17S	0	986	79SSS9S	0	1461
37S1T18S	0	1088	80SSS10S	0	1443
38S1T19S	0	587	81SSS11S	0	807
39S1T20S	0	689	82SSS12S	0	747
40S1T21M	0	1050	83SSS13S	0	1501
41S1T21T	0	1046	84SSS14S	0	1483
42S1T22M	0	1108	85SSS15S	0	848
43S1T22T	0	1105	86SSS16S	0	788



- 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	798
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		10
\varnothing_1	mm	26
n_2		5
\varnothing_2	mm	16
Asl	cm ²	63.15

Sezione

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

Resistenza senza armatura a taglio

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

Resistenza con armatura a taglio

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

**SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo
autostradale km 84+827.76**
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	SL0900001	A	70 di 74

• Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	798	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

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

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	110	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	53.09	cm ²	10 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	4.3	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	163.5	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}	12487	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	14506109.25	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id+}	5304043.023	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}	913	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	187.1	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	$h_{c,eff}$	27.05	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2704.74	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0196	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000365034	-	
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}	395.1701475	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	232.453028	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.08	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.14	mm	

• Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	962	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

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

Caratteristiche geometriche

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

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.0	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	168.1	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	31.1	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	12627	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	14800711.22	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	6026268.081	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	652	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	932	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}	4.8		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	162.8	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	31.1	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	26.30	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	63.15	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	2630.16	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0240	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000317687	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	ϕ_{eq}	23.65	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	337.441337	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	198.4949041	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.11	mm	

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A	FOGLIO 72 di 74

11. INCIDENZA SCATOLARE

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

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

Come previsto dall' Eurocodice (UNI EN 1992-1-1) per le piastre a portanza unidirezionale si raccomanda di prevedere un'armatura secondaria in quantità non minore del 20% dell'armatura principale.

Pertanto nel calcolo è stata considerata un' armatura longitudinale diffusa $\phi 20/20$ ed un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature e spille.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL09 - Nuovo Sottovia Ramo bidirezionale svincolo autostradale km 84+827.76 Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0900001	REV. A	FOGLIO 73 di 74

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.