

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

TRACCIATO FERROVIARIO

IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento

SCALA:

-

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

I V 0 I    0 0    D    2 6    C L    I N 0 0 0 0    0 0 2    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: IV0100D26CLIN0000002A.docx


 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	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 .....	15
6.8 Variazione termica.....	15
6.9 Spinta statica del terreno.....	16
6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale .....	17
6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche .....	17
<b>7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....</b>	<b>18</b>
<b>8. VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>20</b>
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....	20
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	20
8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio.....	22

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00D26</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO IN000002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 2 di 73</p>

<b>9. ANALISI STRUTTURALE .....</b>	<b>23</b>
9.1 Modellazione strutturale : Scatolare .....	23
9.2 Analisi dei carichi .....	25
9.3 Combinazioni.....	44
9.4 Sollecitazioni .....	48
9.5 Verifiche strutturali.....	54
9.5.1 Riepilogo armature.....	54
9.5.2 Verifica soletta superiore.....	55
9.5.3 Verifica piedritti .....	60
9.5.4 Verifica soletta inferiore.....	65
<b>10.VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>70</b>
<b>11.INCIDENZA SCATOLARE .....</b>	<b>71</b>
<b>12.DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2) .....</b>	<b>72</b>
12.1 Tipo di analisi svolte.....	72
12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo.....	72
12.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	72

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	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 tipologico dei tombini ferroviari di attraversamento.

Il tombino tipologico, preso a riferimento nella presente relazione, ha sezione scatolare di dimensioni interne 2x2m (BxH). Il calcolo riportato vale per tutte le opere scatolari indicate nella tabella seguente:

Prog. [km]	Opera
82+413	DN1500
82+461	DN1500
82+641	Scatolare 2.00x2.00
82+905	DN2000
83+586	Scatolare 2.00x2.00
86+011	Scatolare 2.00x2.00

Per i tombini circolari (DN), essendo strutture prefabbricate di diametro interno massimo pari a 2m, si rimanda ai cataloghi forniti dai fornitori di opere di attraversamento ferroviario.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	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		1.20	m
<b>Geometria</b>				
Spessore soletta superiore	Ss		0.40	m
Spessore soletta di fondazione	Sf		0.40	m
Spessore piedritti	Sp		0.40	m
Altezza netta	Hint		2.00	m
Larghezza netta	Lint		2.00	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr		0.00	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>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

### 3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

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

Riferimenti STI:

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	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			<b>Tombini</b>
Classe di esposizione ambientale			<b>XA1</b>
Classe di resistenza calcestruzzo			<b>C32/40</b>
Classe di consistenza			S3-S4
Rapporto acqua cemento massimo	a/c max	[-]	0.55
Tipo di cemento	CEM	[-]	III, IV, V
Contenuto minimo cemento		[kg/m <sup>3</sup> ]	320
Contenuto minimo di aria		[%]	-
Classe di contenuto in cloruri			-
Diametro massimo dell'aggregato	$D_{upper}$	[mm]	25
Copriferro nominale	$c_{nom}$	[mm]	50
Resistenza caratteristica cubica a 28gg	$R_{ck}$	[MPa]	40
Resistenza caratteristica cilindrica a 28gg	$f_{ck}$	[MPa]	33.2
Resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	[MPa]	41.2
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	[MPa]	3.1
Resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	$f_{ctk}$	[MPa]	2.2
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctfm}$	[MPa]	3.7
Modulo elastico istantaneo (secante a 0.4 $f_{cm}$ )	$E_{cm}$	[MPa]	33643
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$	[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>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	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>o</sub> ≤ C	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C <sub>o</sub> ≤ C	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C <sub>o</sub> ≤ C	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C <sub>o</sub> ≤ C	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: XA1

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive



	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A	FOGLIO 8 di 73

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>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

## 5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

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

Per il terreno di fondazione, trattandosi di un calcolo tipologico, si considera, la seguente stratigrafia, che dà luogo agli effetti peggiori:

Unità	Descrizione	$\gamma$ kN/mc	$\phi$ °	$c'$ kPa	$c_u$ kPa	$E$ MPa	$V_s$ m/s	$\nu$ -	$\sigma_c$ MPa
1	Materiale di riporto ghiaioso sabbioso con ciottoli in matrice limosa	19	27	0	-	10	200	0.3	-
2	Ghiaia con sabbia limosa da addensata a molto addensata, con clasti calcarei e arenacei	20	35	0	-	40-70	200-300	0.3	-
3	Limo argilloso debolmente sabbioso e ghiaioso	19.5	24	0	40-90	5-10	200-300	0.25	-
ORV	Limo argilloso molto consistente	20.5	24	10	100	30	>800	0.25	-
ALN/ALNalt	Formazione di Albenga, calcescisto costituito da calcare e calcare marnoso, molto compatto e nei primi metri completamente	24.5	25	400	-	>400	>1000	0.25	10

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>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

## 6. ANALISI DEI CARICHI

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

### 6.1 Pesì propri

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

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

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

Calcestruzzo armato:	$\gamma_{c.a.}$	= 25.00 kN/m <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>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	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

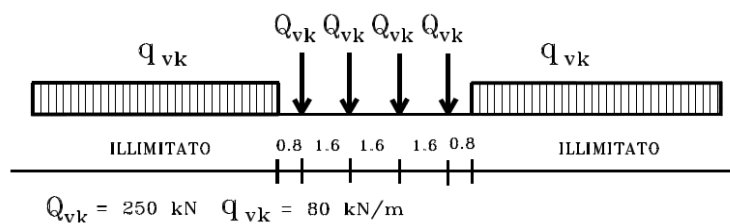
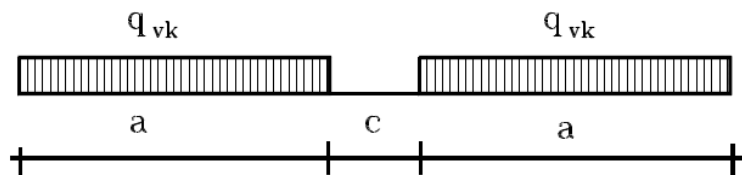


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	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:

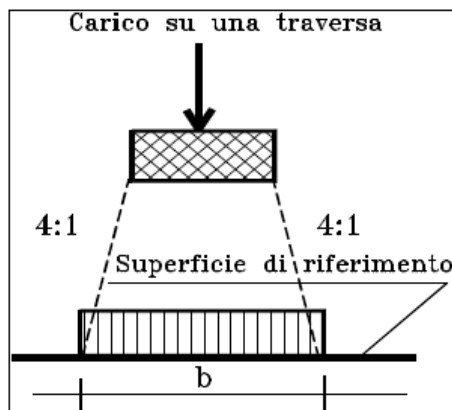
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

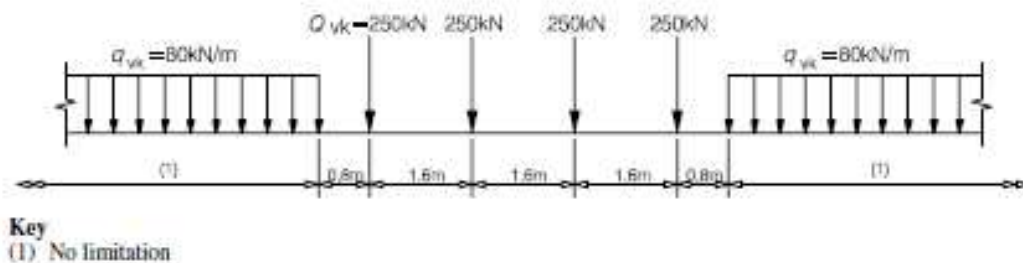
$L_\Phi$  rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

### 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.

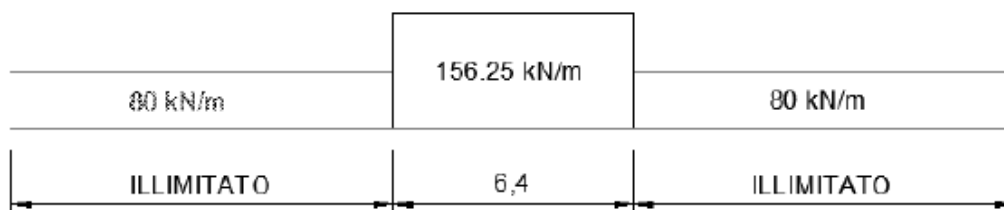


Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

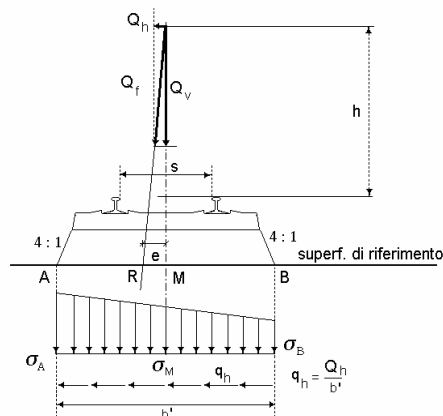
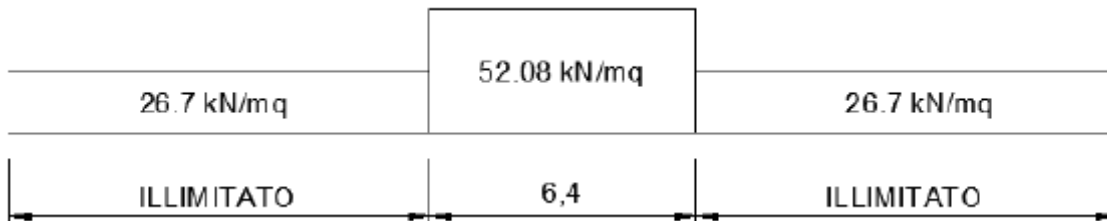
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

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>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	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

Trattandosi di un calcolo tipologico si sono considerati i parametri peggiori determinati lungo la tratta in progetto. 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: E
- 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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

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

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_q$	0.189 g
$F_o$	2.462
$T_C^*$	0.300 s
$S_S$	1.488
$C_C$	1.861
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.488
$\eta$	1.000
$T_B$	0.186 s
$T_C$	0.559 s
$T_D$	2.356 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  $10^\circ$ , ed un umidità relativa del 75% a 7 gg.

