

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

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

### OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19

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 4 0 0   0 0 1   A

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

File: IV0I00D26CLSL0400001A.docx

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
4.1 Calcestruzzo per magrone di sottofondazione.....	6
4.2 Calcestruzzo per strutture scatolari.....	6
4.3 Acciaio ordinario per calcestruzzo armato .....	7
<b>5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....</b>	<b>9</b>
5.1 Profondità della falda.....	9
<b>6. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>10</b>
6.1 Pesì propri.....	10
6.2 Permanenti non strutturali.....	10
6.3 Carichi mobili (traffico ferroviario).....	11
6.4 Azione di avviamento / frenatura .....	14
6.5 Azione di serpeggio .....	14
6.6 Azione del sisma.....	14
6.7 Ritiro del calcestruzzo .....	16
6.8 Variazione termica.....	16
6.9 Spinta statica del terreno.....	17
6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale .....	18
6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche .....	18
<b>7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....</b>	<b>19</b>
<b>8. VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>21</b>
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....	21
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	21
8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio.....	23

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>												
<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL0400 001</td> <td>A</td> <td>2 di 74</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D 26 CL	SL0400 001	A	2 di 74
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D 26 CL	SL0400 001	A	2 di 74								

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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	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 SL04 in località Borghetto.

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

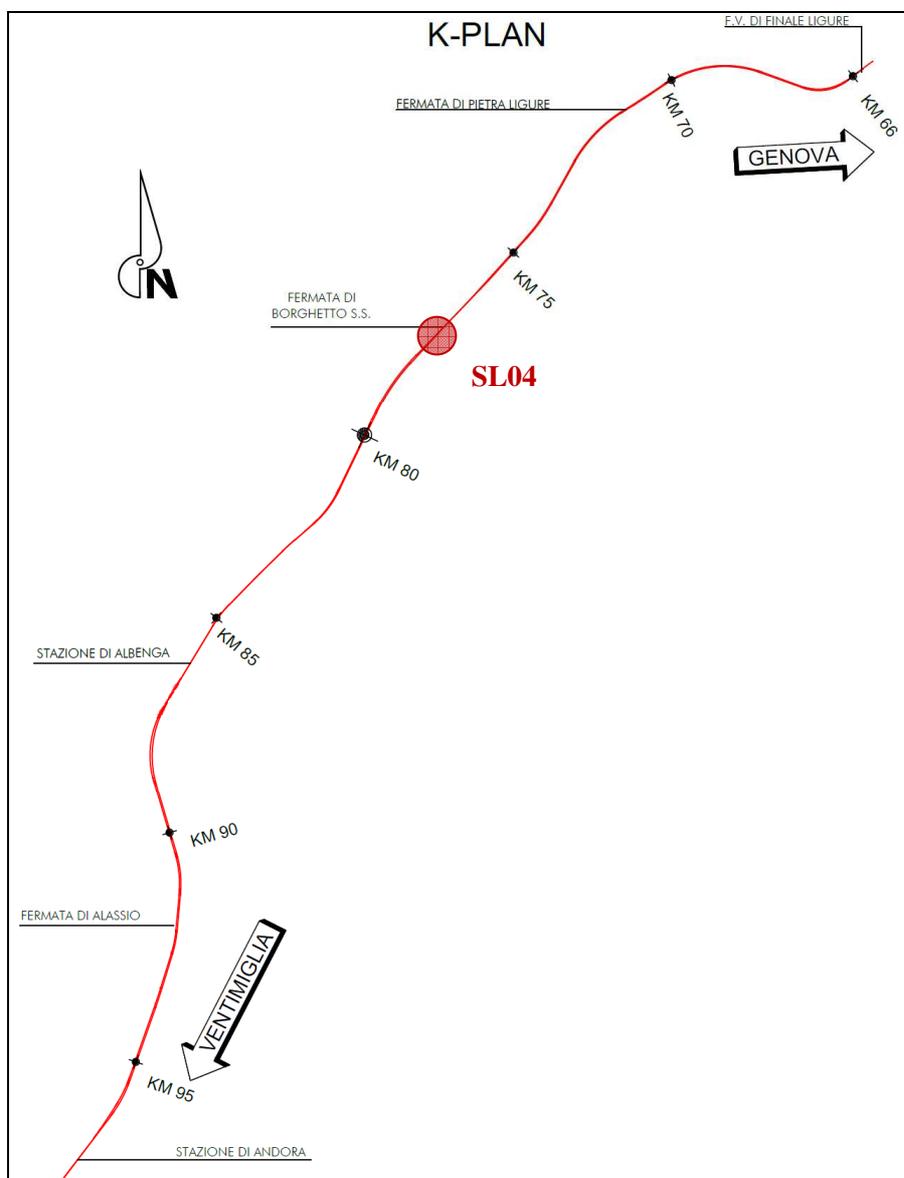


Figura 1: Raddoppio tratta Finale L. - Andora. Inquadramento dell'opera

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	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:

<b>Ricoprimento</b>				
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		0.30	m
<b>Geometria</b>				
Spessore soletta superiore	Ss		1.20	m
Spessore soletta di fondazione	Sf		1.20	m
Spessore piedritti	Sp		1.20	m
Altezza netta	Hint		6.50	m
Larghezza netta	Lint		12.50	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L		15.75	m

La struttura sarà realizzata in c.a. gettato in opera senza giunti intermedi.

Si trascura a favore di sicurezza la presenza del riempimento interno.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A	FOGLIO 5 di 74

### 3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

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

Riferimenti STI:

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

## 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 Calcestruzzo per magrone di sottofondazione

MAGRONE - C12/15				
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza cubica a compressione	$R_{ck}$		N/mm <sup>2</sup>	15
Contenuto minimo cemento			kg/m <sup>3</sup>	150

### 4.2 Calcestruzzo per strutture scatolari

CALCESTRUZZO			
I calcestruzzi impiegati devono essere conformi alla UNI EN 206-1 ed alla UNI 11104 e rispondere alle seguenti prestazioni:			
Campo d'impiego			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 <sup>3</sup> ]	340
Contenuto minimo di aria		[%]	-
Diametro massimo dell'aggregato	$D_{upper}$	[mm]	25
Copriferro nominale	$c_{nom}$	[mm]	50
Resistenza caratteristica cubica a 28gg	$R_{ck}$	[MPa]	40
Resistenza caratteristica cilindrica a 28gg	$f_{ck}$	[MPa]	33.2
Resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	[MPa]	41.2
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	[MPa]	3.1
Resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	$f_{ctk}$	[MPa]	2.2
Resistenza a trazione per flessione	$f_{cfm}$	[MPa]	3.7
Modulo elastico istantaneo (secante a 0.4 $f_{cm}$ )	$E_{cm}$	[MPa]	33643
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$	[°C <sup>-1</sup> ]	1.0E-05
Coeff. per condizioni di aderenza	$\eta_1$	[-]	1.0
Coeff. $\emptyset$ barre per aderenza	$\eta_2$	[-]	1.0
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	$f_{bk}$	[MPa]	4.9
Coeff. riduttivo resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	[-]	0.85
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_c$	[-]	1.50
Resistenza di progetto a compressione	$f_{cd}$	[MPa]	18.8
Resistenza di progetto a trazione	$f_{ctd}$	[MPa]	1.4
Resistenza tangenziale di aderenza di progetto	$f_{bd}$	[MPa]	3.3

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

### 4.3 Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

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

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

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

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p elementi a piastra		cavi da c.a.p altri elementi	
C <sub>min</sub>	C <sub>o</sub>	ambiente	C <sub>≥</sub> C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤C<C <sub>o</sub>	C <sub>≥</sub> C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤C<C <sub>o</sub>	C <sub>≥</sub> C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤C<C <sub>o</sub>	C <sub>≥</sub> C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤C<C <sub>o</sub>
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

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

Classe di esposizione: XC4

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A	FOGLIO 8 di 74

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

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

Con  $\delta_f$  apertura delle fessure e  $w_1$  valore limite dell'apertura delle fessure.

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	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:

INDICAZIONI INTEGRATIVE OOPP - VALIDE PER QUOTE SUPERIORI A QUOTA TESTA PALO									
Unità	Profondità m slm	$\gamma$ kN/mc	$\phi$ °	$c'$ kPa	$c_u$ kPa	$E$ MPa	$V_s$ m/s	$v$ -	
-									
1	+16 ÷ +14	19	28	0	-	10	-	0.3	
2	+14 ÷ TOP**	19.5	32	0	-	30	220	0.3	
** testa palo									
Unità	Descrizione	Prof top m TOP*	$\gamma$ kN/mc	$\phi$ °	$c'$ kPa	$c_u$ kPa	$E$ MPa	$V_s$ m/s	$v$ -
-	-								
2	Sabbia ghiaiosa limosa da poco a mediamente addensata	0	19.5	32	0	-	30	220	0.3
3	Alternanza di limo sabbioso debolmente argilloso e sabbia limosa	8	20	26	10	40	8	220	0.25
2	Sabbia ghiaiosa limosa da poco a mediamente addensata	9.5	19.5	32	0	-	30	220	0.3
3	Alternanza di limo sabbioso debolmente argilloso e sabbia limosa	12.5	20	26	10	40	8	220	0.25
2	Sabbia ghiaiosa limosa da poco a mediamente addensata	19.5	19.5	32	0	-	30	220	0.3
3	Limo debolmente sabbioso debolmente argilloso	29.5	20	26	10	90	8	220	0.25
CMV	Limo sabbioso con presenza di clasti e frammenti fossiferi	41.5	19	33	0	-	>50	400	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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>												
<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL0400 001</td> <td>A</td> <td>10 di 74</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D 26 CL	SL0400 001	A	10 di 74
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D 26 CL	SL0400 001	A	10 di 74								

## 6. ANALISI DEI CARICHI

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

### 6.1 Pesì propri

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

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

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

Calcestruzzo armato:	$\gamma_{c.a.}$	= 25.00 kN/m <sup>3</sup>
Rilevato:	$\gamma_{ril}$	= 20.00 kN/m <sup>3</sup>
Ballast + armamento:	$\gamma_{ballast}$	= 18.00 kN/m <sup>3</sup>

### 6.2 Permanenti non strutturali

Il peso dei carichi permanenti in copertura è stato calcolato considerando i differenti spessori di ballast e supercompattato, ciascuno per il suo peso dell'unità di volume:

$$q_{pp} = h_b \gamma_b + h_{sc} \gamma_{sc}$$

dove:

- $h_b$  = spessore del ballast;
- $\gamma_b$  = peso specifico del ballast;
- $H_{sc}$  = spessore del super compattato;
- $\gamma_b$  = peso specifico del super compattato.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	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

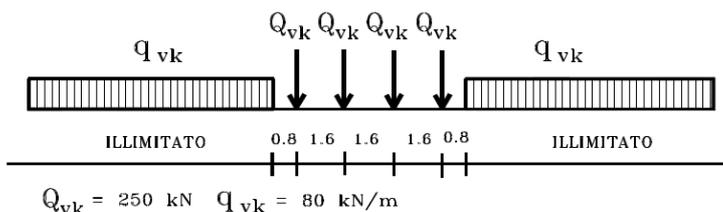
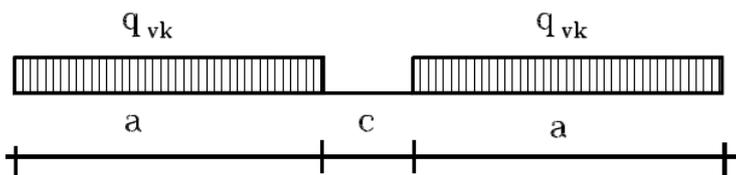


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

### Coefficiente di amplificazione dinamica $\Phi$ :

Le sollecitazioni e gli spostamenti determinati sulle strutture dall'applicazione statica dei treni di carico debbono essere incrementati per tener conto della natura dinamica del transito dei convogli.

Per linee a ridotto standard manutentivo  $\Phi$  sarà:

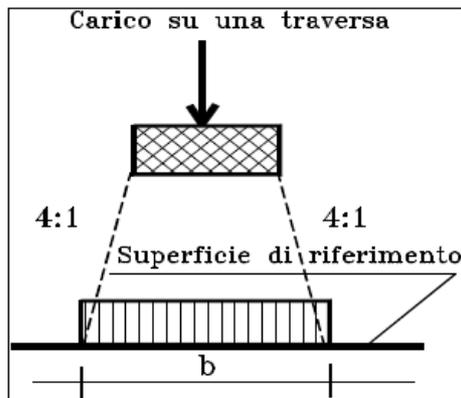
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

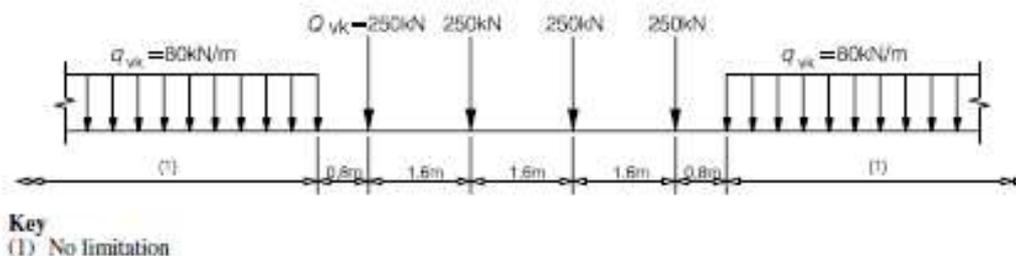
$L_\Phi$  rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

### Determinazione delle larghezze di diffusione dei carichi mobili:

La diffusione dei carichi attraverso ballast avviene con pendenza 4:1, attraverso il ricoprimento con angolo di attrito mentre, nella soletta in cls con pendenza 1:1.



Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

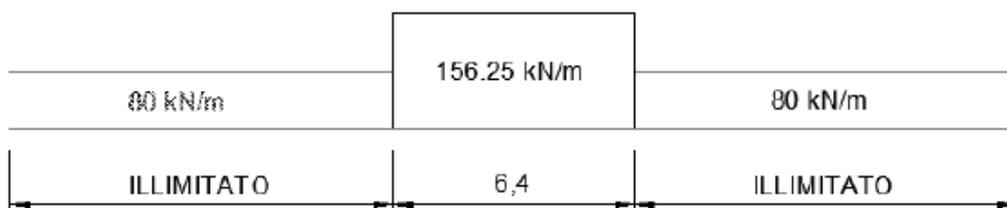


Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

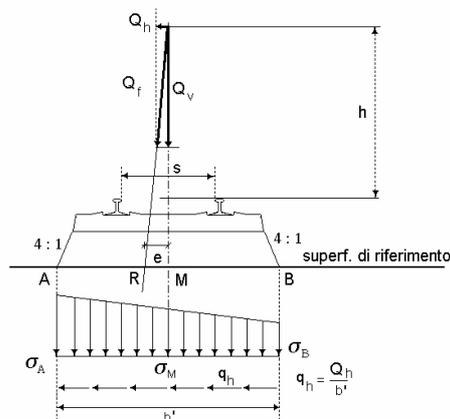
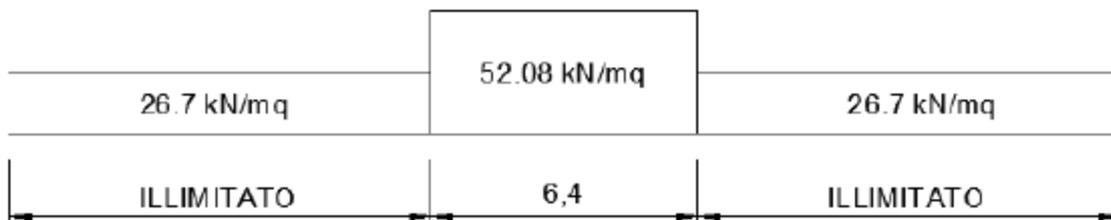
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

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

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



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



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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

#### 6.4 Azione di avviamento / frenatura

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

I valori caratteristici considerati sono i seguenti:

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

#### 6.5 Azione di serpeggio

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

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

#### 6.6 Azione del sisma

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

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$
- Vita nominale  $V_N = 75$  anni
- Categoria di suolo: C
- 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:

Reticolo di riferimento



Controllo sul

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

superficie riga

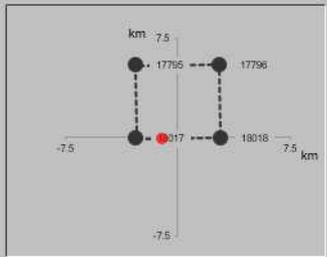
Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



a "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le ... zioni sismiche possono essere ... ignificativamente diverse da quelle ... osi individuate e si consiglia, quindi, ... a "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

Valori di progetto

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

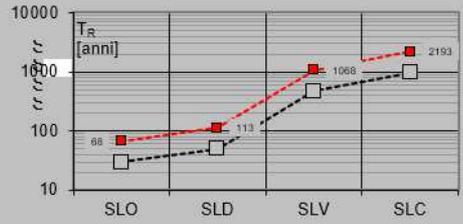
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

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

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

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

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_d$	0.155 g
$F_{0.5}$	2.468
$T_C$	0.301 s
$S_S$	1.471
$C_C$	1.561
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.471
$\eta$	1.000
$T_B$	0.157 s
$T_C$	0.470 s
$T_D$	2.220 s

### 6.7 Ritiro del calcestruzzo

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

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

### 6.8 Variazione termica

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

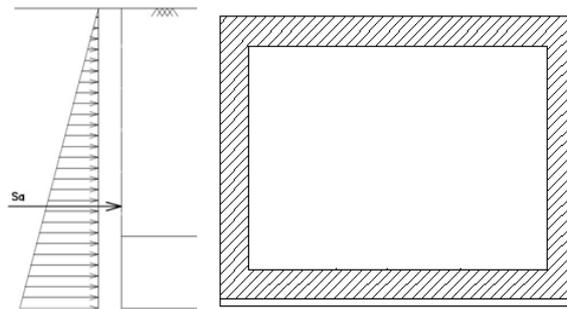
Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A	FOGLIO 17 di 74

## 6.9 Spinta statica del terreno

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



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

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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A	FOGLIO 18 di 74

### 6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante a tergo, si considera un carico uniformemente distribuito. Il valore della spinta risultante al metro è dunque pari a  $S=k_0 \cdot q \cdot H$ , con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste.