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

### 6.8 Variazione termica

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

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

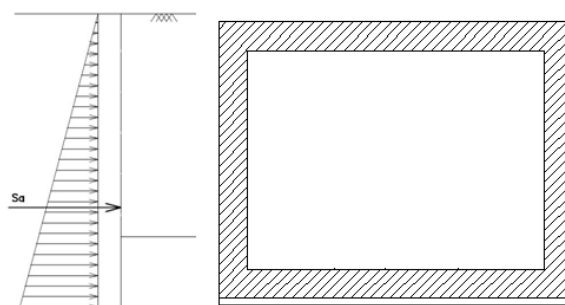
$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001$$



	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

## 6.9 Spinta statica del terreno

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



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

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

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

### 6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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

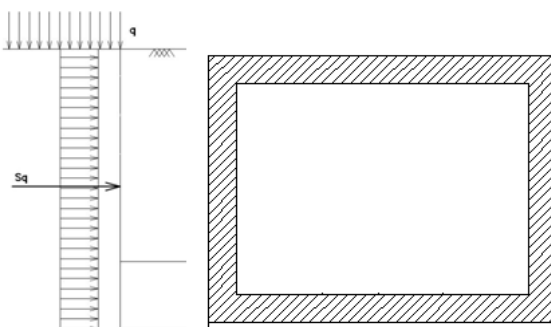


Figura 6.4– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

### 6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche

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

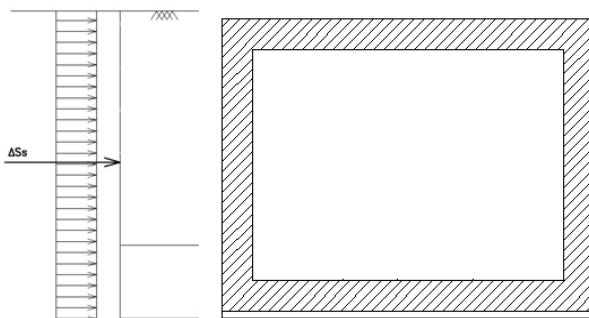


Figura 6.5– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

## 8. VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

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

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

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

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

### 8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

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

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

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

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

- Resistenza di progetto a "taglio trazione":

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

- Resistenza di progetto a "taglio compressione":

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

Nelle espressioni precedenti i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

$A_{sl}$  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 ( $\nu=0.5$ );

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A	FOGLIO 22 di 73

### 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>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

## 9. 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

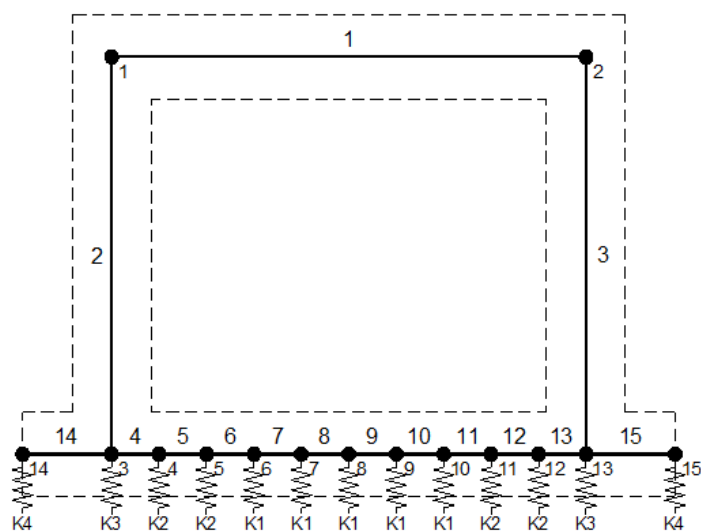
**x** = asse trasversale dello scatolare

**y** = asse longitudinale dello scatolare

**z** = asse verticale dello scatolare

### 9.1 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>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	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:

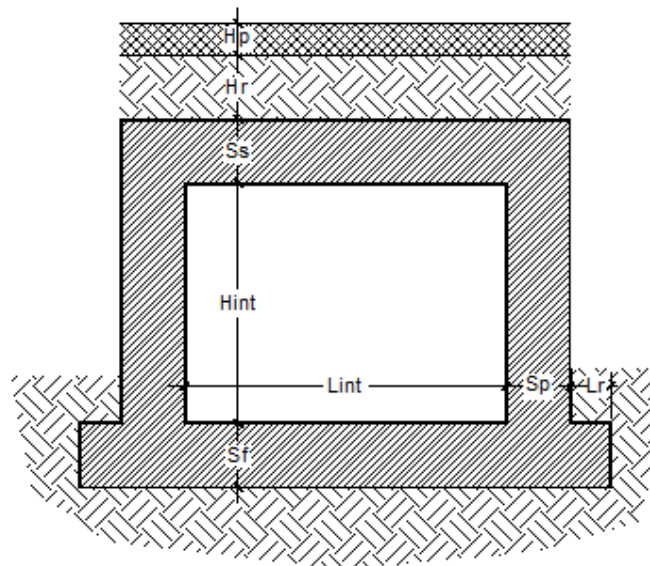
Rigidezze molle verticali				
Modulo elastico del terreno	E <sub>t</sub>		7.50	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	v		0.25	-
Larghezza della fondazione	B	B = L <sub>r</sub> +S <sub>0</sub> +L <sub>int</sub> +S <sub>0</sub> +L <sub>r</sub>	2.80	m
Lato maggiore della fondazione	L		15.00	m
Fattore di forma	c <sub>t</sub>		1.75	-
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>	1633	kN/m <sup>3</sup>
Interasse molle	i	i = (S <sub>0</sub> /2+L <sub>int</sub> +S <sub>0</sub> /2)/10	0.24	m
Molle centrali	K1	K <sub>1</sub> = K <sub>w</sub> *i	392	kN/m
Molle intermedie	K2	K <sub>2</sub> = 1.50*K <sub>w</sub> *i	588	kN/m
Molle laterali	K3	K <sub>3</sub> = 2.00*K <sub>w</sub> *(i/2+S <sub>0</sub> /2)	1 045	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.

## 9.2 Analisi dei carichi

### Geometria

<b>Caratteristiche materiali e terreno</b>					
Calcestruzzo armato - Peso specifico	Y		25		kN/m <sup>3</sup>
Calcestruzzo armato - Tipo			C32/40		
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R <sub>ck</sub>		40		N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f <sub>ck</sub>	0.83 · 40 =	33.2		N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E		33600		N/mm <sup>2</sup>
Ballast - Peso specifico	Y <sub>b</sub>		18		kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato - Peso specifico	Y		20		kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ		38		°
Terreno di riempimento laterale - Peso specifico	Y		20		kN/m <sup>3</sup>
Terreno di riempimento laterale - Angolo di attrito	φ		38		°
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			aggressive		
<b>Ricoprimento</b>					
Spessore ballast+armamento	H <sub>b</sub>		0.80		m
Spessore medio traversina+binario	H <sub>t</sub>		0.40		m
Spessore ballast sotto la traversina			0.40		m
Spessore del rinterro	H <sub>r</sub>		1.20		m
<b>Geometria</b>					
Spessore soletta superiore	S <sub>s</sub>		0.40		m
Spessore soletta di fondazione	S <sub>f</sub>		0.40		m
Spessore piedritti	S <sub>p</sub>		0.40		m
Altezza netta	H <sub>int</sub>		2.00		m
Larghezza netta	L <sub>int</sub>		2.00		m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L <sub>r</sub>		0.00		m



Tab. 4: Geometria del modello

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	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	$1.20 \cdot 20 =$	24.00	kN/m <sup>2</sup>
Totale		$(Pr+Ps)*r$	<b>44.80</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.	$L_{\phi}$	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (2.20 + 2.40 + 2.20)$	2.95	m
Coefficiente dinamico	$\phi_3$	$= 1.35$ se $L_{int} \leq 8$ m e $H_{int} \leq 5$ m	1.35	
Qvk				
Coefficiente di adattamento	$\alpha$		1.10	
Larghezza traversa	Lt		2.40	m
Impronta di carico y	Ld1	$2.40 + 2 \times (0.40/4 + 1.20 \times \tan(38^\circ) + 0.40/2) =$	4.88	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)		$1.1 \cdot 1.35 \cdot 1000 / (4.88 \cdot 6.40) =$	<b>47.60</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
qvk				
Carico qvk			80	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.35 \cdot 80 / 4.88 =$	<b>24.37</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	$\alpha$		1.00	
Carico qvk			150	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1 \cdot 1.35 \cdot 150 / 4.88 =$	<b>41.54</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Avviamento e frenatura (Condizione AVV)</b>				
Q1ak (= $\alpha \cdot 33 / Ld1$ )		$\alpha \cdot 33 / 4.88 =$	<b>7.45</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.