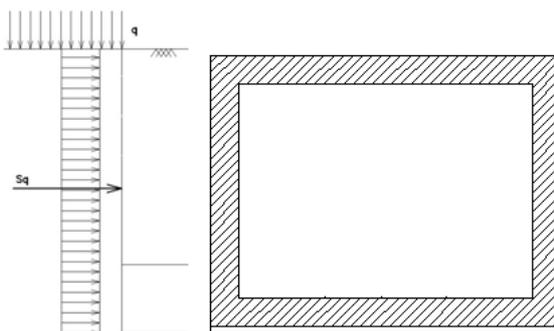


Figura 6.4– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

### 6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad  $H/2$ .

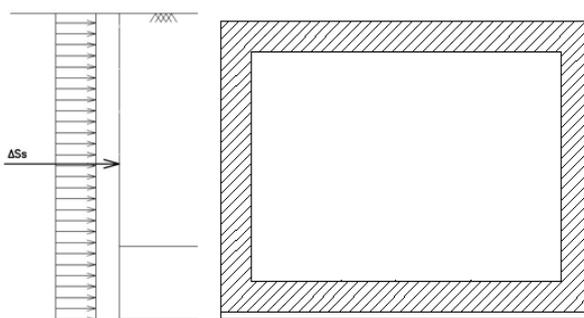


Figura 6.5– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

## 7. COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione Rara (SLE irreversibile):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Frequente (SLE reversibile):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella tabella seguente.

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	↓	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante

(1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc...)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Tab. 1 – Valutazione dei carichi da traffico

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione  $\psi$  delle tabelle seguenti.

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

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

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL0400 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 21 di 74</p>

## 8. VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

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

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

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

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

### 8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

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

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

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

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

- Resistenza di progetto a "taglio trazione":

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

- Resistenza di progetto a "taglio compressione":

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

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	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;

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

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

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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	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:

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

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

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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A	FOGLIO 24 di 74

## 9. VERIFICHE GEOTECNICHE

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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

## 10. ANALISI STRUTTURALE

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

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

Convenzione assi

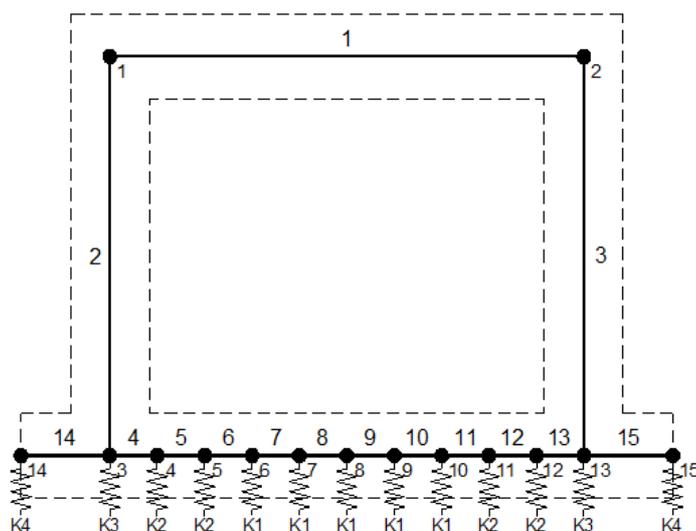
**x** = asse trasversale dello scatolare

**y** = asse longitudinale dello scatolare

**z** = asse verticale dello scatolare

### 10.1 Modellazione strutturale : Scatolare

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



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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

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

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

Per la rigidezza delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale Kw pari a 3129 kN/m<sup>3</sup>. Tale valore viene valutato tramite la teoria di Bowles, note le dimensioni della fondazione dell'opera e il modulo elastico del terreno di fondazione:

$$k_s = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

Dove:

E	modulo elastico del terreno
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:

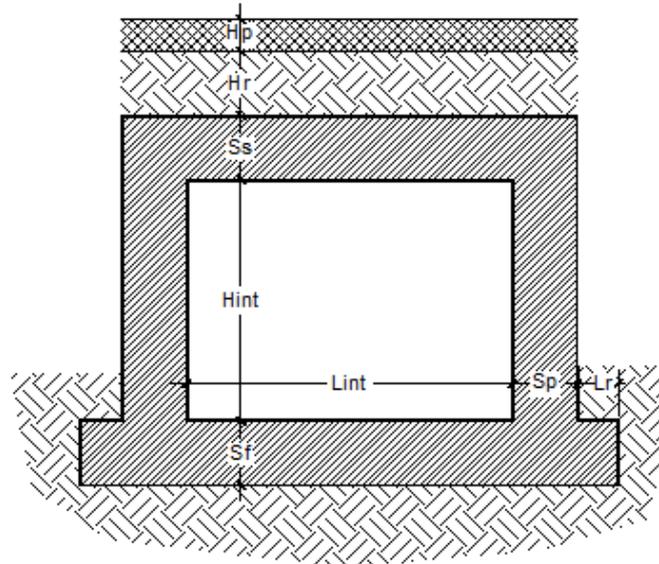
<b>Rigidezze molle verticali</b>				
Modulo elastico del terreno	E <sub>t</sub>		30.00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	v		0.30	-
Larghezza della fondazione	B	B = L <sub>r</sub> +S <sub>p</sub> +L <sub>nit</sub> +S <sub>p</sub> +L <sub>r</sub>	14.90	m
Lato maggiore della fondazione	L		15.75	m
Fattore di forma	C <sub>t</sub>		0.88	-
Terreno di fondazione - Costante di sottofondo	K <sub>w</sub>	K <sub>w</sub> = E <sub>t</sub> /(1-ν <sup>2</sup> )*B*c <sub>t</sub>	2507	kN/m <sup>3</sup>
Interasse molle	i	i = (S <sub>p</sub> /2+L <sub>nit</sub> +S <sub>p</sub> /2)/10	1.37	m
Molle centrali	K1	K <sub>1</sub> = K <sub>w</sub> *i	3 434	kN/m
Molle intermedie	K2	K <sub>2</sub> = 1.50*K <sub>w</sub> *i	5 151	kN/m
Molle laterali	K3	K <sub>3</sub> = 2.00*K <sub>w</sub> *(i/2+S <sub>p</sub> /2)	6 442	kN/m
Molle risvolto	K4	K <sub>4</sub> = 1.50*K <sub>w</sub> *L <sub>r</sub>	0	kN/m

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

## 10.2 Analisi dei carichi

### Geometria

Caratteristiche materiali e terreno				
Calcestruzzo armato - Peso specifico	$\gamma$		25	kN/m <sup>3</sup>
Calcestruzzo armato - Tipo			C32/40	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	$R_{ck}$		40	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	$f_{ck}$	$0.83 \cdot 40 =$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	$E$		33600	N/mm <sup>2</sup>
Ballast - Peso specifico	$\gamma_b$		18	kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato - Peso specifico	$\gamma$		20	kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	$\varphi$		38	°
Terreno di riempimento laterale - Peso specifico	$\gamma$		20	kN/m <sup>3</sup>
Terreno di riempimento laterale - Angolo di attrito	$\varphi$		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	$H_r$		0.30	m
Geometria				
Spessore soletta superiore	$S_s$		1.20	m
Spessore soletta di fondazione	$S_f$		1.20	m
Spessore piedritti	$S_p$		1.20	m
Altezza netta	$H_{int}$		6.50	m
Larghezza netta	$L_{int}$		12.50	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	$L_r$		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	$L$		15.75	m



Tab. 4: Geometria del modello

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

### Azioni elementari applicate

<b>Carichi permanenti (Condizione PERM)</b>					
Soletta superiore					
Peso ballast	Ps	$0.80 \cdot 18 =$	14.40	kN/m <sup>2</sup>	
Peso del rinterro	Pr	$0.30 \cdot 20 =$	6.00	kN/m <sup>2</sup>	
Totale		$(Pr+Ps) \cdot r$	<b>22.19</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	
Risvolti soletta inferiore					
Peso ballast	Ps	-	0.00	kN/m <sup>2</sup>	
Peso del rinterro	Pr	-	0.00	kN/m <sup>2</sup>	
Totale			<b>0.00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	
<b>Carichi accidentali sulla copertura LM71 (Condizioni ACC-M71 e ACC-T71)</b>					
Coefficiente dinamico					
Lunghezza caratteristica per coeff. din.	L <sub>0</sub>	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (7.10 + 13.70 + 7.10)$	12.09	m	
Coefficiente dinamico	Φ <sub>3</sub>	$= 0.9 \cdot (2.16 / (\text{radq}(12.09) - 0.2) + 0.73)$	1.25		
Qvk					
Coefficiente di adattamento	α		1.10		
Larghezza traversa	Lt		2.40	m	
Impronta di carico y	Ld1	$2.40 + 2 \times (0.40/4 + 0.30 \times \text{TAN}(38^\circ) + 1.20/2) =$	4.27	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)		$1.1 \cdot 1.25 \cdot 1000 / (4.27 \cdot 6.40) =$	<b>50.34</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	
qvk					
Carico qvk			80	kN/m	
Carico qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.25 \cdot 80 / 4.27 =$	<b>25.77</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	
<b>Carichi accidentali sulla copertura SW/2 (Condizioni ACC-MSW e ACC-TSW)</b>					
Coefficiente di adattamento	α		1.00		
Carico qvk			150	kN/m	
Carico qvk (ripartito)		$1 \cdot 1.25 \cdot 150 / 4.27 =$	<b>43.93</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	
<b>Avviamento e frenatura (Condizione AVV)</b>					
Q1ak (= α*33 / Ld1)		$\alpha \cdot 33 / 4.27 =$	<b>8.50</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	

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

**SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19**  
**Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	SL0400 001	A	29 di 74

<b>Azione termica (Condizione TERM)</b>					
Variazione termica uniforme	$\Delta T_U$		15	°	
Variazione termica a farfalla	$\Delta T_F$		5	°	
Variazione termica uniforme di calcolo	$\Delta T_{U*}$	$15 / 2 =$	7.50	°	
Variazione termica a farfalla di calcolo	$\Delta T_{F*}$	$5 / 2 =$	2.50	°	
<b>Ritiro (Condizione RITIRO)</b>					
Ritiro applicato alla sol. Superiore	$\Delta T_R$		-10	°	
<b>Coefficienti di spinta statici del terreno</b>					
Grado di sovraconsolidazione	OCR		1	-	
Coefficiente dipendente dall'OCR	m		0.5	-	
Angolo di attrito - terreno ai lati dei piedritti	$\phi$		38.00	°	
Coefficiente di spinta a riposo	$K_0$	$K_0 = [1 - \text{sen}(\phi_t)] * \text{OCR}^m$	0.38	-	
Angolo di attrito terreno-muro	$\delta$		25.3	°	
Inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale	$\beta$		0	°	
Inclinazione piedritto rispetto alla verticale	$\alpha$		90	°	
Coefficiente di spinta attiva	$K_a$		0.22	-	
<b>Spinta del terreno (Condizioni SPTSX e SPTDX)</b>					
K01		$1 - \text{sen}(38^\circ) =$	0.384		
K02		$1 - \text{sen}(38^\circ) =$	0.384		
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.384 \cdot 22.00 =$	8.46	kN/m <sup>2</sup>	
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.384 \cdot (22.00 + 20 \cdot 1.20/2) =$	13.07	kN/m <sup>2</sup>	
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.384 \cdot [22.00 + 20 \cdot (1.20 + 6.50 + 1.20/2)] =$	72.26	kN/m <sup>2</sup>	
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.384 \cdot [22.00 + 20 \cdot (1.20 + 6.50 + 1.20)] =$	76.87	kN/m <sup>2</sup>	
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(8.46 + 13.07)/2 \cdot 1.20/2$	6.46	kN/m	
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(72.26 + 76.87)/2 \cdot 1.20/2$	44.74	kN/m	
<b>Spinta del carico accidentale LM71 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)</b>					
Spinta dovuta al q1	p	$0.384 \cdot 1.1 \cdot 1000 / (4.27 \cdot 6.40) =$	15.47	kN/m <sup>2</sup>	
<b>Spinta del carico accidentale SW/2 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)</b>					
Spinta dovuta al q1	p	$0.384 \cdot 1 \cdot 150 / (4.27 \cdot 6.40) =$	2.11	kN/m <sup>2</sup>	
<b>Sisma orizzontale (Condizione SISMAH)</b>					
Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV		
Vita nominale	$V_N$		75	anni	
Classe d'uso			III		
Coefficiente $C_U$	$C_U$		1.5		
Periodo di riferimento	$V_R$		112.5	anni	
Accelerazione orizzontale	$a_g/g$		0.155		
Amplificazione spettrale	$F_0$		2.468		
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	C		
Coeff. Amplificazione stratigrafica	$S_s$		1.470		
Coeff. Amplificazione topografica	$S_t$		1		
Coefficiente S	S	$= S_s \cdot S_t$	1.470		
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g$	$= a_g/g \cdot S$	0.228		
Fattore di struttura	q		1.00		
Coeff. sismico orizzontale	$k_h$	$= a_{max}/g$	0.228		
Coeff. sismico verticale	$k_v$	$= \pm 0.5 \cdot k_h$	0.114		
Carico accidentale totale gravante sulla cop.		$1.1 \cdot 1000 / (4.27 \cdot 6.40) \cdot 6.40 + 1.1 \cdot 80 / 4.27 \cdot 14.90 =$	564.8	kN/m	
Forza orizz. sulla sol. di cop.	F <sub>Hs</sub>	$0.228 \cdot (1.20 \cdot 25 + 22.19 + 0.2 \cdot 564.8 / 13.70) / 1.00 =$	13.77	kN/m <sup>2</sup>	
Forza orizz. sui piedritti	F <sub>Hp</sub>	$0.228 \cdot (1.20 \cdot 25) / 1.00 =$	6.84	kN/m <sup>2</sup>	
<b>Sisma verticale (Condizione SISMAV)</b>					
Forza vert. sulla sol. di cop.	F <sub>Vs</sub>	$0.114 \cdot (1.20 \cdot 25 + 22.19 + 0.2 \cdot 564.8 / 13.70) / 1.00 =$	6.89	kN/m <sup>2</sup>	
<b>Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSPDX)</b>					
Risultante della spinta sismica	$\Delta S_E$	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (\text{Hint} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.228 \cdot 20 \cdot 10.00$	455.8	kN/m	
Pressione risultante	$\Delta p_E$	$= \Delta S_E / H = 455.8 / 7.70$	59.20	kN/m <sup>2</sup>	