<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	$\varphi$			38.00	°
Coefficiente di spinta a riposo	$K_0$	$K_0 = [1 - \text{sen}(\varphi_i)] * \text{OCR}^m$		0.38	-
Angolo di attrito terreno-muro	$\delta$			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	$0.384 \cdot 40.00 =$		15.37	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.384 \cdot (40.00 + 20 \cdot 0.40/2) =$		16.91	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.384 \cdot [40.00 + 20 \cdot (0.40 + 2.00 + 0.40/2)] =$		35.36	kN/m <sup>2</sup>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.384 \cdot [40.00 + 20 \cdot (0.40 + 2.00 + 0.40)] =$		36.90	kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(15.37 + 16.91)/2 \cdot 0.40/2 =$		3.23	kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(35.36 + 36.90)/2 \cdot 0.40/2 =$		7.23	kN/m
<b>Spinta del carico accidentale LM71 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)</b>					
Spinta dovuta al q1	p	$0.384 \cdot 1.1 \cdot 1000 / (4.88 \cdot 6.40) =$		13.55	kN/m <sup>2</sup>
<b>Spinta del carico accidentale SW/2 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)</b>					
Spinta dovuta al q1	p	$0.384 \cdot 1 \cdot 150 / (4.88 \cdot 6.40) =$		1.85	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	$a_g/g$			0.189	
Amplificazione spettrale	$F_0$			2.462	
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E		E	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	$S_s$			1.488	
Coeff. Amplificazione topografica	$S_t$			1	
Coefficiente S	$S = S_s \cdot S_t$			1.488	
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g = a_g/g \cdot S$			0.281	
Fattore di struttura	$q$			1.00	
Coeff. sismico orizzontale	$k_h = a_{max}/g$			0.281	
Coeff. sismico verticale	$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$			0.141	
Carico accidentale totale gravante sulla cop.		$1.1 \cdot 1000 / (4.88 \cdot 6.40) \cdot 2.80 + 1.1 \cdot 80 / 4.88 \cdot 2.80 =$		149.3	kN/m
Forza orizz. sulla sol. di cop.	FHs	$0.281 \cdot (0.40 \cdot 25 + 44.80 + 0.2 \cdot 149.3 / 2.40) / 1.00 =$		18.91	kN/m <sup>2</sup>
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.281 \cdot (0.40 \cdot 25) / 1.00 =$		2.81	kN/m <sup>2</sup>
<b>Sisma verticale (Condizione SISMAV)</b>					
Forza vert. sulla sol. di cop.	FVs	$0.141 \cdot (0.40 \cdot 25 + 44.80 + 0.2 \cdot 149.3 / 2.40) / 1.00 =$		9.46	kN/m <sup>2</sup>
<b>Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSPDX)</b>					
Risultante della spinta sismica	$\Delta S_E$	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.281 \cdot 20 \cdot 4.80^2$		129.6	kN/m
Pressione risultante	$\Delta p_E$	$= \Delta S_E / H = 129.6 / 2.40$		54.00	kN/m <sup>2</sup>

 <p><b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b></p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b>  <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00D26</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO IN000002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 28 di 73</p>

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

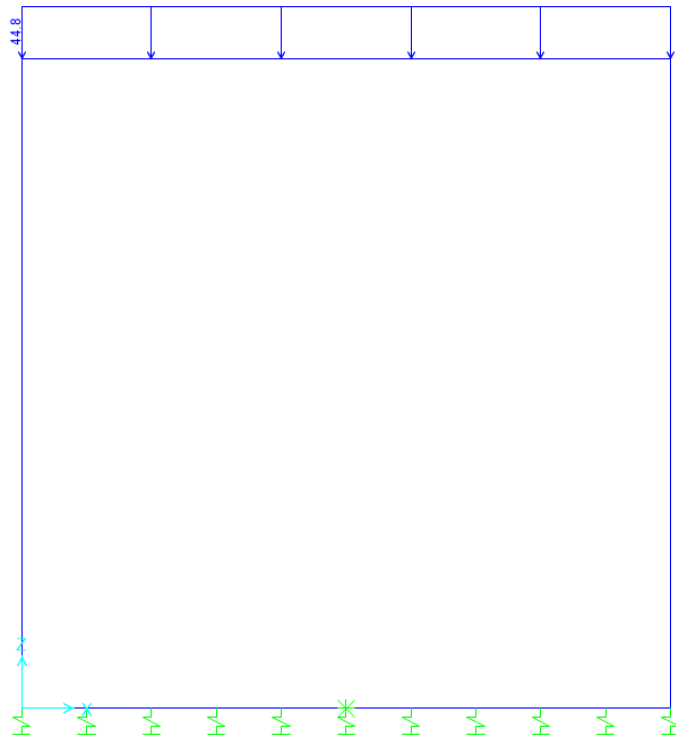


Figura 6: Condizione di carico PERM (kN/m/m)

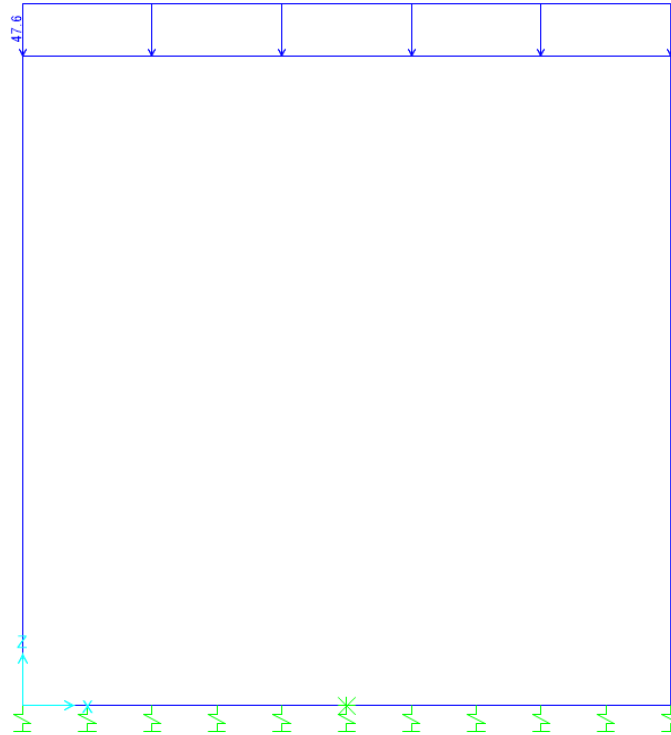


Figura 7: Condizione ACC-LM71-  $M(kN/m/m)$

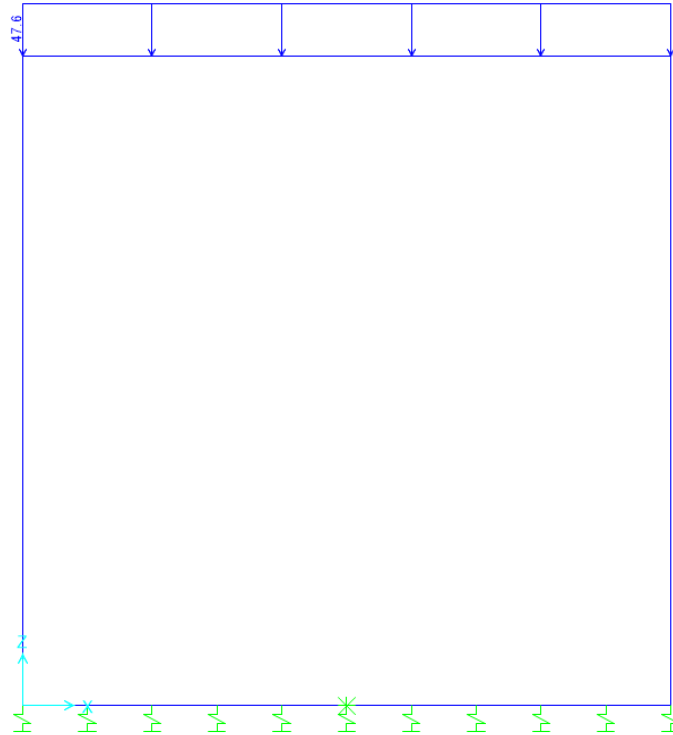


Figura 8: Condizione ACC-LM71- T(kN/m/m)

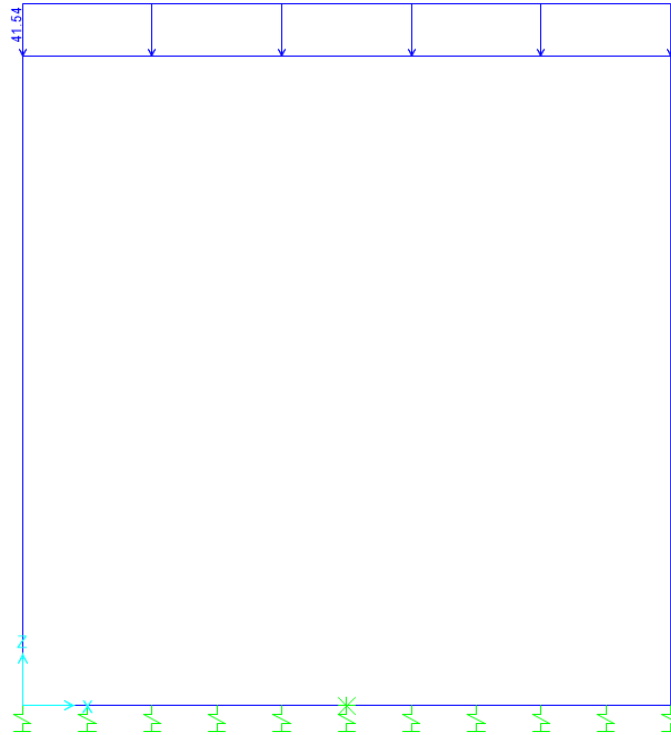


Figura 9: Condizione ACC-SW (kN/m/m)