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

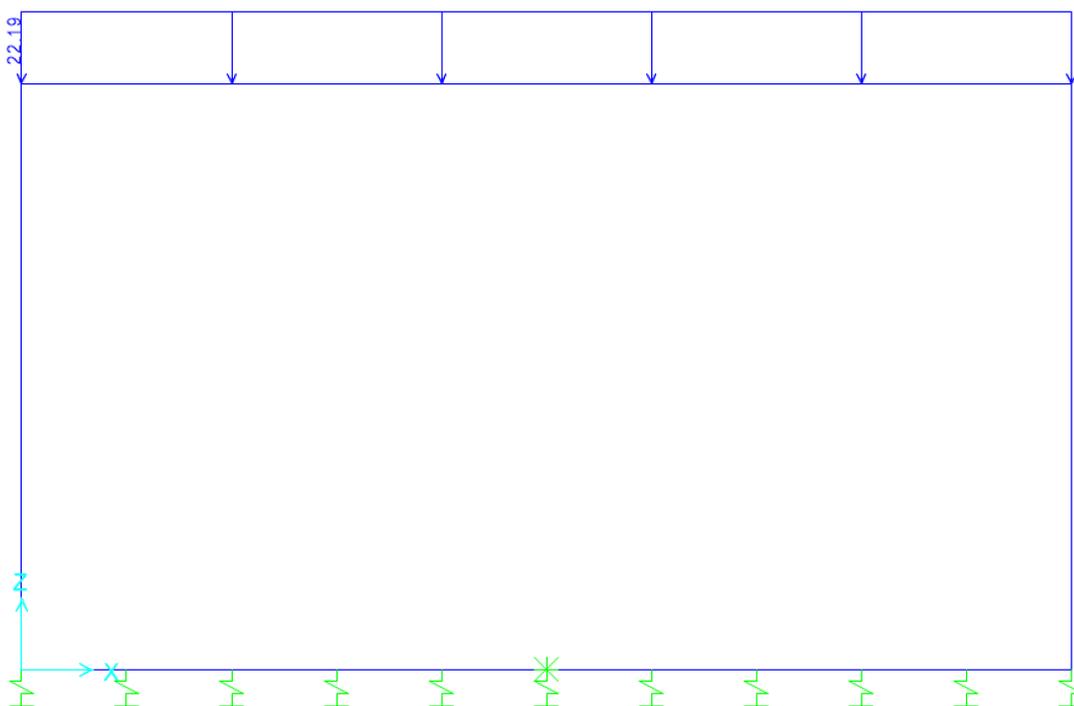


Figura 6: Condizione di carico PERM (kN/m/m)

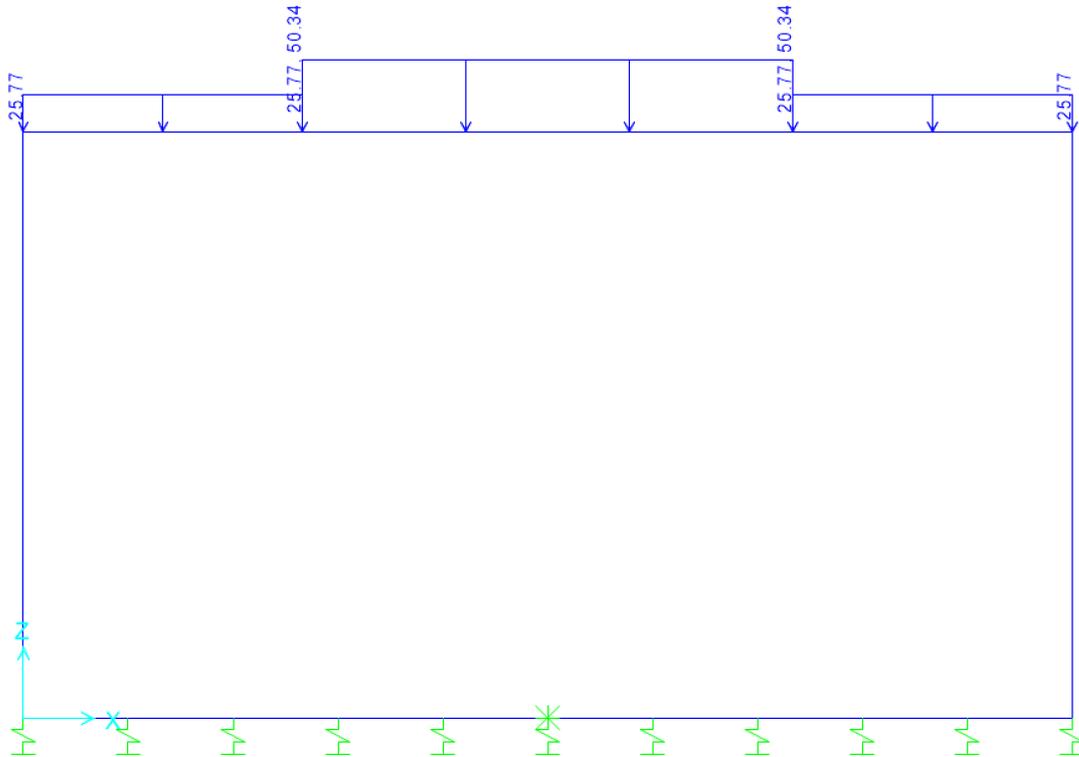


Figura 7: Condizione ACC-LM71-  $M(kN/m/m)$

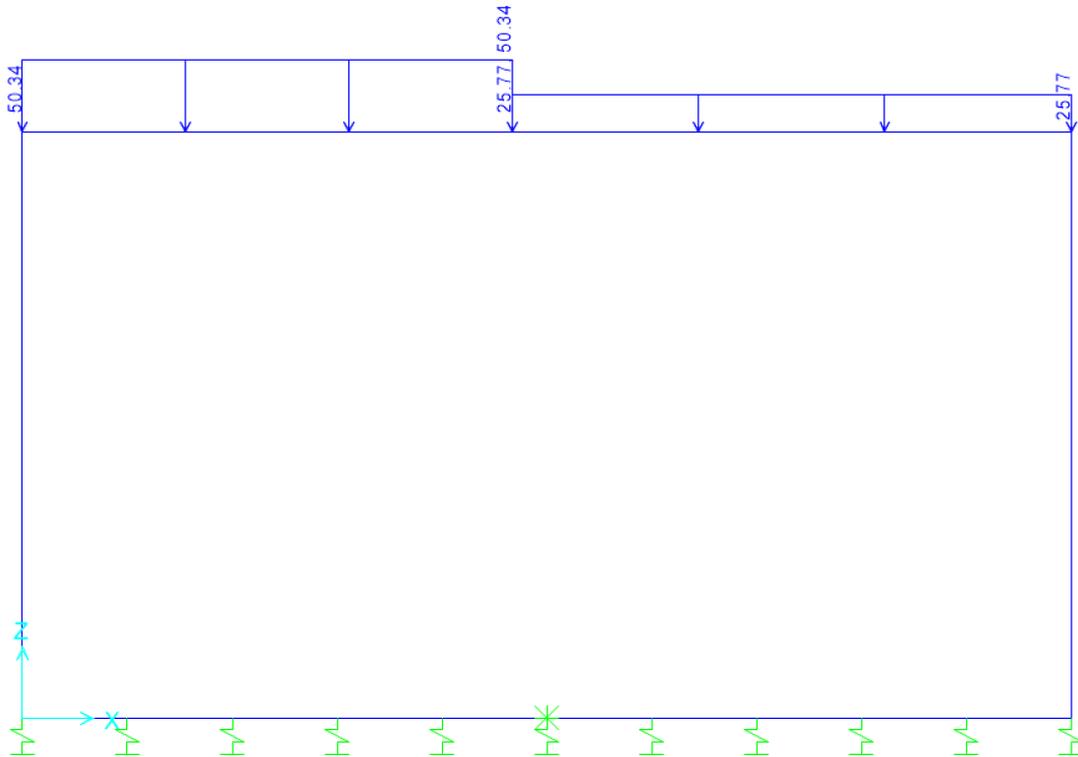


Figura 8: Condizione ACC-LM71- T(kN/m/m)

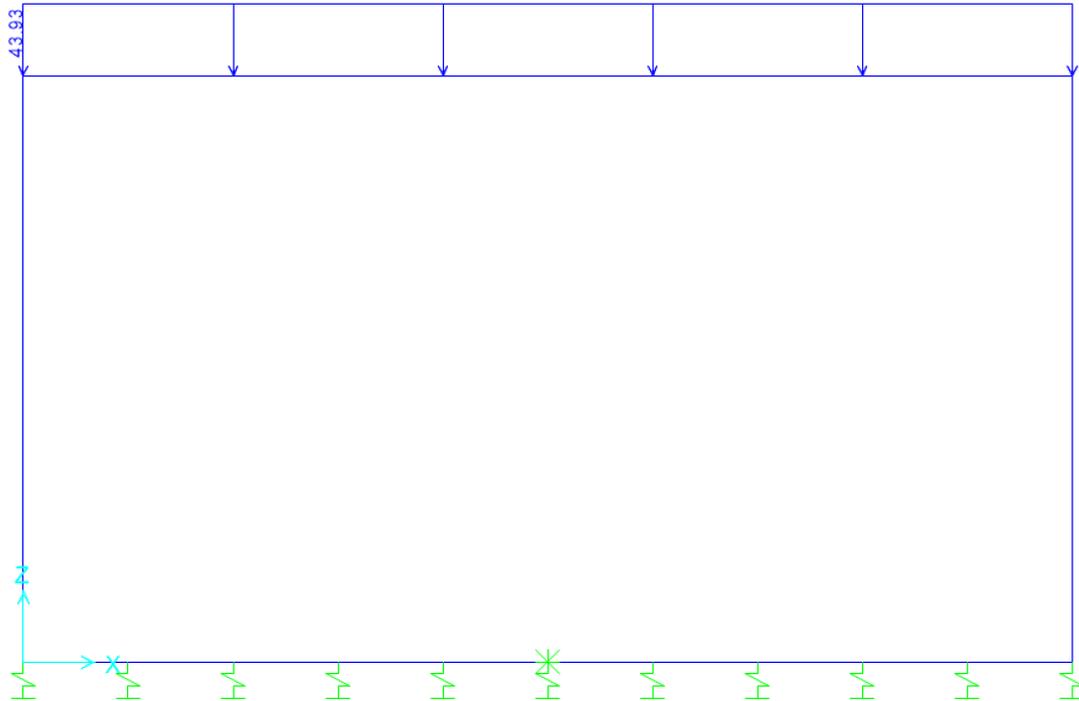
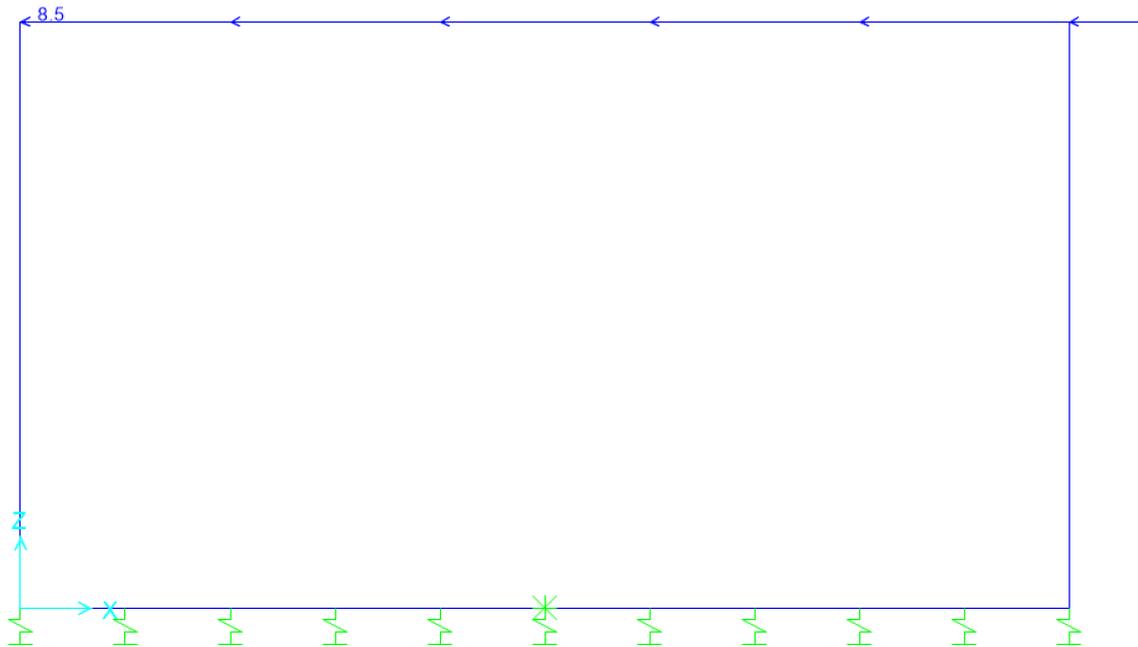
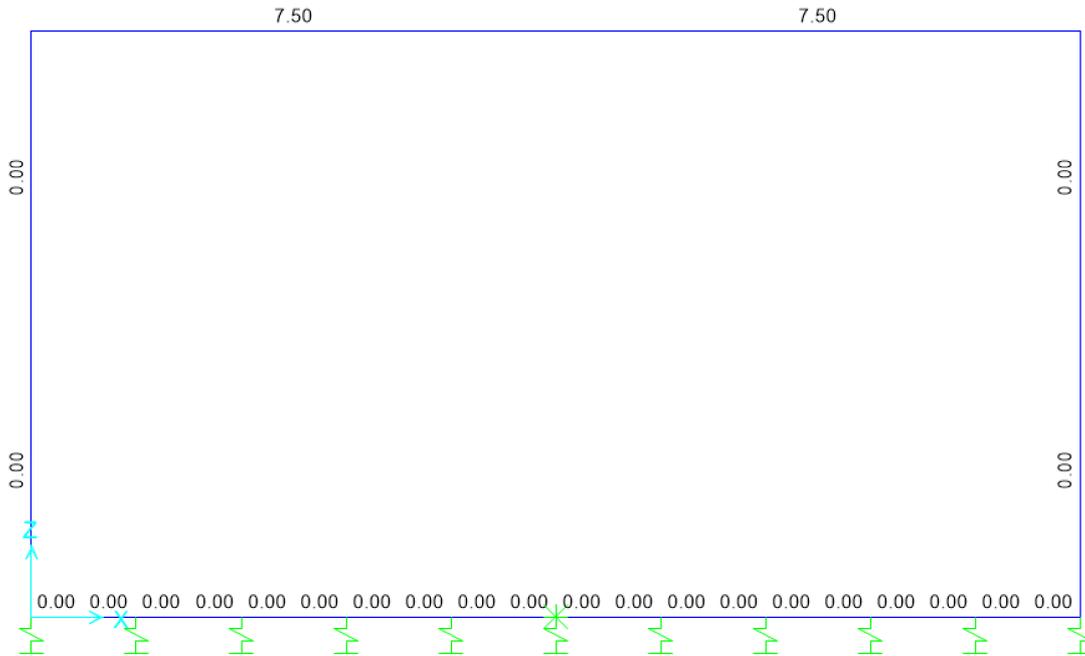


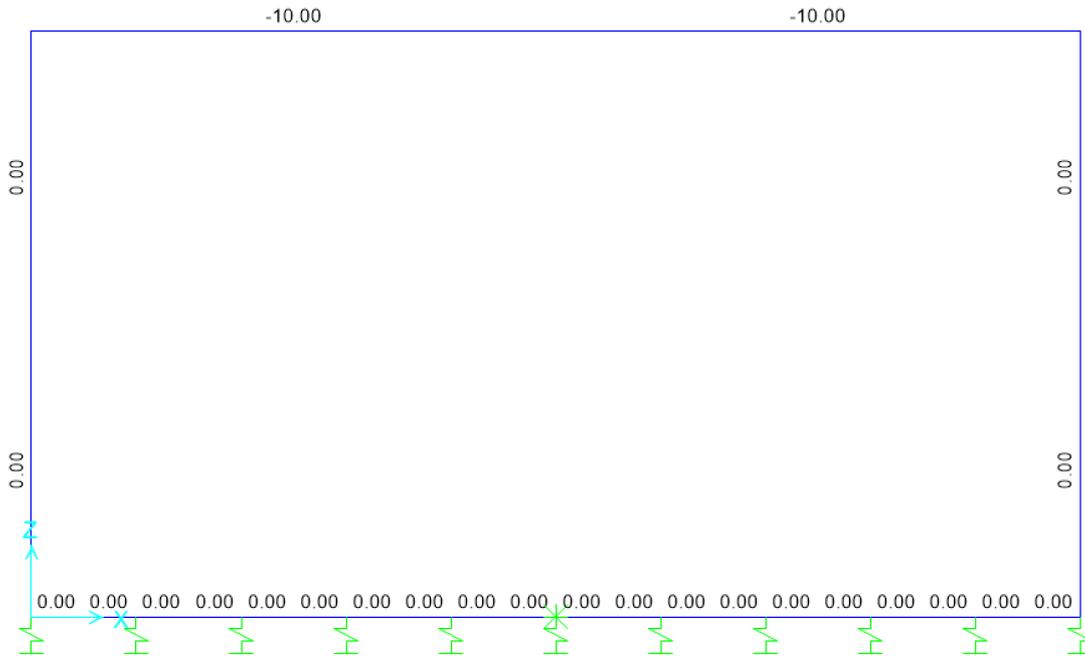
Figura 9: Condizione ACC-SW (kN/m/m)



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



*Figura 11: Condizione TERM (°C)*



*Figura 12: Condizione RITIRO (°C)*

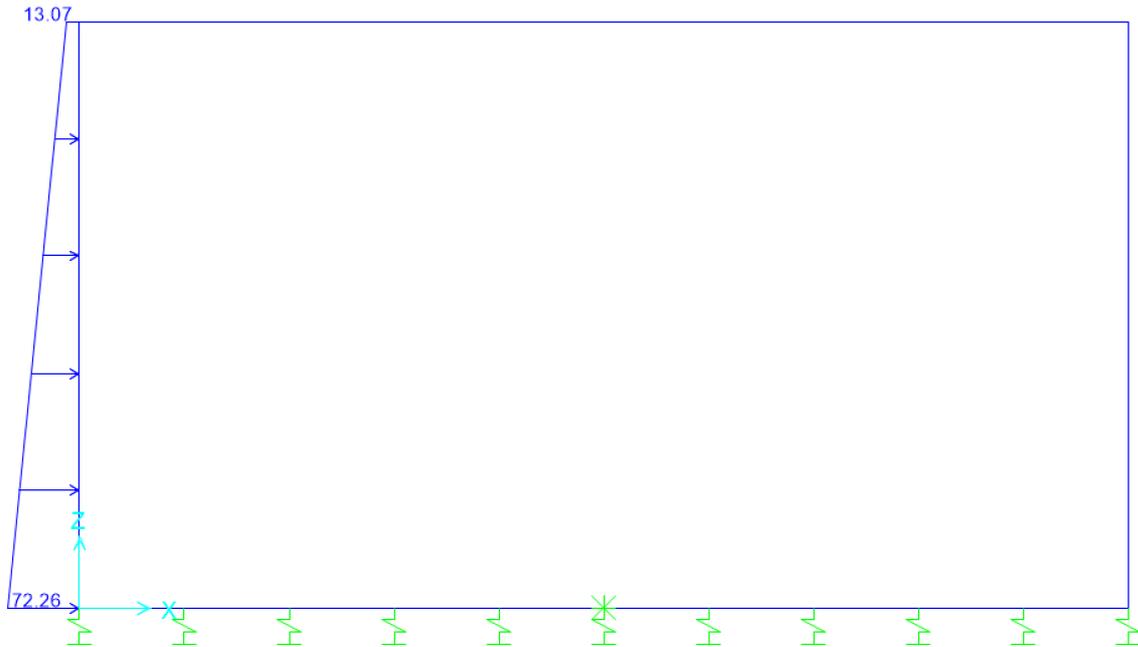


Figura 13: Condizione SPTSX (kN/m/m)

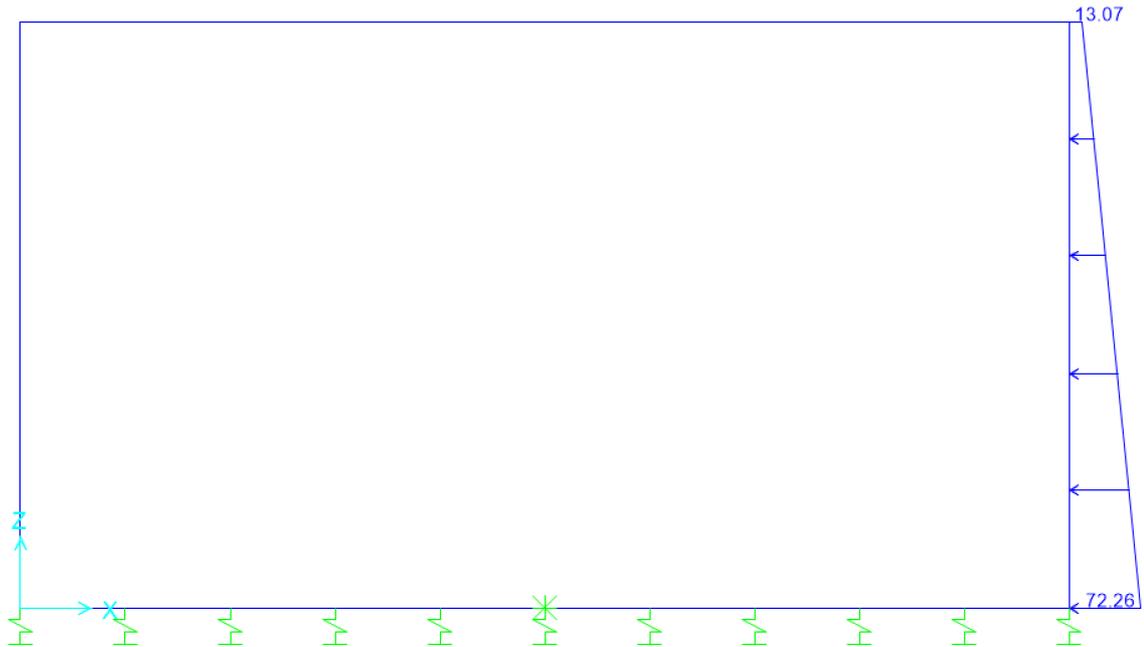
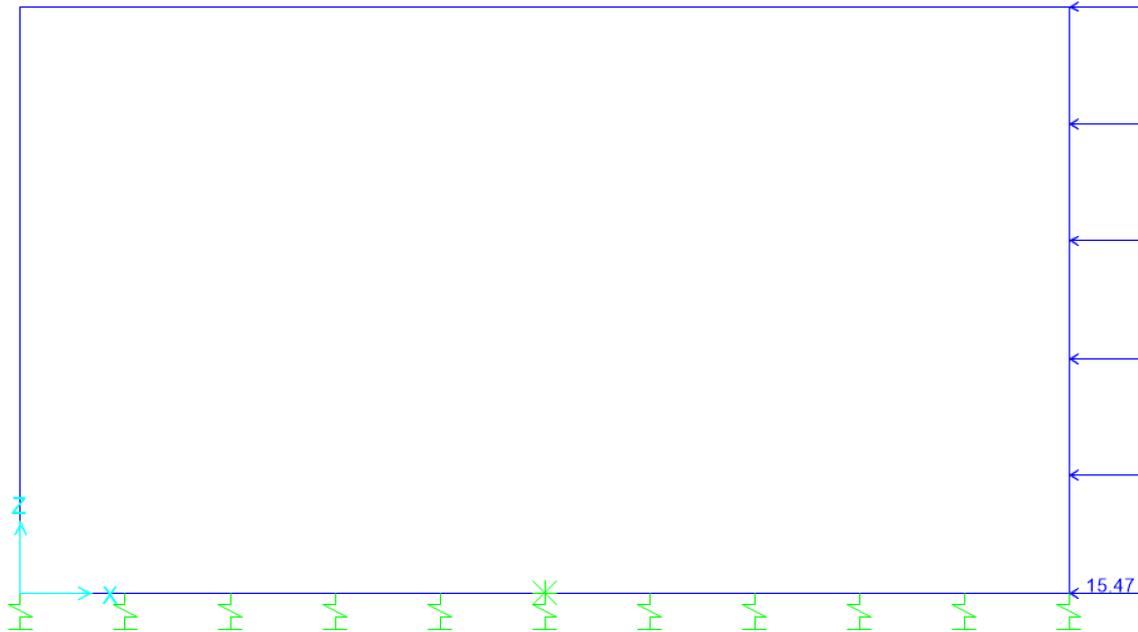


Figura 14: Condizione SPTDX (kN/m/m)



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

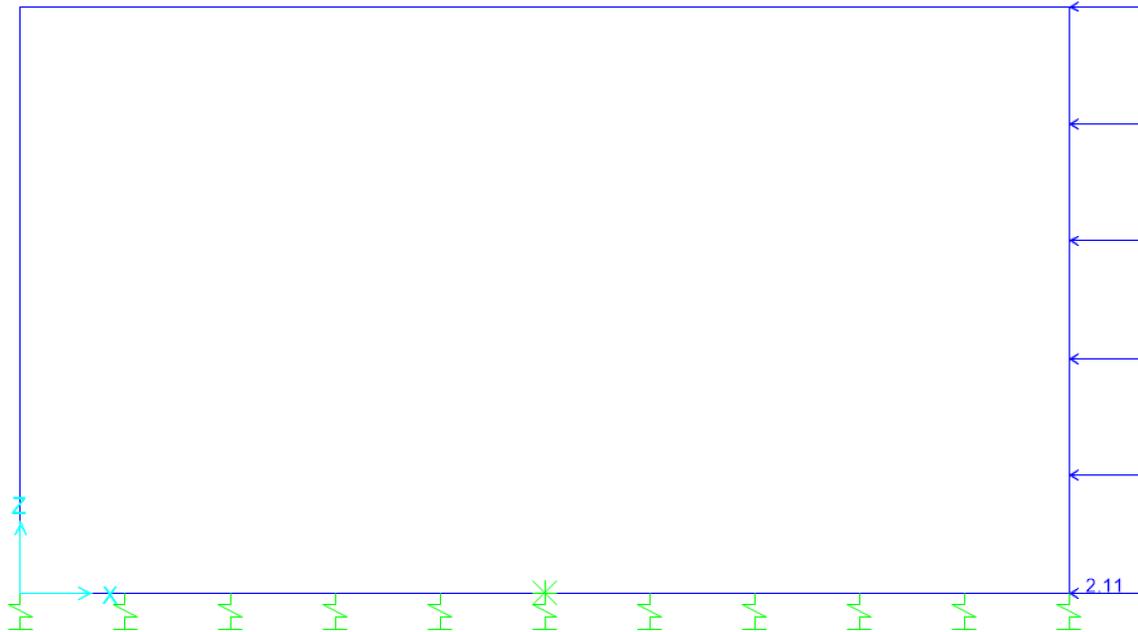


Figura 16: Condizione SPQDXSW (kN/m/m)

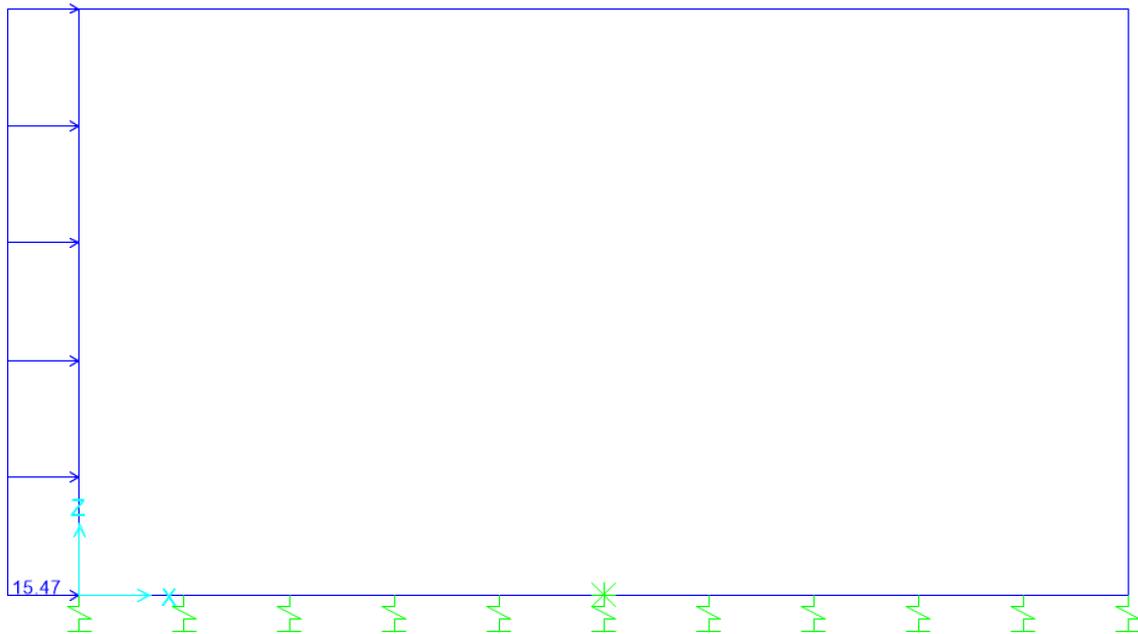
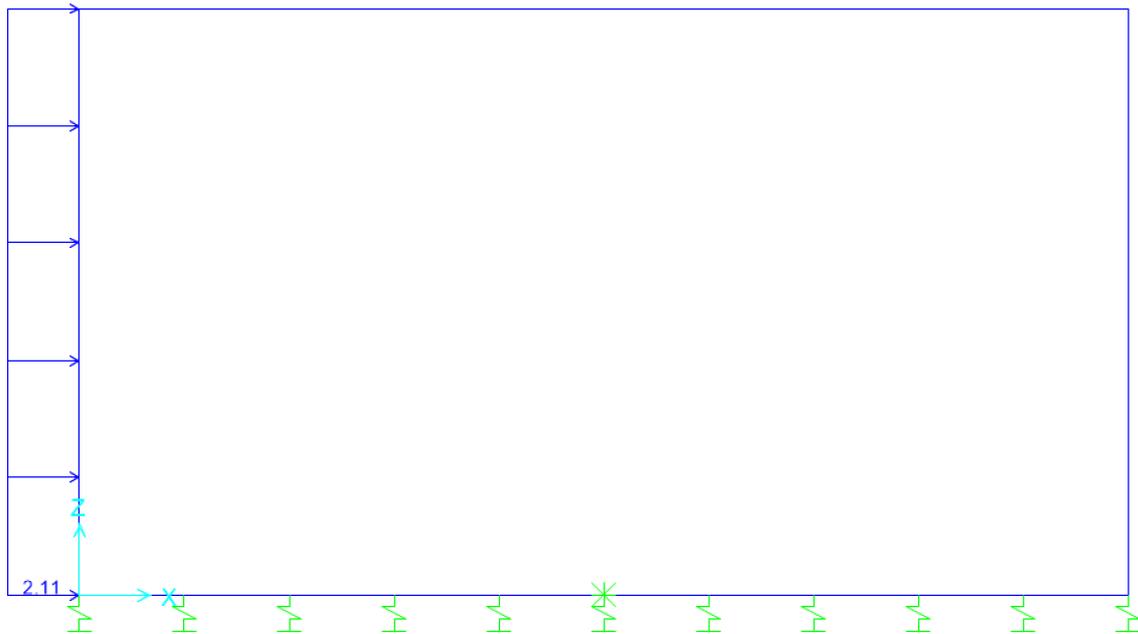
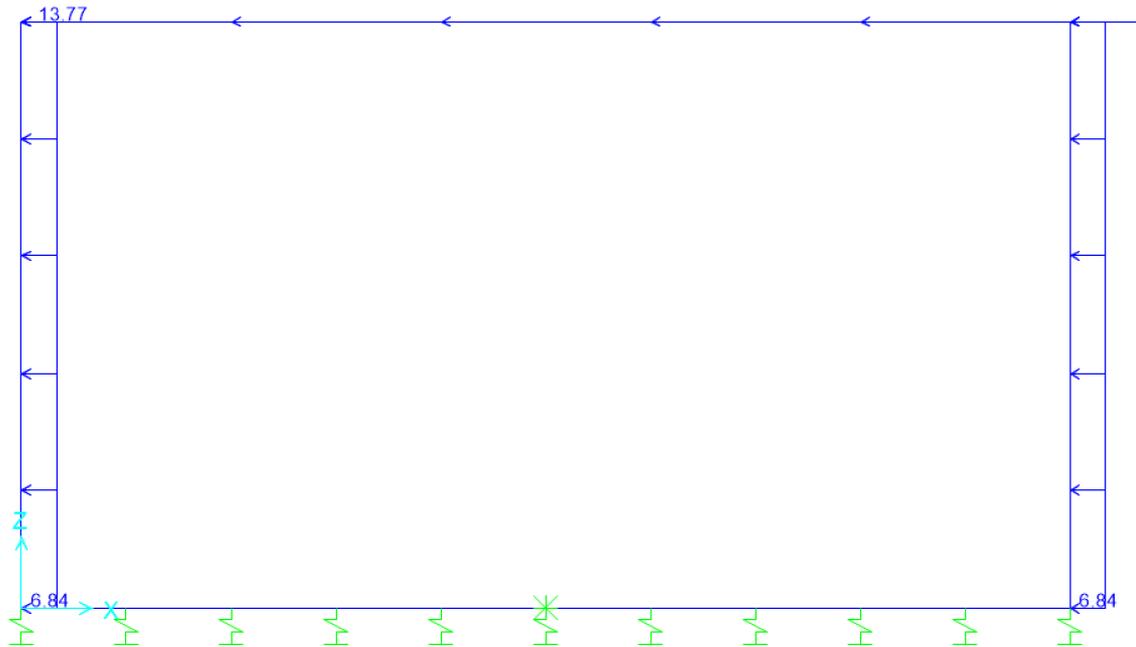