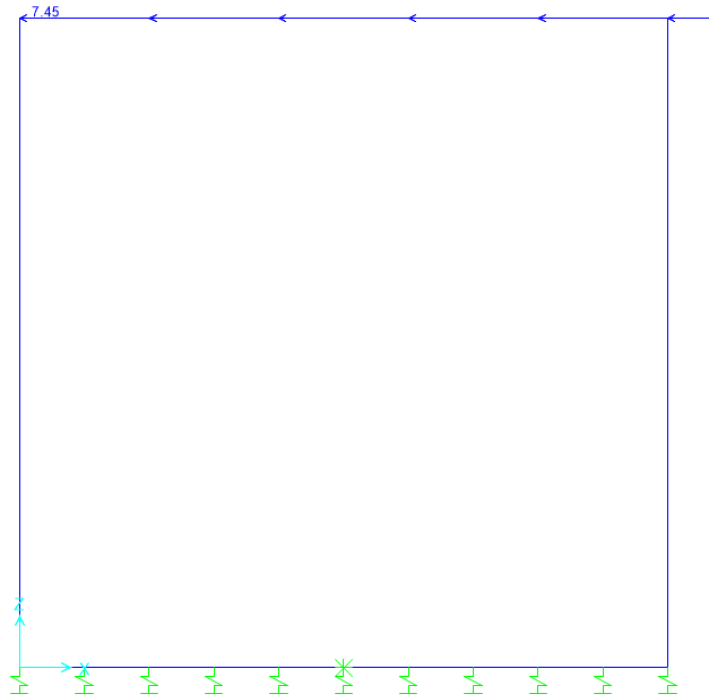
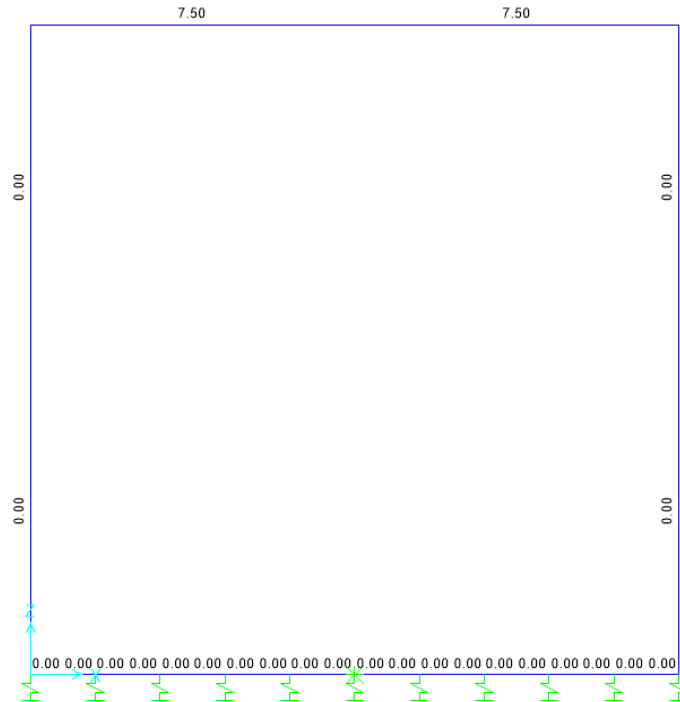
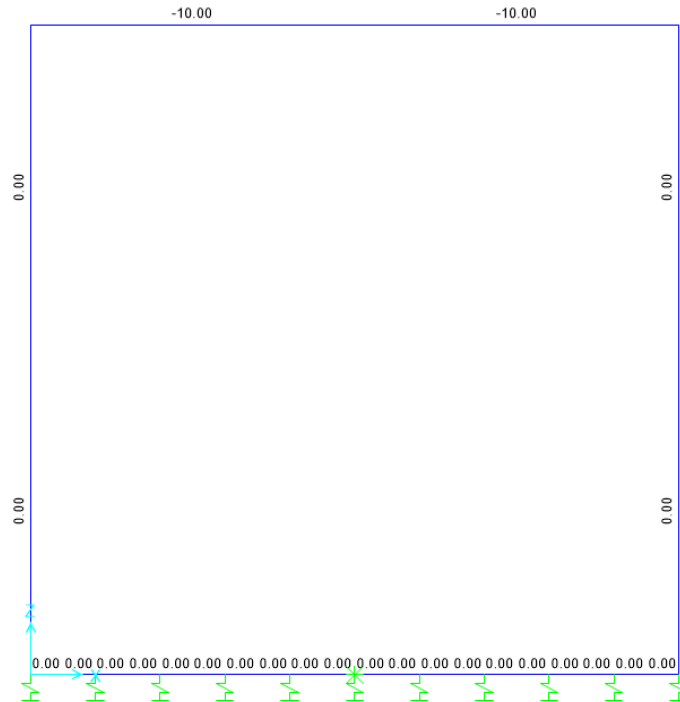


Figura 10: Condizione AVV (kN/m/m)



*Figura 11: Condizione TERM (°C)*



*Figura 12: Condizione RITIRO (°C)*

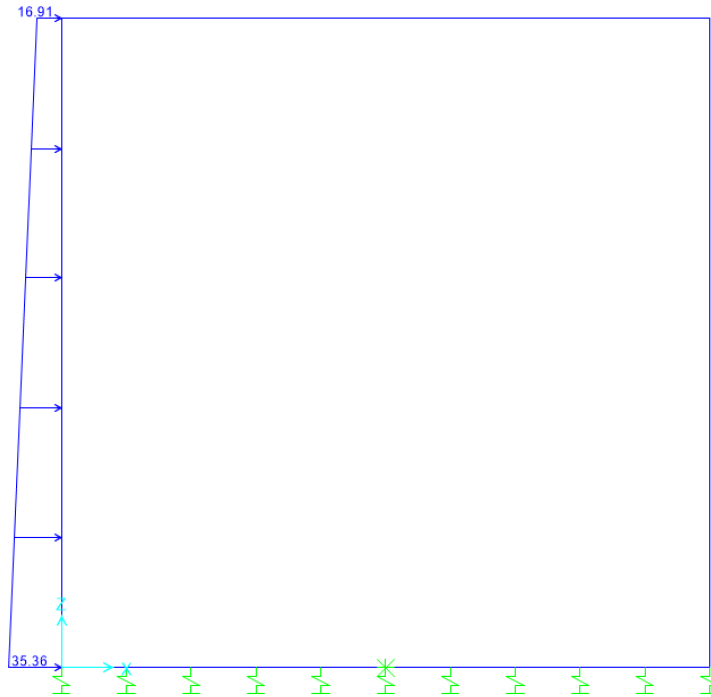


Figura 13: Condizione SPTSX (kN/m/m)

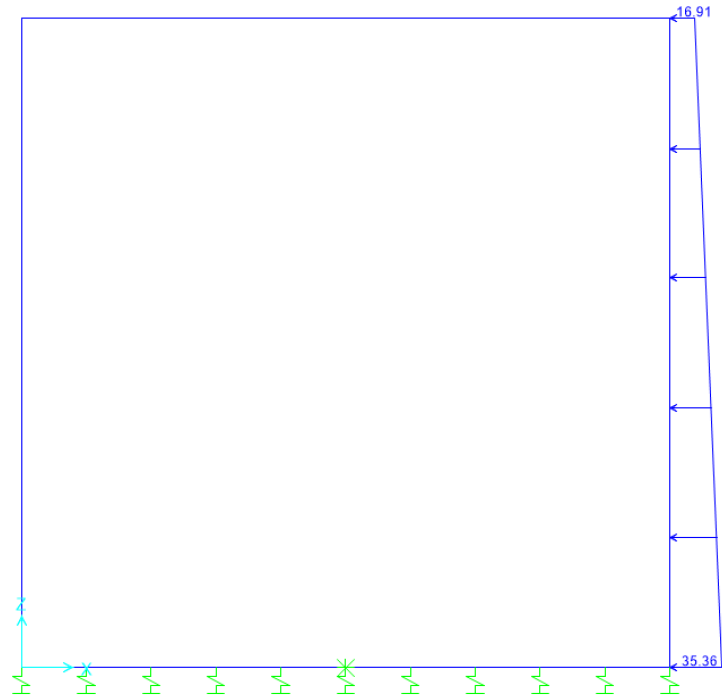


Figura 14: Condizione SPTDX (kN/m/m)

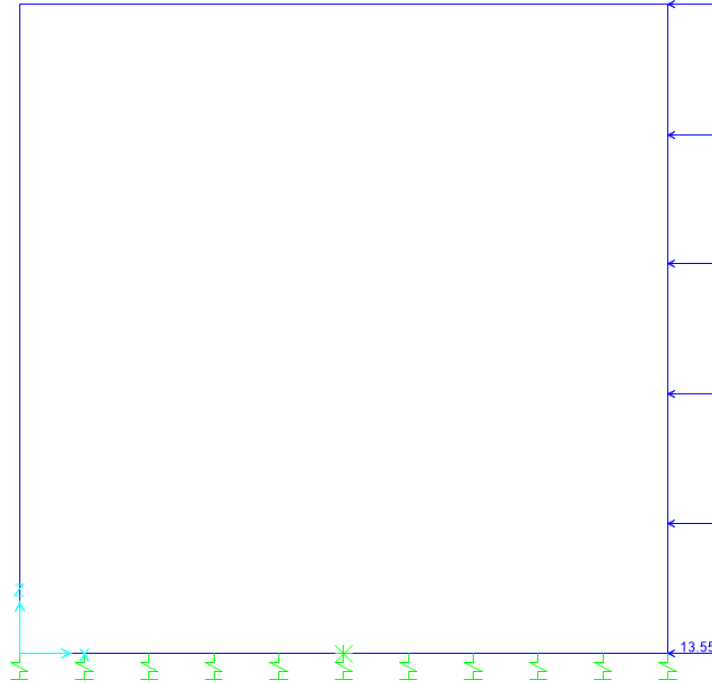


Figura 15: Condizione SPQDX71 (kN/m/m)

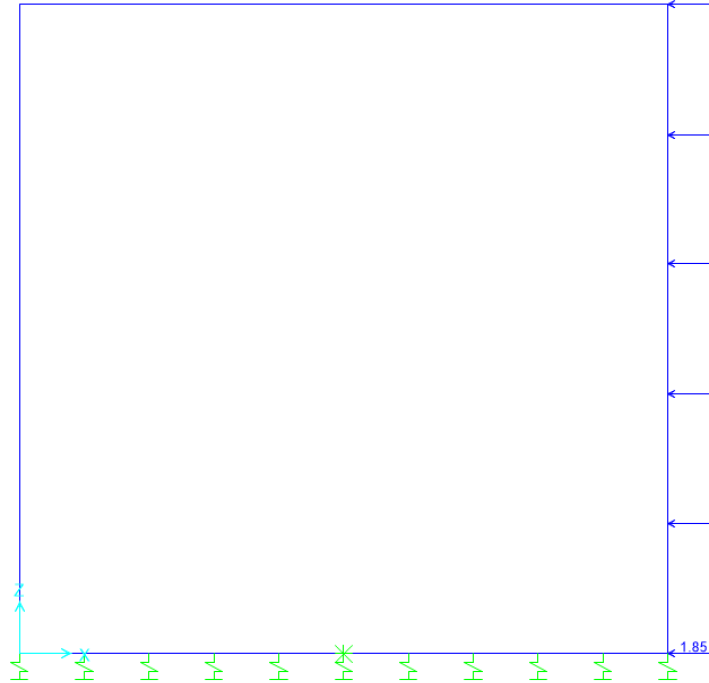


Figura 16: Condizione SPQDXSW (kN/m/m)