Figura 17: Condizione SPQSX71 (kN/m/m)



*Figura 18: Condizione SPQSXS<sub>W</sub> (kN/m/m)*



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

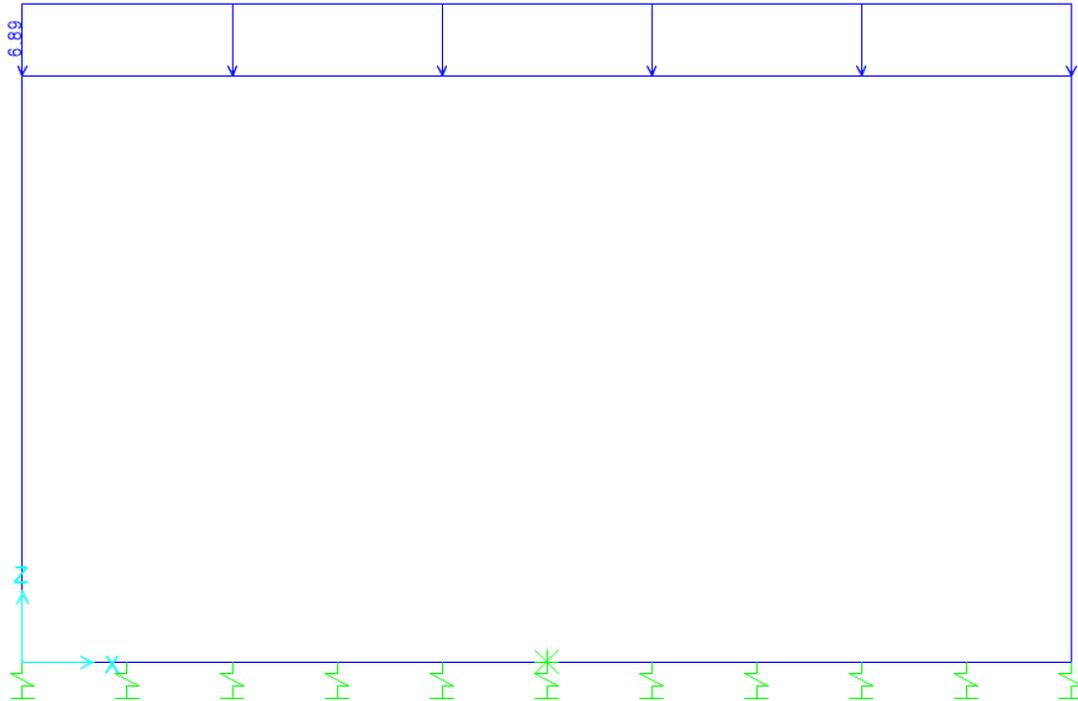
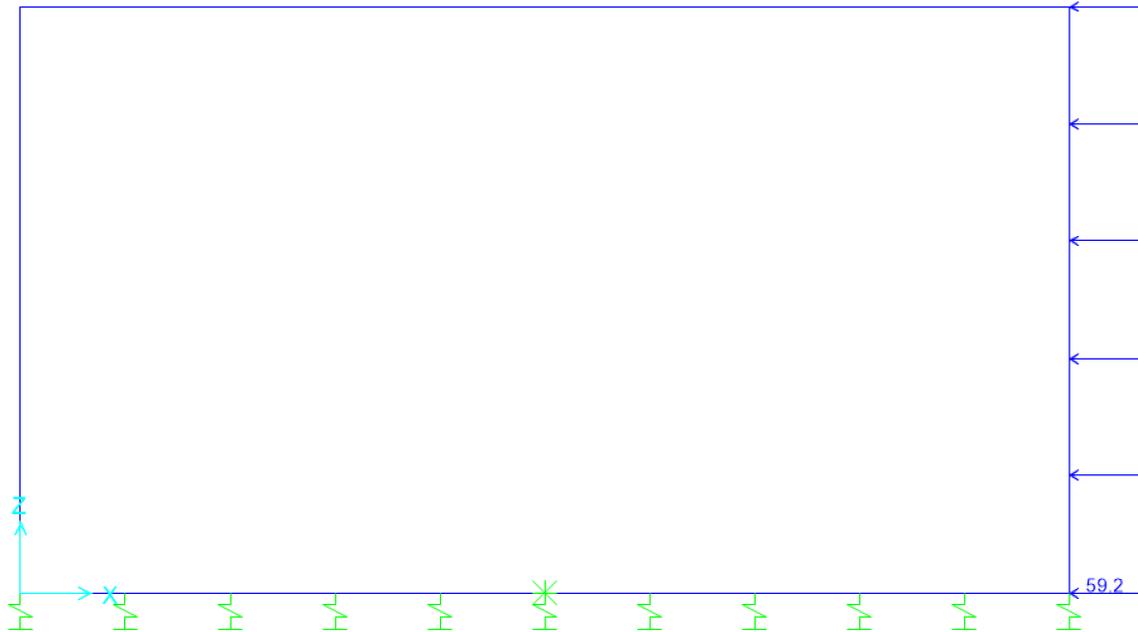


Figura 20: Condizione SISMAV (kN/m/m)



*Figura 21: Condizione SPSDX (kN/m<sup>2</sup>)*

**SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19**  
**Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	SL0400 001	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	
02	02S1-11T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	0	0	
03	03S1-12M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	
04	04S1-12T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	
05	05S1-13M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	
06	06S1-13T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	
07	07S1-14-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	
08	08S1-15-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	
09	09S1-16S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.00	1.00	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	1.45	0	0
10	10S1-17S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.35	1.35	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	1.45	1.45	1.45
11	11S1-18S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.00	1.35	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	1.45	0	1.45
12	12S1-19S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	0	1.45	1.45
13	13S1-20S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.00	1.35	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	0	0	1.45
14	14S1-21M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
15	15S1-21T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
16	16S1-22M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
17	17S1-22T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
18	18S1-23M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
19	19S1-23T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
20	20S1-24-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
21	21S1-25-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
22	22S1-26S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	0
23	23S1-27S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	1.45	1.45	1.45
24	24S1-28S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	1.45
25	25S1-29S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	1.45	1.45
26	26S1-30S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	1.45
27	27S1T11M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
28	28S1T11T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
29	29S1T12M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
30	30S1T12T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
31	31S1T13M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.35	0	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
32	32S1T13T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.35	0	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
33	33S1T14-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
34	34S1T15-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
35	35S1T16S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	1.2	0	0	0	1.16	0	0
36	36S1T17S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.35	1.35	0	0	1.5	1.2	0	0	0	1.16	1.16	1.16
37	37S1T18S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.35	0	0	1.5	1.2	0	0	0	1.16	0	1.16
38	38S1T19S	1.35	1.5	0	0	0	1.35	1.35	0	0	1.5	1.2	0	0	0	0.00	1.16	1.16
39	39S1T20S	1.35	1.5	0	0	0	1.00	1.35	0	0	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0	1.16
40	40S1T21M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
41	41S1T21T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
42	42S1T22M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
43	43S1T22T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
44	44S1T23M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
45	45S1T23T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
46	46S1T24-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
47	47S1T25-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
48	48S1T26S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	1.16	0	0
49	49S1T27S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	1.16	1.16	1.16
50	50S1T28S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	1.16	0	1.16
51	51S1T29S	1.35	1.5	0	0	0	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	0	1.16	1.16
52	52S1T30S	1.35	1.5	0	0	0	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	0	0	1.16
53	53S3-11M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
54	54S3-11T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
55	55S3-12M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
56	56S3-12T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
57	57S3-13M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
58	58S3-13T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
59	59S3-14S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	0
60	60S3-15S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.35	1.35	0	0	0.9	1.2	0	0	0	1.45	1.45	1.45
61	61S3-16S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.35	0	0	0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	1.45
62	62S3-21M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
63	63S3-21T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
64	64S3-22M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.35	1.35	1.16	1.16	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
65	65S3-22T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.35	1.35	1.16	1.16	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
66	66S3-23M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.35	0	1.16	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
67	67S3-23T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.35	0	1.16	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0

**SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19**  
**Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	SL0400 001	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

**SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19**  
**Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	SL0400 001	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	0	0
124	124R1-11T	1	1	0	1	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
125	125R1-12M	1	1	1	0	0.5	1	1	1	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
126	126R1-12T	1	1	0	1	0.5	1	1	1	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
127	127R1-13M	1	1	1	0	0.5	1	1	0	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
128	128R1-13T	1	1	0	1	0.5	1	1	0	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
129	129R1-14S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
130	130R1-15S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
131	131R1-16S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
132	132R1-21M	1	1	1	0	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
133	133R1-21T	1	1	0	1	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
134	134R1-22M	1	1	1	0	0.5	1	1	1	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
135	135R1-22T	1	1	0	1	0.5	1	1	1	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
136	136R1-23M	1	1	1	0	0.5	1	1	0	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	137R1-23T	1	1	0	1	0.5	1	1	0	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
138	138R1-24S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
139	139R1-25S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
140	140R1-26S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
141	141R1T11M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
142	142R1T11T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	143R1T12M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
144	144R1T12T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
145	145R1T13M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
146	146R1T13T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
147	147R1T14S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0
148	148R1T15S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
149	149R1T16S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0	0	0.8	0.8
150	150R1T21M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
151	151R1T21T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
152	152R1T22M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
153	153R1T22T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
154	154R1T23M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155	155R1T23T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
156	156R1T24S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0
157	157R1T25S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
158	158R1T26S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0.8	0.8
159	159R3-11M	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	160R3-11T	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
161	161R3-12M	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
162	162R3-12T	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
163	163R3-13M	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
164	164R3-13T	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
165	165R3-14S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
166	166R3-15S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
167	167R3-16S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
168	168R3-21M	1	1	1	0	1	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
169	169R3-21T	1	1	0	1	1	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	170R3-22M	1	1	1	0	1	1	1	1	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
171	171R3-22T	1	1	0	1	1	1	1	1	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
172	172R3-23M	1	1	1	0	1	1	1	0	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173	173R3-23T	1	1	0	1	1	1	1	0	1	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
174	174R3-24S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
175	175R3-25S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
176	176R3-26S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
177	177R1T11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
178	178R1T11T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
179	179R1T12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
180	180R1T12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
181	181R1T13M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
182	182R1T13T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
183	183R1T14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0
184	184R1T15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
185	185R1T16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0	0	0.8	0.8
186	186R1T21M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
187	187R1T21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
188	188R1T22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
189	189R1T22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
190	190R1T23M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
191	191R1T23T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
192	192R1T24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0
193	193R1T25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
194	194R1T26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0.8	0.8

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

dove:

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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