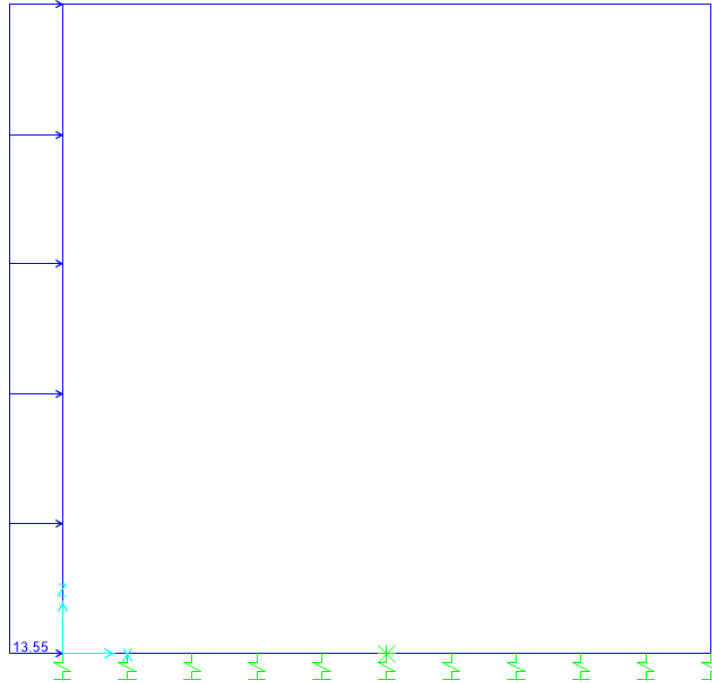


Figura 17: Condizione SPQSX71 (kN/m/m)



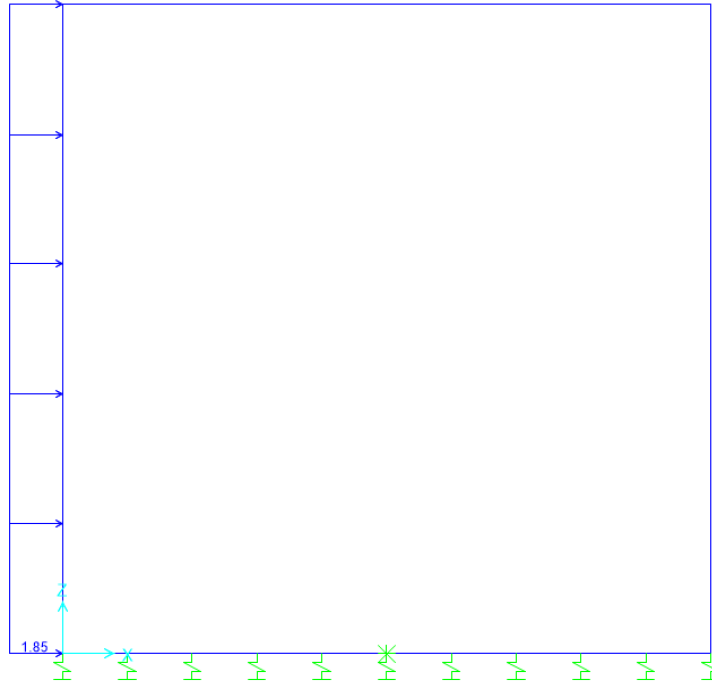


Figura 18: Condizione SPQSXS (kN/m/m)

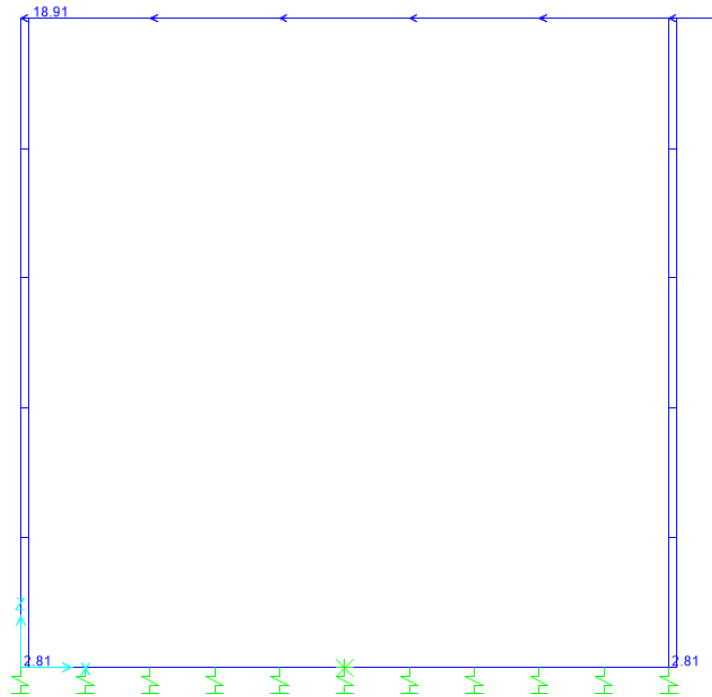


Figura 19: Condizione SISMAH (kN/m/m)

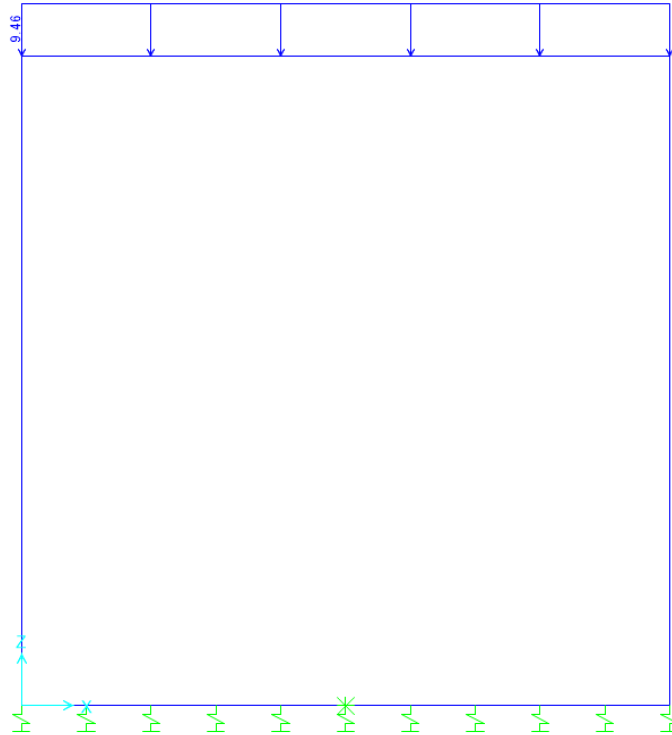


Figura 20: Condizione SISMAV (kN/m/m)

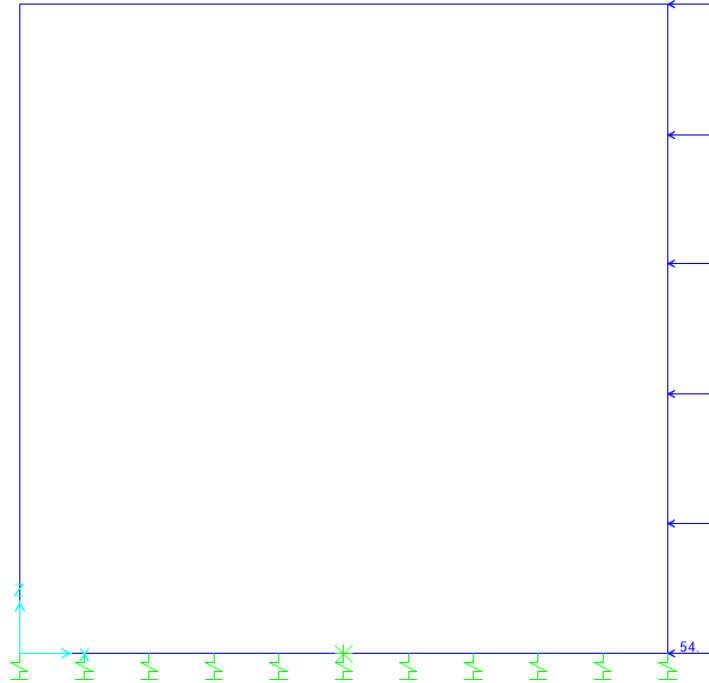


Figura 21: Condizione SPSDX (kN/m<sup>2</sup>)

### 9.3 Combinazioni

N	PERM	PERM-G2	ACC-M71	ACC-T71	AVV	SPTSX	SPTDX	SPOSX71	SPODX71	TERM	RTIRO	SISMAH	SISMAV	SPSDX	ACC-SW	SPOSXSW	SPODXSW
01 01S1-11M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
02 02S1-11T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
03 03S1-12M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
04 04S1-12T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
05 05S1-13M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
06 06S1-13T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
07 07S1-14-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
08 08S1-15-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
09 09S1-16S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.00	1.00	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	1.45	0	0
10 10S1-17S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.35	1.35	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	1.45	1.45	1.45
11 11S1-18S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.00	1.35	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	1.45	0	1.45
12 12S1-19S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	0	1.45	1.45
13 13S1-20S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.00	1.35	0.00	0.00	0.90	1.20	0.00	0.00	0.00	0	0	1.45
14 14S1-21M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
15 15S1-21T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
16 16S1-22M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
17 17S1-22T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
18 18S1-23M	1.35	1.50	1.45	0	0.725	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
19 19S1-23T	1.35	1.50	0	1.45	0.725	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
20 20S1-24-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
21 21S1-25-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
22 22S1-26S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	0
23 23S1-27S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	1.45	1.45	1.45
24 24S1-28S	1.35	1.5	0	0	0.725	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	1.45
25 25S1-29S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	1.45	1.45
26 26S1-30S	1.35	1.5	0	0	0.00	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	1.45
27 27S1T11M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
28 28S1T11T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
29 29S1T12M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
30 30S1T12T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
31 31S1T13M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.35	0	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
32 32S1T13T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.35	0	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
33 33S1T14-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
34 34S1T15-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.16	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
35 35S1T16S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	1.2	0	0	0	1.16	0	0
36 36S1T17S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.35	1.35	0	0	1.5	1.2	0	0	0	1.16	1.16	1.16
37 37S1T18S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.35	0	0	1.5	1.2	0	0	0	1.16	0	1.16
38 38S1T19S	1.35	1.5	0	0	0	1.35	1.35	0	0	1.5	1.2	0	0	0	0.00	1.16	1.16
39 39S1T20S	1.35	1.5	0	0	0	1.00	1.35	0	0	1.5	1.2	0	0	0	0.00	0	1.16
40 40S1T21M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
41 41S1T21T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
42 42S1T22M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
43 43S1T22T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
44 44S1T23M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
45 45S1T23T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
46 46S1T24-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
47 47S1T25-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
48 48S1T26S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	1.16	0	0
49 49S1T27S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	1.16	1.16	1.16
50 50S1T28S	1.35	1.5	0	0	1.16	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	1.16	0	1.16
51 51S1T29S	1.35	1.5	0	0	0	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	0	1.16	1.16
52 52S1T30S	1.35	1.5	0	0	0	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0	0	0	0	1.16
53 53S3-11M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
54 54S3-11T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
55 55S3-12M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
56 56S3-12T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
57 57S3-13M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
58 58S3-13T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.35	0	1.45	0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
59 59S3-14S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	0
60 60S3-15S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.35	1.35	0	0	0.9	1.2	0	0	0	1.45	1.45	1.45
61 61S3-16S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.35	0	0	0.9	1.2	0	0	0	1.45	0	1.45
62 62S3-21M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
63 63S3-21T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
64 64S3-22M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.35	1.35	1.16	1.16	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
65 65S3-22T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.35	1.35	1.16	1.16	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
66 66S3-23M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.35	0	1.16	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0
67 67S3-23T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.35	0	1.16	-0.9	1.2	0	0	0	0	0	0

**IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00D26	CL	IN000002	A	45 di 73

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

123	123R1-11M	1	1	1	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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
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
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
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
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
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
130	130R1-15S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	0.6	1	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	1	0	1	0	1	1
132	132R1-21M	1	1	1	0	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	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
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
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
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
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
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
139	139R1-25S	1	1	0	0	0.5	1	1	0	0	-0.6	1	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	1	0	1	0	1	1
141	141R1T11M	1	1	0.8	0	0.4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	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
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
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
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
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
147	147R1T14S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0.8	0	0	0
148	148R1T15S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
149	149R1T16S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8	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
151	151R1T21T	1	1	0	0.8	0.4	1	1	0	0	-1	1	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
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
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
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
156	156R1T24S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0.8	0	0	0
157	157R1T25S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
158	158R1T26S	1	1	0	0	0.4	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8	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
160	160R3-11T	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0.6	1	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
162	162R3-12T	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0.6	1	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
164	164R3-13T	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0.6	1	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
166	166R3-15S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	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	1	0	1	0	1	1
168	168R3-21M	1	1	1	0	1	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	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
170	170R3-22M	1	1	1	0	1	1	1	1	1	-0.6	1	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
172	172R3-23M	1	1	1	0	1	1	1	0	1	-0.6	1	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
174	174R3-24S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
175	175R3-25S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
176	176R3-26S	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0.6	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1
177	177R1T11M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	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
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
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
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
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
183	183R1T14S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0	0	0
184	184R1T15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
185	185R1T16S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8	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
187	187R1T21T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0	0	-1	1	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
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
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
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
192	192R1T24S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0	0	0
193	193R1T25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
194	194R1T26S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8	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>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

#### 9.4 Sollecitazioni

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

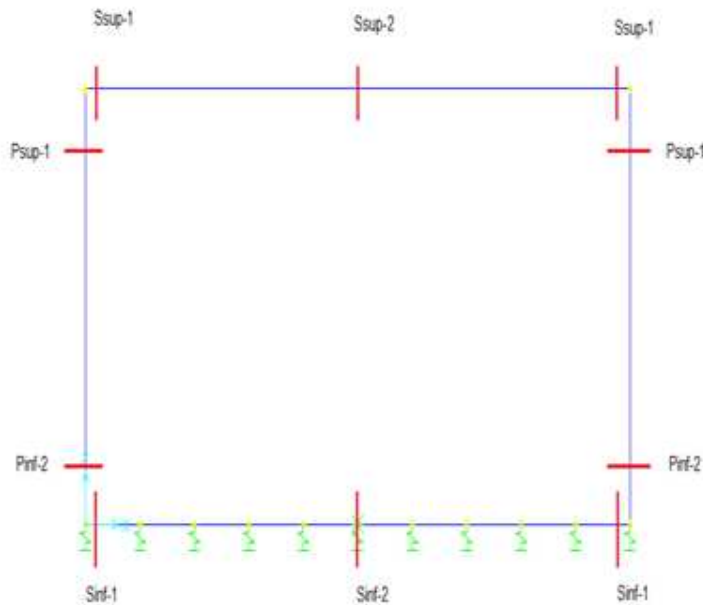


Figura 9.22 - Sezioni di verifica

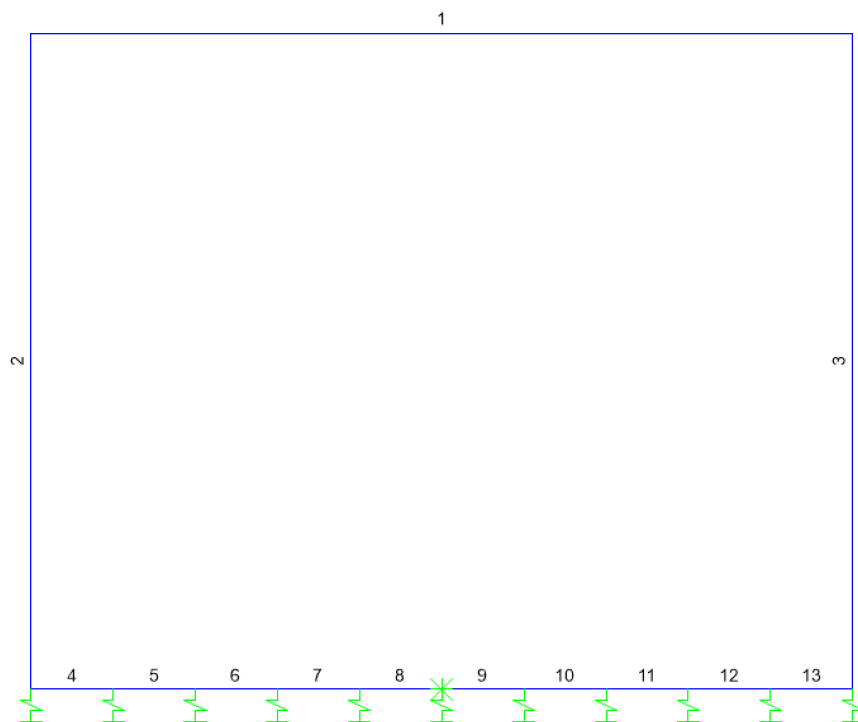


Figura 9.23 - Nomenclatura frame

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

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

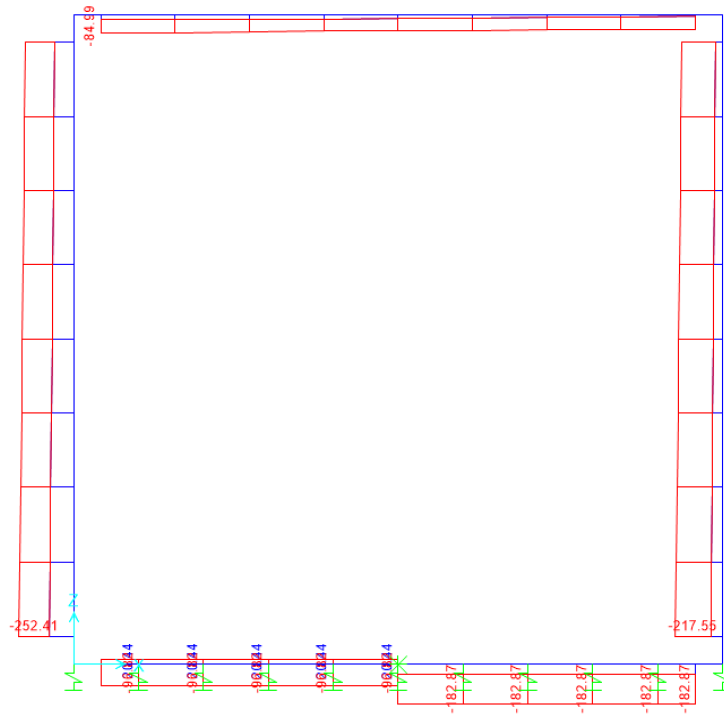


Figura 9.24 - Sforzo Normale – Involuppo SLU (KN)