### 10.4 Sollecitazioni

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

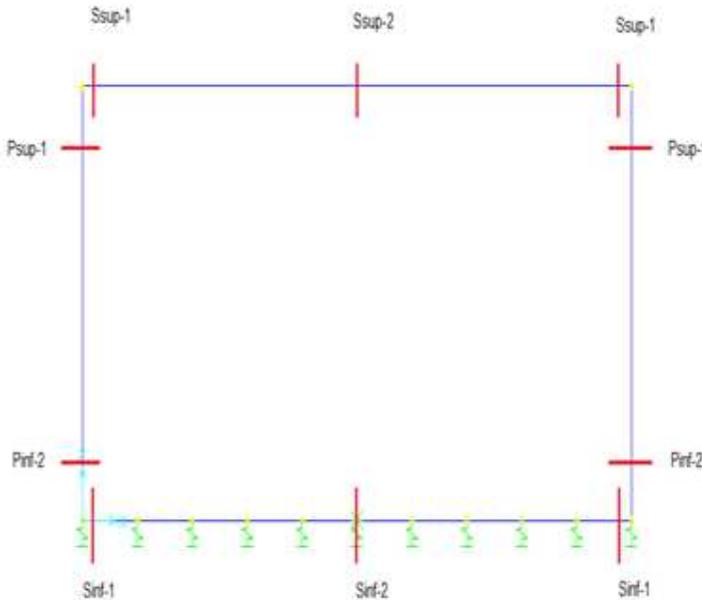


Figura 10.22 - Sezioni di verifica

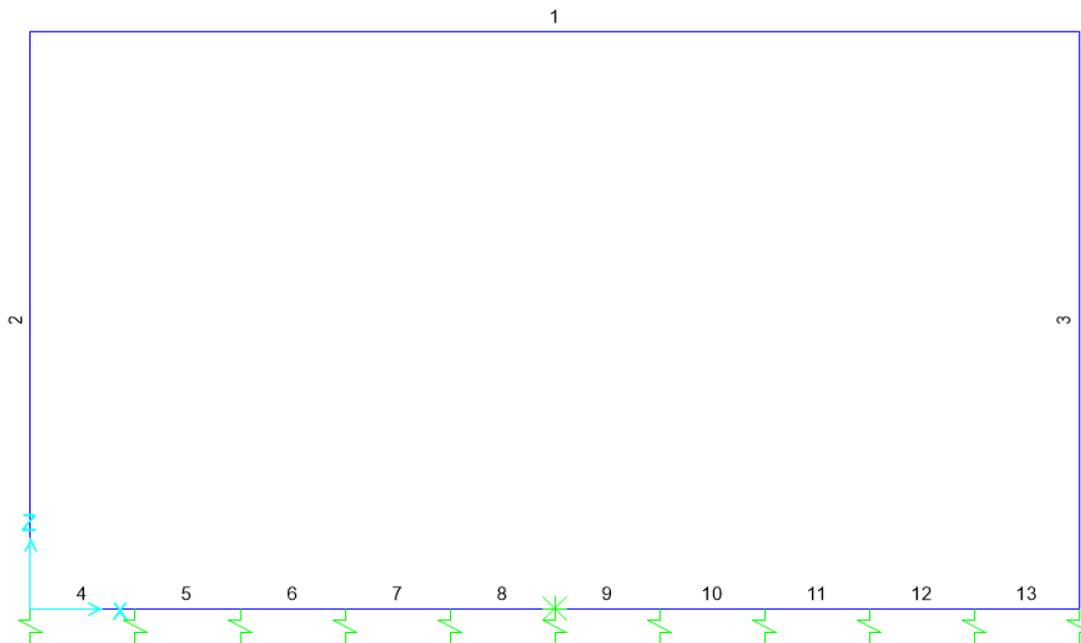


Figura 10.23 - Nomenclatura frame

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

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

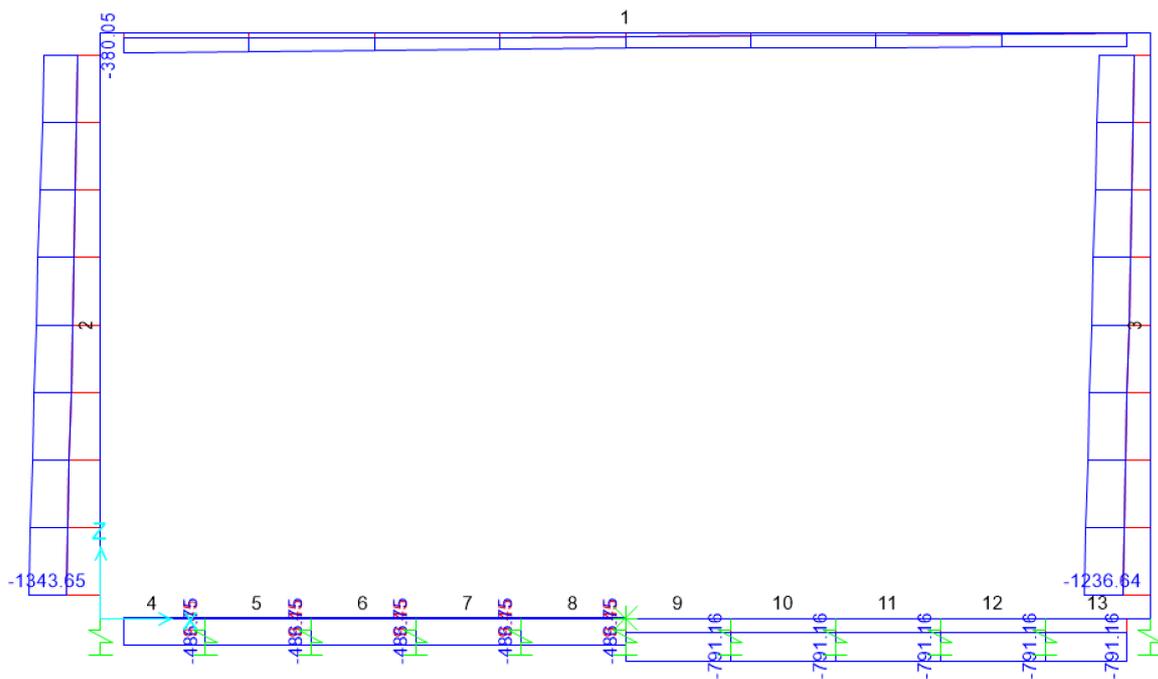


Figura 10.24 - Sforzo Normale – Involuppo SLU (KN)

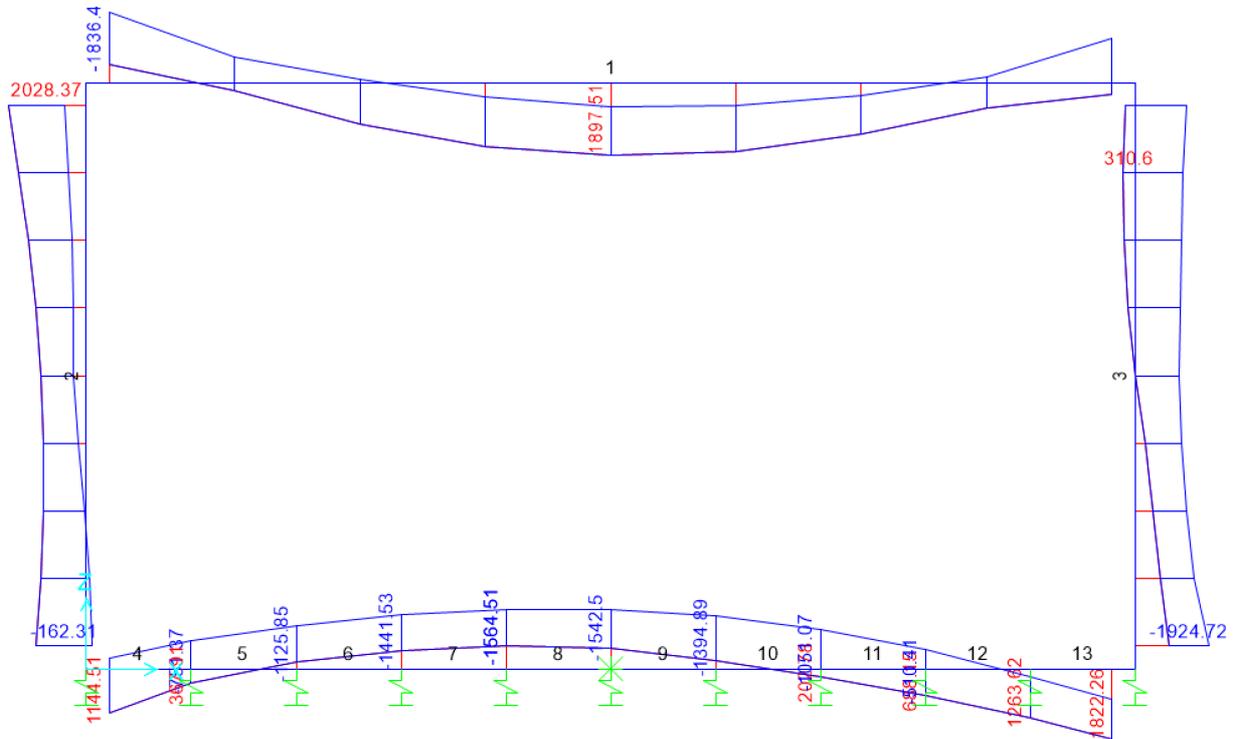


Figura 10.25 - Momento flettente – Involuppo SLU (KNm)

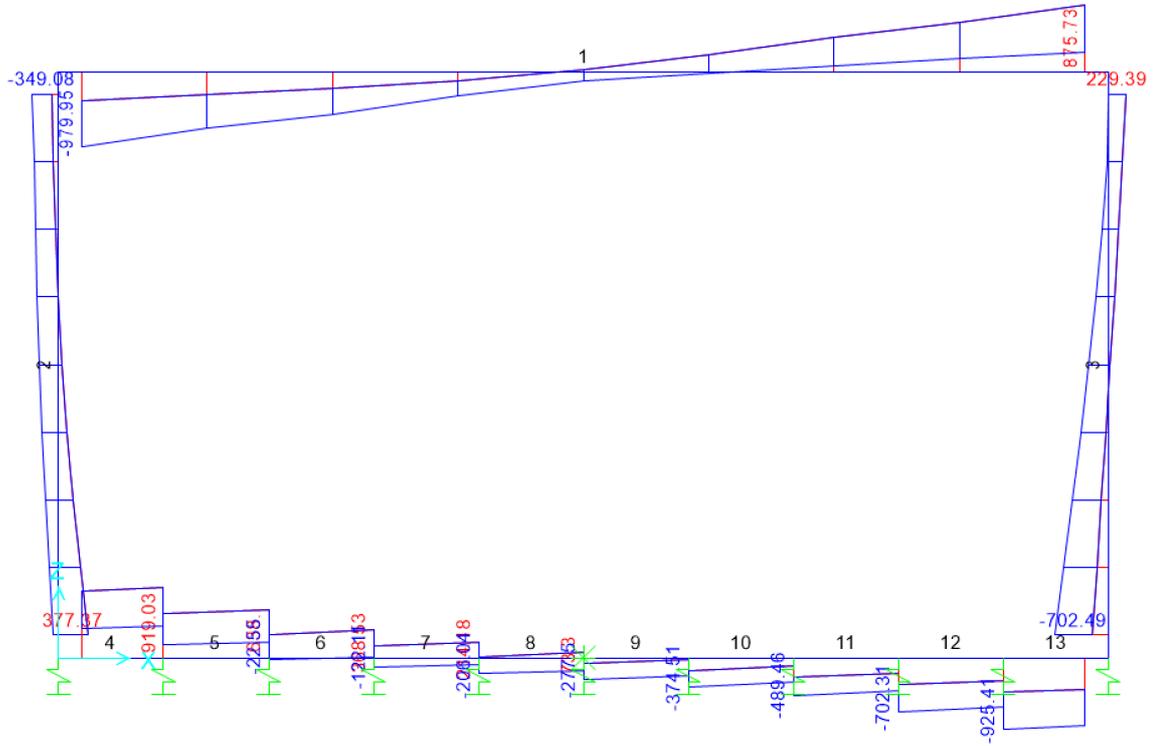


Figura 10.26 - Taglio – Involuppo SLU (kN)

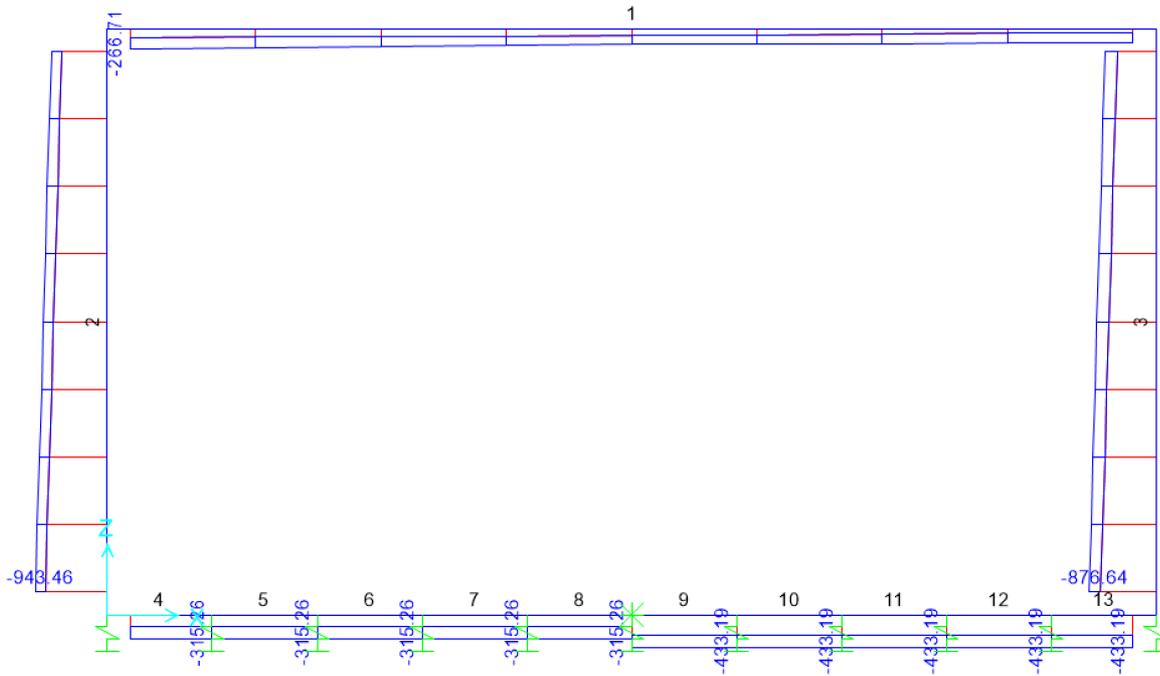


Figura 10.27 - Sforzo Normale – Involuppo SLE – Rara (kN)

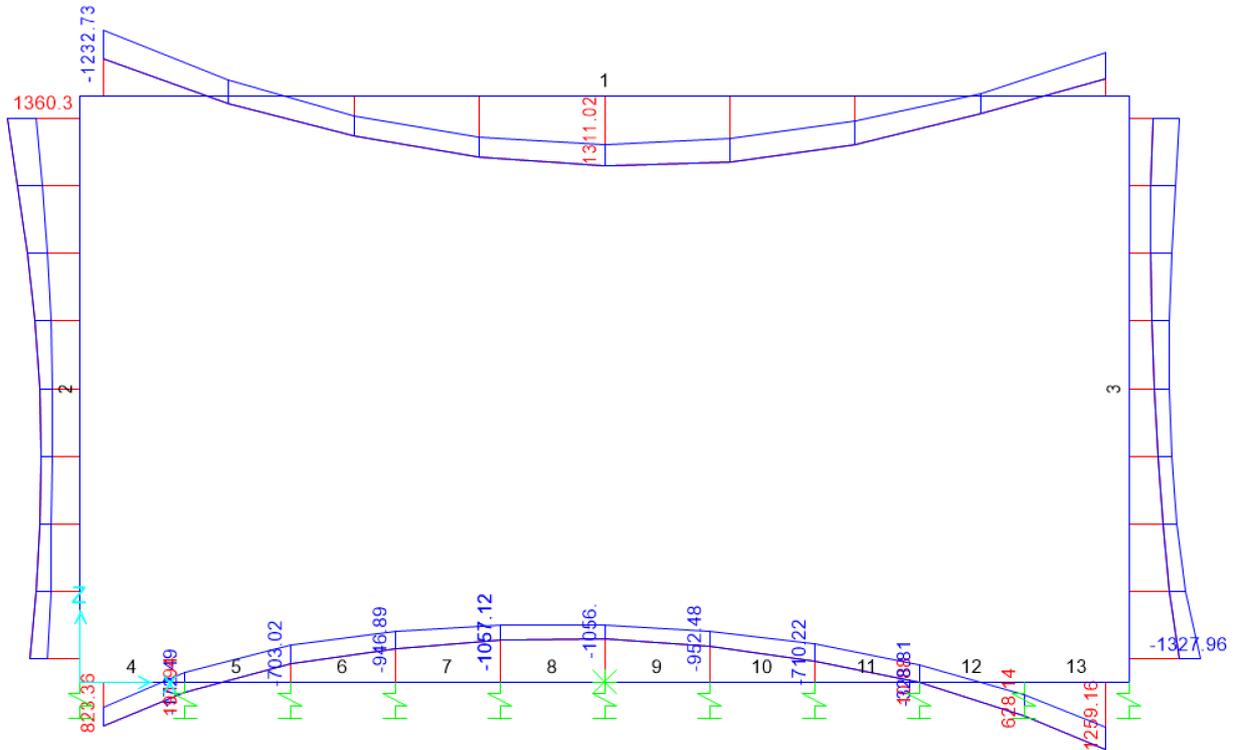


Figura 10.28 - Momento flettente – Involuppo SLE – Rara (kNm)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

## 10.5 Verifiche strutturali

### 10.5.1 Riepilogo armature

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

	Arm. tesa		Arm. comp.	
	1° strato	2° strato	1° strato	2° strato
Soletta superiore - Campata	10 Ø26	5 Ø16	5 Ø26	-
Soletta superiore - Appoggio	10 Ø26	5 Ø16	5 Ø26	-
Piedritto - Spiccato	10 Ø26	-	10 Ø26	-
Piedritto - Sommità	10 Ø26	-	10 Ø26	-
Soletta inferiore - Campata	10 Ø26	-	5 Ø26	-
Soletta inferiore - Appoggio	10 Ø26	5 Ø16	5 Ø26	-

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

### 10.5.2 Verifica soletta superiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solsup-Camp)

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

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

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

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 120$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 111.3$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>63.15 cm<sup>2</sup></b>

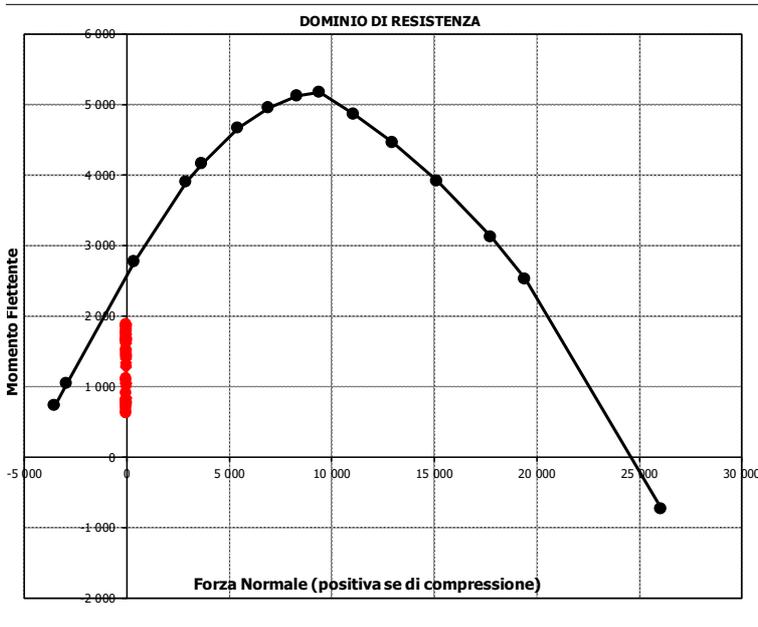
Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>26.55 cm<sup>2</sup></b>

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

(Mmax)	14S1-21M	0	1898
(Mmin)	74SSS4--	0	627

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	1693	44S1T23M	0	1772
02S1-11T	0	1544	45S1T23T	0	1653
03S1-12M	0	1627	46S1T24-	0	1086
04S1-12T	0	1477	47S1T25-	0	1116
05S1-13M	0	1660	48S1T26S	0	1796
06S1-13T	0	1510	49S1T27S	0	1765
07S1-14-	0	806	50S1T28S	0	1781
08S1-15-	0	839	51S1T29S	0	1115
09S1-16S	0	1686	52S1T30S	0	1130
10S1-17S	0	1655	53S3-11M	0	1693
11S1-18S	0	1670	54S3-11T	0	1544
12S1-19S	0	841	55S3-12M	0	1627
13S1-20S	0	857	56S3-12T	0	1477
14S1-21M	0	1898	57S3-13M	0	1660
15S1-21T	0	1748	58S3-13T	0	1510
16S1-22M	0	1831	59S3-14S	0	1686
17S1-22T	0	1681	60S3-15S	0	1655
18S1-23M	0	1864	61S3-16S	0	1670
19S1-23T	0	1715	62S3-21M	0	1898
20S1-24-	0	1010	63S3-21T	0	1748
21S1-25-	0	1044	64S3-22M	0	1839
22S1-26S	0	1890	65S3-22T	0	1689
23S1-27S	0	1859	66S3-23M	0	1868
24S1-28S	0	1875	67S3-23T	0	1719
25S1-29S	0	1045	68S3-24S	0	1890
26S1-30S	0	1061	69S3-25S	0	1860
27S1T11M	0	1461	70S3-26S	0	1875
28S1T11T	0	1341	71SSS1--	0	703
29S1T12M	0	1403	72SSS2--	0	651
30S1T12T	0	1283	73SSS3--	0	803
31S1T13M	0	1432	74SSS4--	0	627
32S1T13T	0	1312	75SSS5--	0	817
33S1T14-	0	746	76SSS6--	0	764
34S1T15-	0	775	77SSS7--	0	916
35S1T16S	0	1455	78SSS8--	0	740
36S1T17S	0	1425	79SSS9S	0	705
37S1T18S	0	1440	80SSS10S	0	652
38S1T19S	0	774	81SSS11S	0	804
39S1T20S	0	789	82SSS12S	0	628
40S1T21M	0	1801	83SSS13S	0	818
41S1T21T	0	1682	84SSS14S	0	765
42S1T22M	0	1743	85SSS15S	0	917
43S1T22T	0	1623	86SSS16S	0	741



• Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

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

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

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

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 120$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 111.3$ cm

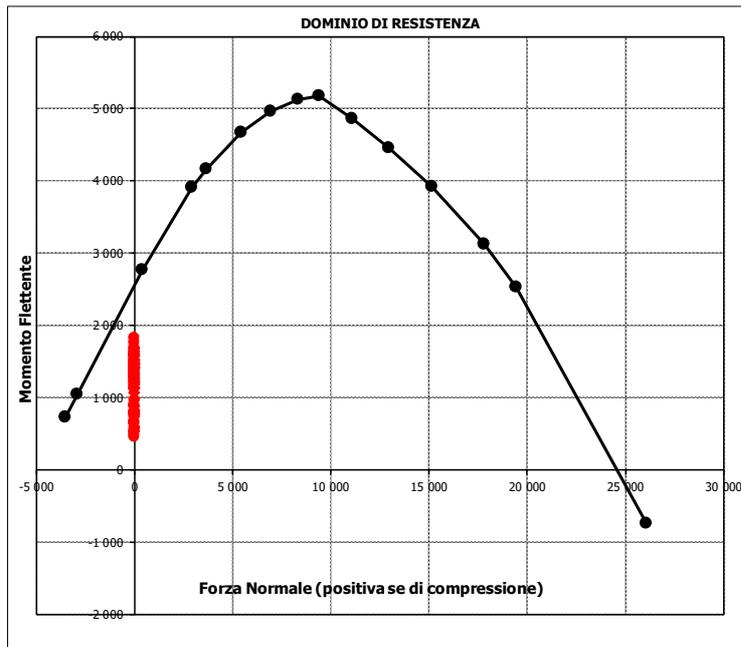
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>63.15</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

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

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Mmax)	57S3-13M	0	1836
(Mmin)	51S1T29S	0	468

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	1417	44S1T23M	0	1355
02S1-11T	0	1344	45S1T23T	0	1296
03S1-12M	0	1484	46S1T24-	0	496
04S1-12T	0	1411	47S1T25-	0	659
05S1-13M	0	1674	48S1T26S	0	1140
06S1-13T	0	1601	49S1T27S	0	1170
07S1-14-	0	777	50S1T28S	0	1238
08S1-15-	0	967	51S1T29S	0	468
09S1-16S	0	1425	52S1T30S	0	536
10S1-17S	0	1457	53S3-11M	0	1580
11S1-18S	0	1529	54S3-11T	0	1507
12S1-19S	0	741	55S3-12M	0	1646
13S1-20S	0	813	56S3-12T	0	1573
14S1-21M	0	1213	57S3-13M	0	1836
15S1-21T	0	1140	58S3-13T	0	1763
16S1-22M	0	1280	59S3-14S	0	1587
17S1-22T	0	1207	60S3-15S	0	1619
18S1-23M	0	1470	61S3-16S	0	1691
19S1-23T	0	1397	62S3-21M	0	1375
20S1-24-	0	572	63S3-21T	0	1302
21S1-25-	0	763	64S3-22M	0	1434
22S1-26S	0	1221	65S3-22T	0	1361
23S1-27S	0	1252	66S3-23M	0	1597
24S1-28S	0	1324	67S3-23T	0	1524
25S1-29S	0	537	68S3-24S	0	1383
26S1-30S	0	609	69S3-25S	0	1413
27S1T11M	0	1474	70S3-26S	0	1482
28S1T11T	0	1415	71SSS1--	0	1460
29S1T12M	0	1532	72SSS2--	0	1424
30S1T12T	0	1474	73SSS3--	0	912
31S1T13M	0	1695	74SSS4--	0	792
32S1T13T	0	1637	75SSS5--	0	1346
33S1T14-	0	837	76SSS6--	0	1310
34S1T15-	0	999	77SSS7--	0	798
35S1T16S	0	1480	78SSS8--	0	678
36S1T17S	0	1510	79SSS9S	0	1440
37S1T18S	0	1578	80SSS10S	0	1404
38S1T19S	0	808	81SSS11S	0	891
39S1T20S	0	877	82SSS12S	0	772
40S1T21M	0	1133	83SSS13S	0	1326
41S1T21T	0	1075	84SSS14S	0	1290
42S1T22M	0	1192	85SSS15S	0	778
43S1T22T	0	1134	86SSS16S	0	658



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

**Calcestruzzo**

Tipo	C32/40	
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	18.8	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

$V_{Ed}$	kN	<b>980</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

**Soletta sup**

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	10
Numero barre		5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	3.93
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		10
$\varnothing_1$	mm	26
$n_2$		5
$\varnothing_2$	mm	16
$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	63.15

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	120
c	cm	8.7
d	cm	111.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.42
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.34
$\rho$		0.0057
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>506</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>NECESSITA ARMATURA A TAGLIO</b>

**Resistenza con armatura a taglio**

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
$\omega_{sw}$		0.04
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{RSd}$	kN	1924
$V_{RCd}$	kN	3249
$V_{Rd}$	kN	<b>1924</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>1311</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

**Materiali**

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

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>120</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b>	$c_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$c_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$c_{t2} = 10.8$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$c_{t1} = 8.7$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>6.4</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>209.1</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	<b>35.0</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	13256	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	17908816.07	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	7171172.827	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	723	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	1033	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.1		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	164.8	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	<b>35.0</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_c$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	28.32	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	63.15	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2831.74	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0223	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000321617	-	
Copriferro netto	$c'$	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>23.65</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	350.2743411	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	206.04373	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.11</b>	mm	

**SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19**  
**Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	SL0400 001	A	61 di 74

• Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>1233</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

**Materiali**

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

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>120</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b>	$C_{s1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \uparrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{t2} = \uparrow$ <b>10.8</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$C_{t1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>6.0</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>196.6</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	$e$ (M)	$\infty$	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	$\infty$	cm		
Posizione asse neutro	$y$ (M)	<b>35.0</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	13256	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	17908816.07	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	7171172.827	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	723	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	1033	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	$u$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.1		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	164.8	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	<b>35.0</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	28.32	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	63.15	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2831.74	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0223	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000321617	-	
Copriferro netto	$c'$	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barre di armatura	$\phi_{eq}$	<b>23.65</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	350.2743411	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	206.04373	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.11</b>	mm	

### 10.5.3 Verifica piedritti

- Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

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

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

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

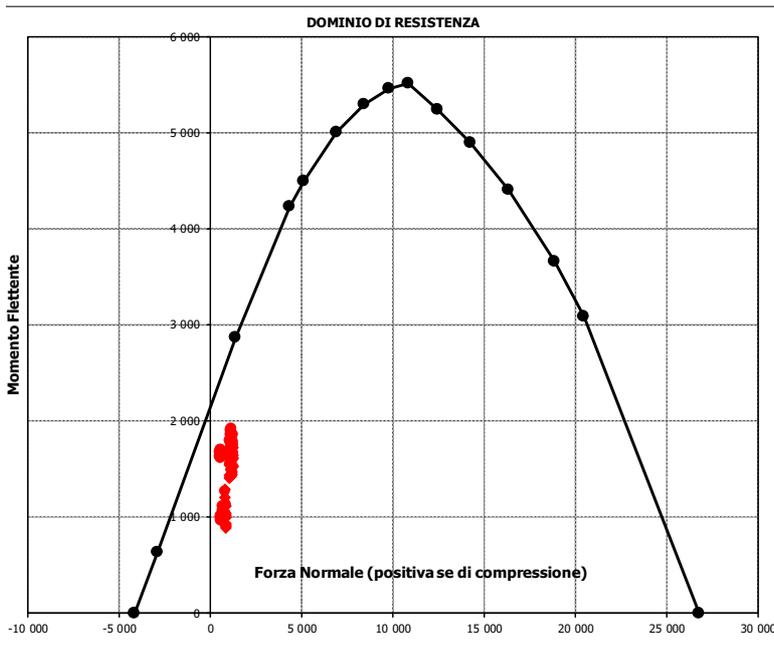
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 120$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 111.3$ cm

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

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

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	09S1-16S	1237	1522
(Nmin)	72SSS2--	506	1632
(Mmax)	66S3-23M	1116	1925
(Mmin)	38S1T19S	825	890

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	1170	1443	44S1T23M	1052	1816
02S1-11T	1105	1421	45S1T23T	1000	1799
03S1-12M	1170	1470	46S1T24-	825	1038
04S1-12T	1105	1448	47S1T25-	796	1273
05S1-13M	1136	1741	48S1T26S	1135	1621
06S1-13T	1071	1720	49S1T27S	1135	1632
07S1-14-	825	933	50S1T28S	1122	1740
08S1-15-	791	1205	51S1T29S	825	1026
09S1-16S	1237	1522	52S1T30S	812	1133
10S1-17S	1237	1533	53S3-11M	1146	1585
11S1-18S	1223	1646	54S3-11T	1081	1564
12S1-19S	825	918	55S3-12M	1146	1612
13S1-20S	812	1031	56S3-12T	1081	1591
14S1-21M	1170	1524	57S3-13M	1111	1884
15S1-21T	1105	1502	58S3-13T	1046	1863
16S1-22M	1170	1551	59S3-14S	1212	1664
17S1-22T	1105	1529	60S3-15S	1212	1676
18S1-23M	1136	1822	61S3-16S	1198	1789
19S1-23T	1071	1801	62S3-21M	1146	1666
20S1-24-	825	1014	63S3-21T	1081	1645
21S1-25-	791	1286	64S3-22M	1146	1690
22S1-26S	1237	1603	65S3-22T	1081	1669
23S1-27S	1237	1614	66S3-23M	1116	1925
24S1-28S	1223	1727	67S3-23T	1051	1904
25S1-29S	825	999	68S3-24S	1212	1746
26S1-30S	812	1112	69S3-25S	1212	1757
27S1T11M	1081	1423	70S3-26S	1199	1865
28S1T11T	1029	1406	71SSS1--	534	1662
29S1T12M	1081	1446	72SSS2--	506	1632
30S1T12T	1029	1429	73SSS3--	652	1073
31S1T13M	1052	1681	74SSS4--	557	970
32S1T13T	1000	1664	75SSS5--	534	1707
33S1T14-	825	903	76SSS6--	506	1677
34S1T15-	796	1137	77SSS7--	652	1118
35S1T16S	1135	1486	78SSS8--	557	1015
36S1T17S	1135	1497	79SSS9S	546	1649
37S1T18S	1122	1605	80SSS10S	518	1619
38S1T19S	825	890	81SSS11S	664	1059
39S1T20S	812	998	82SSS12S	569	957
40S1T21M	1081	1558	83SSS13S	546	1694
41S1T21T	1029	1541	84SSS14S	518	1664
42S1T22M	1081	1581	85SSS15S	664	1104
43S1T22T	1029	1564	86SSS16S	569	1002



• Verifica a pressoflessione sommità (Pied-Sommità)

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

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
Resistenza caratteristica	$R_{ck} = 40$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{cd} = 33.2$ N/mm <sup>2</sup>
Coef. parziale di sicurezza	$\gamma_c = 1.5$
Resistenza caratteristica	$f_{ctd} = 22.1$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{cc} = 18.8$ N/mm <sup>2</sup>

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

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 120$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 111.3$ cm

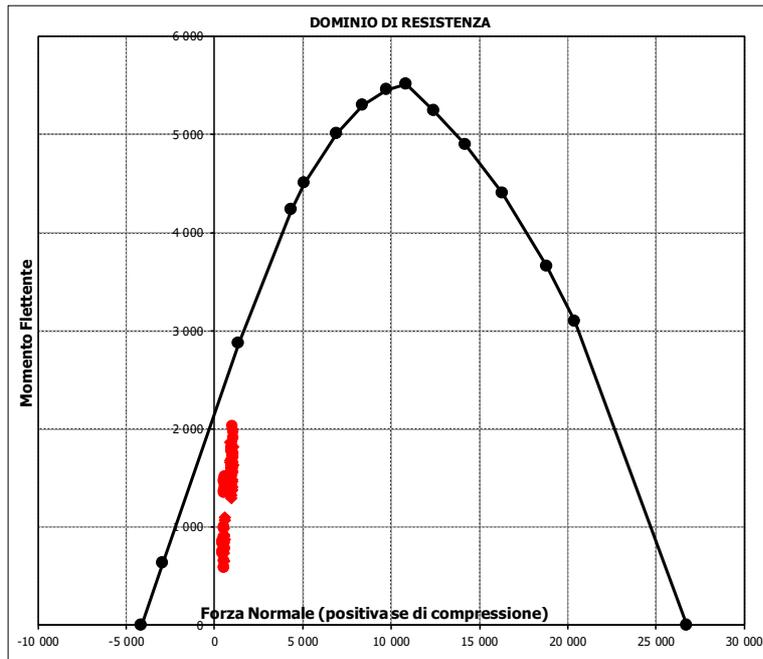
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>53.09 cm<sup>2</sup></b>			