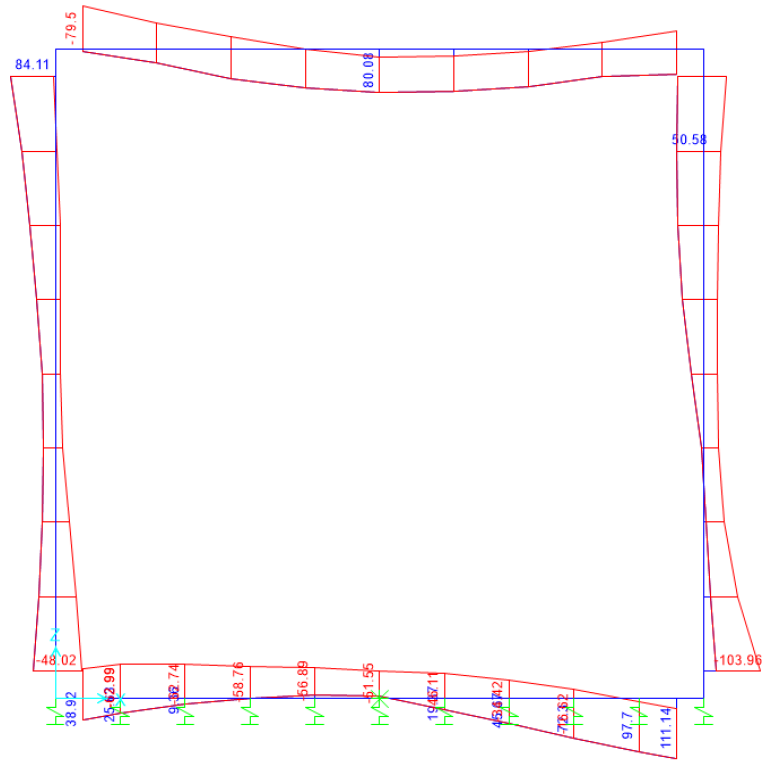
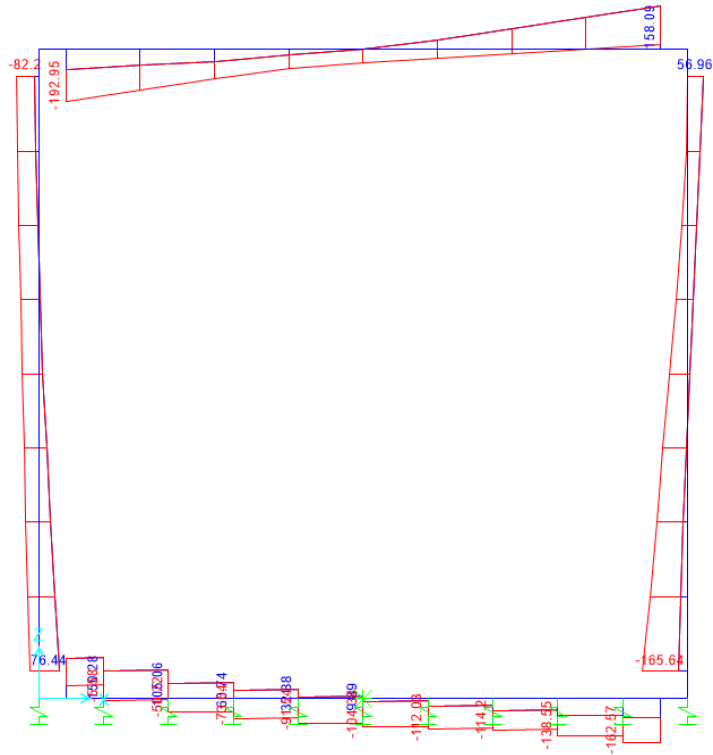
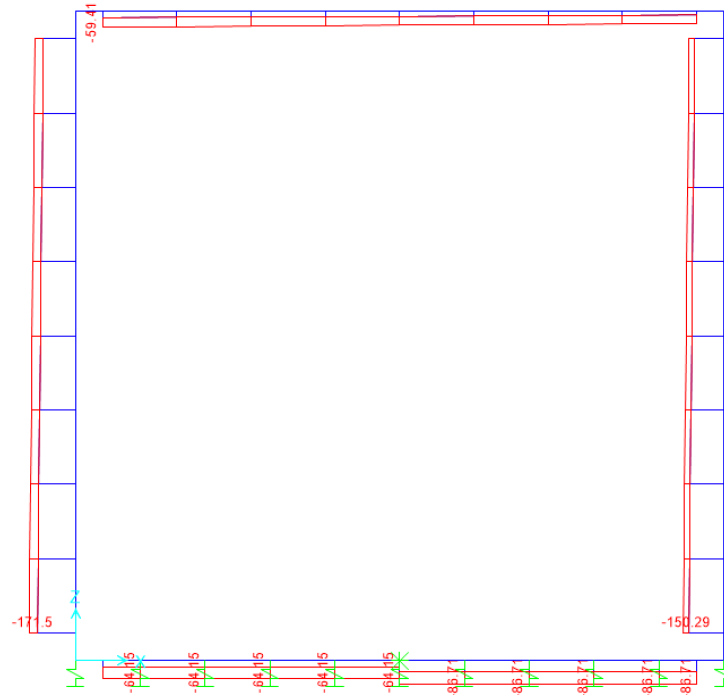


Figura 9.25 - Momento flettente – Involuppo SLU (KNm)



*Figura 9.26 - Taglio – Involuppo SLU (kN)*



*Figura 9.27 - Sforzo Normale – Involuppo SLE – Rara (kN)*

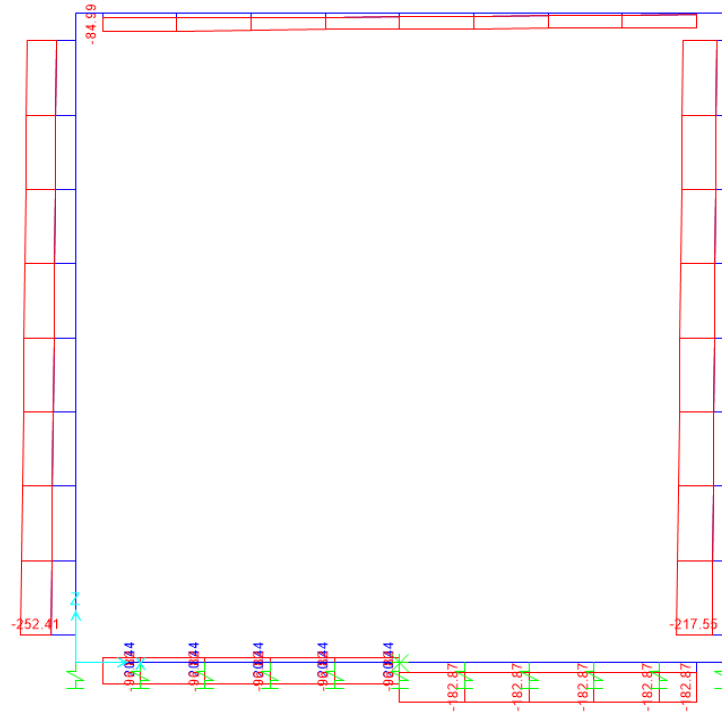


Figura 9.28 - Momento flettente – Involuppo SLE – Rara (kNm)

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A

## 9.5 Verifiche strutturali

### 9.5.1 Riepilogo armature

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

	Arm. tesa		Arm. comp.	
	1° strato	2° strato	1° strato	2° strato
Soletta superiore - Campata	5 Ø16	-	5 Ø16	-
Soletta superiore - Appoggio	5 Ø16	-	5 Ø16	-
Piedritto - Spiccato	5 Ø16	2.5 Ø14	5 Ø16	-
Piedritto - Sommità	5 Ø16	-	5 Ø16	-
Soletta inferiore - Campata	5 Ø16	-	5 Ø16	-
Soletta inferiore - Appoggio	5 Ø16	2.5 Ø14	5 Ø16	-

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

### 9.5.2 Verifica soletta superiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solsup-Camp)

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	$h = 40$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.2$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 31.8$ cm

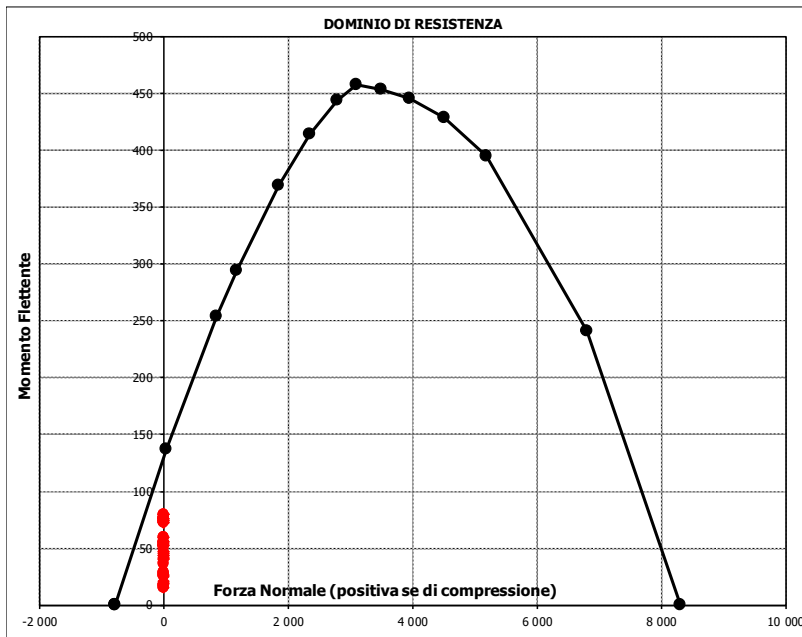
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>10.05</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>10.05</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Mmax)	40S1T21M	0	80
(Mmin)	80SSS10S	0	15

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

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





• **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	$f_{vd} = 391$ 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 sezior	$h = 40$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copri ferro	$d' = 8.2$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 31.8$ cm

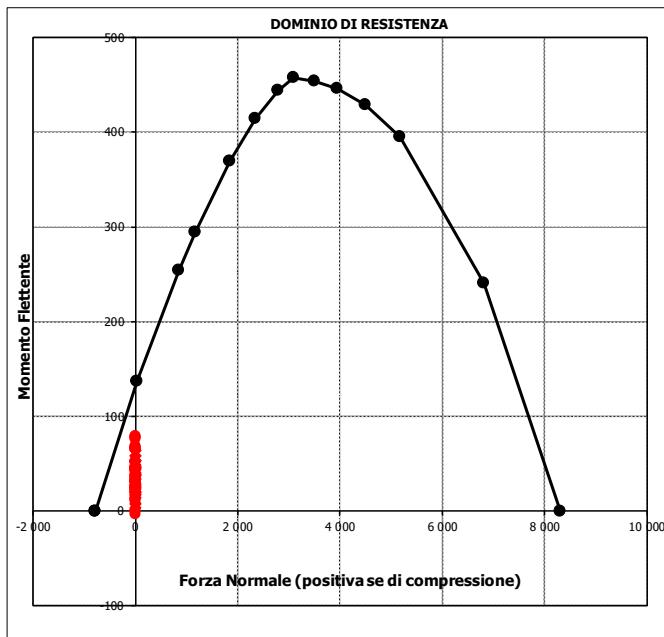
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>10.05 cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>10.05 cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Mmax)	71SSS1--	0 79
(Mmin)	51S1T29S	0 -4