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

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	5853-13T	1056	-1977
(Nmin)	74SSS4--	423	-856
(Mmax)	57S3-13M	991	2028
(Mmin)	51S1T29S	538	583

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	932	1626	44S1T23M	902	1546
02S1-11T	997	1575	45S1T23T	954	1505
03S1-12M	932	1655	46S1T24-	538	594
04S1-12T	997	1604	47S1T25-	567	780
05S1-13M	966	1871	48S1T26S	926	1358
06S1-13T	1031	1820	49S1T27S	926	1372
07S1-14-	538	854	50S1T28S	939	1451
08S1-15-	572	1070	51S1T29S	538	583
09S1-16S	999	1655	52S1T30S	550	662
10S1-17S	999	1670	53S3-11M	957	1783
11S1-18S	1012	1753	54S3-11T	1022	1732
12S1-19S	538	841	55S3-12M	957	1812
13S1-20S	551	924	56S3-12T	1022	1761
14S1-21M	932	1434	57S3-13M	991	2028
15S1-21T	997	1382	58S3-13T	1056	1977
16S1-22M	932	1463	59S3-14S	1023	1812
17S1-22T	997	1411	60S3-15S	1023	1827
18S1-23M	966	1679	61S3-16S	1037	1910
19S1-23T	1031	1627	62S3-21M	957	1591
20S1-24-	538	662	63S3-21T	1022	1539
21S1-25-	572	878	64S3-22M	957	1616
22S1-26S	999	1462	65S3-22T	1022	1565
23S1-27S	999	1477	66S3-23M	986	1802
24S1-28S	1012	1561	67S3-23T	1051	1750
25S1-29S	538	648	68S3-24S	1023	1619
26S1-30S	551	731	69S3-25S	1023	1634
27S1T11M	873	1656	70S3-26S	1036	1713
28S1T11T	925	1615	71SSS1--	569	1522
29S1T12M	873	1682	72SSS2--	540	1479
30S1T12T	925	1640	73SSS3--	517	1002
31S1T13M	902	1867	74SSS4--	423	856
32S1T13T	954	1826	75SSS5--	569	1415
33S1T14-	538	915	76SSS6--	540	1372
34S1T15-	567	1101	77SSS7--	517	895
35S1T16S	926	1679	78SSS8--	423	749
36S1T17S	926	1693	79SSS9S	575	1506
37S1T18S	939	1773	80SSS10S	547	1462
38S1T19S	538	904	81SSS11S	524	985
39S1T20S	550	983	82SSS12S	429	840
40S1T21M	873	1335	83SSS13S	575	1399
41S1T21T	925	1294	84SSS14S	547	1355
42S1T22M	873	1361	85SSS15S	524	878
43S1T22T	925	1319	86SSS16S	429	733



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

**Calcestruzzo**

Tipo	C32/40	
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	18.8	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

$V_{Ed}$	kN	<b>925</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

**Piedritto**

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	10
Numero barre		5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	3.93
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		10
$\varnothing_1$	mm	26
$n_2$		-
$\varnothing_2$	mm	-
Asl	cm <sup>2</sup>	53.09

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	120
c	cm	8.7
d	cm	111.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.42
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.34
$\rho$		0.0048
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>478</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>NECESSITA ARMATURA A TAGLIO</b>

**Resistenza con armatura a taglio**

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
$\omega_{sw}$		0.04
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{RSd}$	kN	1924
$V_{RCd}$	kN	3249
$V_{Rd}$	kN	<b>1924</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

**SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19**  
**Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	SL0400 001	A	65 di 74

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>1328</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>985</b>	kN

#### Materiali

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

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>120</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$C_{s1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \uparrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \uparrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$C_{t1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>6.8</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>165.3</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	134.8	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	74.8	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	42.4	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	13487	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	18591722.87	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	7221101.957	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	977	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	1299	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	131.9	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	71.9	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	6.6		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	160.1	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	42.7	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	25.78	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2578.06	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0206	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.00031231	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>26.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta S_{max}$	384.6239108	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta S_m$	226.2493593	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.12</b>	mm	

**SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19**  
**Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	SL0400 001	A	66 di 74

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>1360</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>1027</b>	kN

#### Materiali

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

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>120</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$C_{s1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \uparrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \uparrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$C_{t1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>6.9</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>167.9</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	132.4	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	72.4	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	42.6	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	13487	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	18591722.87	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	7250968.912	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	987	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	1309	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	127.4	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	67.4	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	6.7		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	158.6	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	43.1	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	25.62	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2561.95	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0207	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000309456	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>26.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta S_{max}$	383.2827278	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta S_m$	225.4604281	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.12</b>	mm	

### 10.5.4 Verifica soletta inferiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solinf-Camp)

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

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

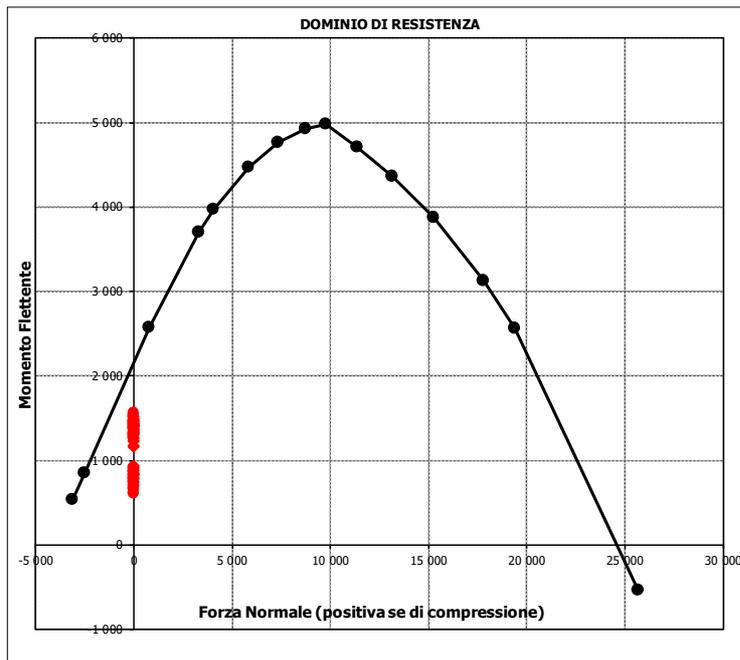
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 120 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 8.7 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 111.3 \text{ cm}$

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

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

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

(Mmax)	61S3-16S	0	1565
(Mmin)	78SSS8--	0	614



Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	1412	44S1T23M	0	1280
02S1-11T	0	1419	45S1T23T	0	1286
03S1-12M	0	1346	46S1T24-	0	684
04S1-12T	0	1353	47S1T25-	0	797
05S1-13M	0	1475	48S1T26S	0	1290
06S1-13T	0	1482	49S1T27S	0	1259
07S1-14-	0	790	50S1T28S	0	1313
08S1-15-	0	919	51S1T29S	0	711
09S1-16S	0	1492	52S1T30S	0	765
10S1-17S	0	1460	53S3-11M	0	1461
11S1-18S	0	1516	54S3-11T	0	1468
12S1-19S	0	823	55S3-12M	0	1395
13S1-20S	0	880	56S3-12T	0	1401
14S1-21M	0	1327	57S3-13M	0	1524
15S1-21T	0	1334	58S3-13T	0	1530
16S1-22M	0	1261	59S3-14S	0	1540
17S1-22T	0	1268	60S3-15S	0	1508
18S1-23M	0	1390	61S3-16S	0	1565
19S1-23T	0	1397	62S3-21M	0	1376
20S1-24-	0	705	63S3-21T	0	1383
21S1-25-	0	834	64S3-22M	0	1318
22S1-26S	0	1407	65S3-22T	0	1324
23S1-27S	0	1375	66S3-23M	0	1430
24S1-28S	0	1431	67S3-23T	0	1436
25S1-29S	0	739	68S3-24S	0	1456
26S1-30S	0	795	69S3-25S	0	1424
27S1T11M	0	1368	70S3-26S	0	1478
28S1T11T	0	1373	71SSS1--	0	913
29S1T12M	0	1310	72SSS2--	0	874
30S1T12T	0	1315	73SSS3--	0	788
31S1T13M	0	1422	74SSS4--	0	661
32S1T13T	0	1427	75SSS5--	0	865
33S1T14-	0	826	76SSS6--	0	827
34S1T15-	0	938	77SSS7--	0	741
35S1T16S	0	1432	78SSS8--	0	614
36S1T17S	0	1401	79SSS9S	0	918
37S1T18S	0	1455	80SSS10S	0	880
38S1T19S	0	853	81SSS11S	0	794
39S1T20S	0	907	82SSS12S	0	667
40S1T21M	0	1227	83SSS13S	0	871
41S1T21T	0	1232	84SSS14S	0	833
42S1T22M	0	1168	85SSS15S	0	747
43S1T22T	0	1174	86SSS16S	0	620

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

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

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
$R_{ck}$	40 $\text{N/mm}^2$
$f_{ck}$	33.2 $\text{N/mm}^2$
$\gamma_c$	1.5
$f_{ctd}$	22.1 $\text{N/mm}^2$
$f_{cc}$	18.8 $\text{N/mm}^2$

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

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 120 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 8.7 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 111.3 \text{ cm}$

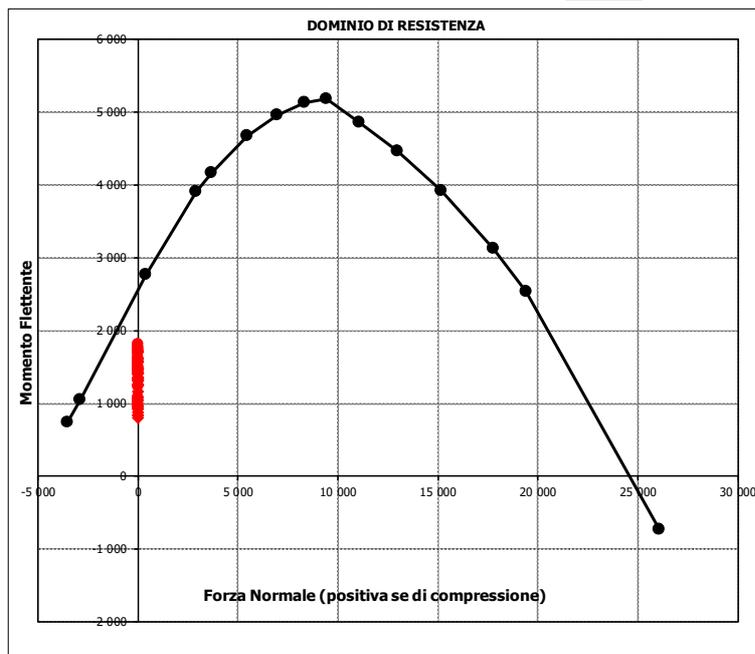
Armatatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09 $\text{cm}^2$	
5	16	10.05 $\text{cm}^2$	
		0.00 $\text{cm}^2$	
			<b>63.15 <math>\text{cm}^2</math></b>

Armatatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55 $\text{cm}^2$	
0	0	0.00 $\text{cm}^2$	
		0.00 $\text{cm}^2$	
			<b>26.55 <math>\text{cm}^2</math></b>

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Mmax)	66S3-23M	0 1822
(Mmin)	38S1T19S	0 806

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	1260	44S1T23M	0	1730
02S1-11T	0	1253	45S1T23T	0	1724
03S1-12M	0	1332	46S1T24-	0	989
04S1-12T	0	1325	47S1T25-	0	1240
05S1-13M	0	1623	48S1T26S	0	1469
06S1-13T	0	1615	49S1T27S	0	1503
07S1-14-	0	875	50S1T28S	0	1618
08S1-15-	0	1165	51S1T29S	0	960
09S1-16S	0	1327	52S1T30S	0	1075
10S1-17S	0	1362	53S3-11M	0	1416
11S1-18S	0	1483	54S3-11T	0	1408
12S1-19S	0	838	55S3-12M	0	1487
13S1-20S	0	959	56S3-12T	0	1480
14S1-21M	0	1352	57S3-13M	0	1778
15S1-21T	0	1345	58S3-13T	0	1770
16S1-22M	0	1424	59S3-14S	0	1482
17S1-22T	0	1417	60S3-15S	0	1517
18S1-23M	0	1715	61S3-16S	0	1638
19S1-23T	0	1707	62S3-21M	0	1508
20S1-24-	0	967	63S3-21T	0	1500
21S1-25-	0	1258	64S3-22M	0	1571
22S1-26S	0	1419	65S3-22T	0	1563
23S1-27S	0	1454	66S3-23M	0	1822
24S1-28S	0	1575	67S3-23T	0	1815
25S1-29S	0	930	68S3-24S	0	1574
26S1-30S	0	1051	69S3-25S	0	1608
27S1T11M	0	1262	70S3-26S	0	1724
28S1T11T	0	1256	71SSS1--	0	1733
29S1T12M	0	1326	72SSS2--	0	1709
30S1T12T	0	1320	73SSS3--	0	1039
31S1T13M	0	1577	74SSS4--	0	959
32S1T13T	0	1571	75SSS5--	0	1784
33S1T14-	0	836	76SSS6--	0	1760
34S1T15-	0	1087	77SSS7--	0	1090
35S1T16S	0	1316	78SSS8--	0	1011
36S1T17S	0	1350	79SSS9S	0	1714
37S1T18S	0	1465	80SSS10S	0	1690
38S1T19S	0	806	81SSS11S	0	1020
39S1T20S	0	921	82SSS12S	0	940
40S1T21M	0	1416	83SSS13S	0	1765
41S1T21T	0	1410	84SSS14S	0	1741
42S1T22M	0	1479	85SSS15S	0	1071
43S1T22T	0	1473	86SSS16S	0	991



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

**Calcestruzzo**

Tipo	C32/40	
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	18.8	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

$V_{Ed}$	kN	<b>702</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

**Soletta inf**

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	10
Numero barre		5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	3.93
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		10
$\varnothing_1$	mm	26
$n_2$		5
$\varnothing_2$	mm	16
Asl	cm <sup>2</sup>	63.15

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	120
c	cm	8.7
d	cm	111.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.42
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.34
$\rho$		0.0057
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>506</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>NECESSITA ARMATURA A TAGLIO</b>

**Resistenza con armatura a taglio**

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
$\omega_{sw}$		0.04
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{RSd}$	kN	1924
$V_{RCd}$	kN	3249
$V_{Rd}$	kN	<b>1924</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

**SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19**  
**Relazione di calcolo scatolare**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	SL0400 001	A	70 di 74

• Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>1057</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

**Materiali**

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

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>120</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b>	$C_{s1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \uparrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \uparrow$ <b>10.0</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$C_{t1} = \uparrow$ <b>8.7</b> cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.5</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>197.6</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	$\infty$	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	$\infty$	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	<b>32.6</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	13115	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	17543792.15	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	6314935.728	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	709	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	1012	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.2		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	189.2	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	<b>32.6</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	29.13	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	53.09	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2913.17	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0182	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000369243	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>26.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	412.52	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	242.66	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.09	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.15</b>	mm	

• Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>1259</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

**Materiali**

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

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>120</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1^1$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b>	$c_{s1} = \text{8.7}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2^1$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$c_{s2} = \text{10.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$c_{t2} = \text{10.8}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	53.09	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>26</b>	$c_{t1} = \text{8.7}$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>6.2</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>200.8</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	<b>35.0</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	13256	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	17908816.07	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	7171172.827	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	723	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	1033	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.1		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	164.8	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	<b>35.0</b>	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_c$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	28.32	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	63.15	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	2831.74	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0223	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000321617	-	
Copriferro netto	$c'$	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>23.65</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	350.2743309	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	206.043724	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.11</b>	mm	

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL0400 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 72 di 74</p>

## 11. INCIDENZA SCATOLARE

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

Soletta superiore	<b>100 kg/mc</b>
Soletta inferiore	<b>100 kg/mc</b>
Piedritti	<b>110 kg/mc</b>

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

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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>SL04 - Nuovo sottovia al Km 77+407.19</b> <b>Relazione di calcolo scatolare</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0400 001	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.