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	38	44S1T23M	0	31
02S1-11T	0	38	45S1T23T	0	31
03S1-12M	0	45	46S1T24-	0	0
04S1-12T	0	45	47S1T25-	0	11
05S1-13M	0	58	48S1T26S	0	13
06S1-13T	0	58	49S1T27S	0	15
07S1-14-	0	28	50S1T28S	0	20
08S1-15-	0	40	51S1T29S	0	-4
09S1-16S	0	37	52S1T30S	0	1
10S1-17S	0	40	53S3-11M	0	45
11S1-18S	0	44	54S3-11T	0	45
12S1-19S	0	23	55S3-12M	0	53
13S1-20S	0	28	56S3-12T	0	53
14S1-21M	0	18	57S3-13M	0	66
15S1-21T	0	18	58S3-13T	0	66
16S1-22M	0	25	59S3-14S	0	44
17S1-22T	0	25	60S3-15S	0	47
18S1-23M	0	38	61S3-16S	0	52
19S1-23T	0	38	62S3-21M	0	25
20S1-24-	0	7	63S3-21T	0	25
21S1-25-	0	20	64S3-22M	0	32
22S1-26S	0	17	65S3-22T	0	32
23S1-27S	0	20	66S3-23M	0	43
24S1-28S	0	24	67S3-23T	0	43
25S1-29S	0	3	68S3-24S	0	24
26S1-30S	0	8	69S3-25S	0	27
27S1T11M	0	47	70S3-26S	0	31
28S1T11T	0	47	71SSS1--	0	79
29S1T12M	0	53	72SSS2--	0	79
30S1T12T	0	53	73SSS3--	0	37
31S1T13M	0	64	74SSS4--	0	34
32S1T13T	0	64	75SSS5--	0	68
33S1T14-	0	33	76SSS6--	0	68
34S1T15-	0	44	77SSS7--	0	26
35S1T16S	0	46	78SSS8--	0	23
36S1T17S	0	49	79SSS9S	0	78
37S1T18S	0	53	80SSS10S	0	77
38S1T19S	0	30	81SSS11S	0	35
39S1T20S	0	34	82SSS12S	0	32
40S1T21M	0	14	83SSS13S	0	66
41S1T21T	0	14	84SSS14S	0	66
42S1T22M	0	20	85SSS15S	0	24
43S1T22T	0	20	86SSS16S	0	21



- 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>193</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**

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	16
$n_2$		-
$\varnothing_2$	mm	-
$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	10.05

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	40
c	cm	8.2
d	cm	31.8
k	N/mm <sup>2</sup>	1.79
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.48
$\rho$		0.0032
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>154</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	550
$V_{RCd}$	kN	928
$V_{Rd}$	kN	<b>550</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>54</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>40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$c_{s1} = \mathbf{8.2}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$c_{s2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$c_{t2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$c_{t1} = \mathbf{8.2}$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.4</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>183.8</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>8.4</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4281	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	575327.128	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	102332.1705	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	70	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	----	------	----------------------------

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>42</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	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{s1} = \text{8.2}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \text{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \text{9.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{t1} = \text{8.2}$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>3.4</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>144.1</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>8.4</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4281	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	575327.128	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	102332.1705	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	70	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	----	------	----------------------------

### 9.5.3 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>
$f_{ctc}$	18.8 N/mm <sup>2</sup>

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

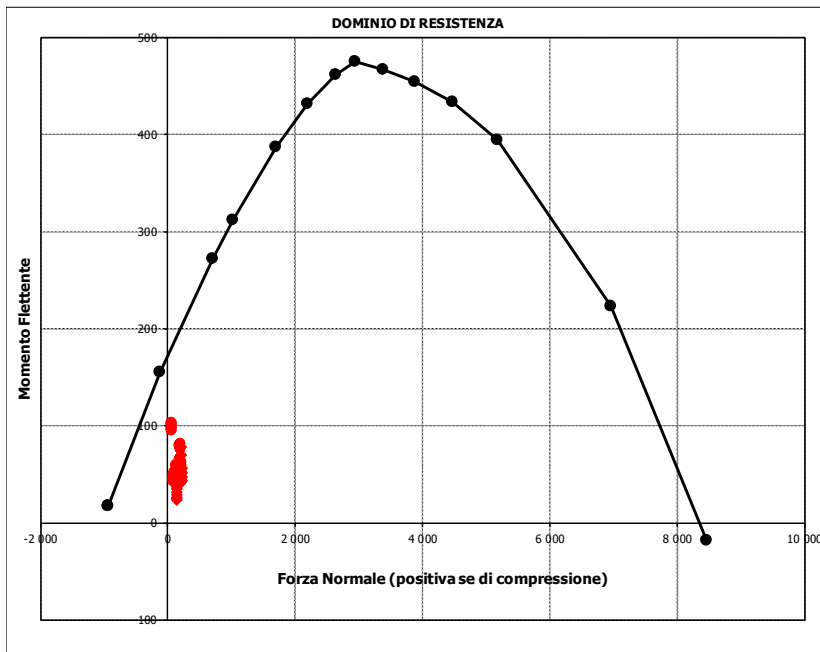
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 40$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.2$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 31.8$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
2.5	14	3.85	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>13.90</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>10.05</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Nmax)	01S1-11M	218 43
(Nmin)	80SS10S	54 96
(Mmax)	75SS5--	61 104
(Mmin)	38S1T19S	141 24

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	218	43	44S1T23M	184	80
02S1-11T	218	43	45S1T23T	184	80
03S1-12M	218	47	46S1T24-	141	41
04S1-12T	218	47	47S1T25-	128	60
05S1-13M	203	70	48S1T26S	189	56
06S1-13T	203	70	49S1T27S	189	58
07S1-14-	141	29	50S1T28S	183	66
08S1-15-	126	52	51S1T29S	141	39
09S1-16S	207	42	52S1T30S	136	47
10S1-17S	207	44	53S3-11M	211	50
11S1-18S	201	52	54S3-11T	211	50
12S1-19S	141	27	55S3-12M	211	54
13S1-20S	136	36	56S3-12T	211	54
14S1-21M	218	52	57S3-13M	196	77
15S1-21T	218	52	58S3-13T	196	77
16S1-22M	218	56	59S3-14S	200	49
17S1-22T	218	56	60S3-15S	200	51
18S1-23M	203	79	61S3-16S	195	59
19S1-23T	203	79	62S3-21M	211	59
20S1-24-	141	38	63S3-21T	211	59
21S1-25-	126	61	64S3-22M	211	63
22S1-26S	207	51	65S3-22T	211	63
23S1-27S	207	52	66S3-23M	198	82
24S1-28S	201	61	67S3-23T	198	82
25S1-29S	141	36	68S3-24S	200	58
26S1-30S	136	44	69S3-25S	200	59
27S1T11M	197	43	70S3-26S	195	68
28S1T11T	197	43	71SS1--	61	99
29S1T12M	197	46	72SS2--	54	98
30S1T12T	197	46	73SS3--	104	48
31S1T13M	184	65	74SS4--	81	45
32S1T13T	184	65	75SS5--	61	104
33S1T14-	141	26	76SS6--	54	103
34S1T15-	128	45	77SS7--	104	53
35S1T16S	189	41	78SS8--	81	50
36S1T17S	189	43	79SS9S	61	97
37S1T18S	183	51	80SS10S	54	96
38S1T19S	141	24	81SS11S	104	46
39S1T20S	136	32	82SS12S	81	43
40S1T21M	197	57	83SS13S	61	102
41S1T21T	197	57	84SS14S	54	101
42S1T22M	197	61	85SS15S	104	51
43S1T22T	197	61	86SS16S	81	48



• 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
$R_{ck}$	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	$h = 40$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.2$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 31.8$ cm

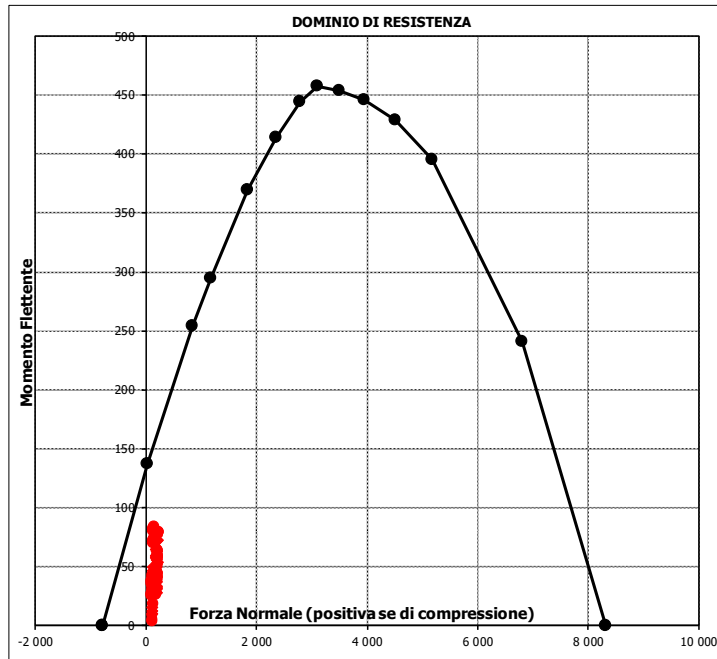
Armadura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>10.05 cm<sup>2</sup></b>			

Armadura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>10.05 cm<sup>2</sup></b>			

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	57S3-13M	223	-79
(Nmin)	82SSS12S	90	-36
(Mmax)	71SSS1--	142	84
(Mmin)	51S1T29S	112	3

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	201	52	44S1T23M	201	45
02S1-11T	201	52	45S1T23T	201	45
03S1-12M	201	56	46S1T24-	112	5
04S1-12T	201	56	47S1T25-	124	19
05S1-13M	216	72	48S1T26S	180	26
06S1-13T	216	72	49S1T27S	180	28
07S1-14-	112	31	50S1T28S	185	33
08S1-15-	127	47	51S1T29S	112	3
09S1-16S	191	50	52S1T30S	117	9
10S1-17S	191	52	53S3-11M	208	60
11S1-18S	196	58	54S3-11T	208	60
12S1-19S	112	29	55S3-12M	208	64
13S1-20S	117	34	56S3-12T	208	64
14S1-21M	201	34	57S3-13M	223	79
15S1-21T	201	34	58S3-13T	223	79
16S1-22M	201	38	59S3-14S	197	57
17S1-22T	201	38	60S3-15S	197	59
18S1-23M	216	53	61S3-16S	203	65
19S1-23T	216	53	62S3-21M	208	41
20S1-24-	112	12	63S3-21T	208	41
21S1-25-	127	28	64S3-22M	208	44
22S1-26S	191	31	65S3-22T	208	44
23S1-27S	191	33	66S3-23M	221	58
24S1-28S	196	39	67S3-23T	221	58
25S1-29S	112	10	68S3-24S	197	39
26S1-30S	117	16	69S3-25S	197	40
27S1T11M	188	59	70S3-26S	202	46
28S1T11T	188	59	71SSS1--	142	84
29S1T12M	188	63	72SSS2--	136	83
30S1T12T	188	63	73SSS3--	115	43
31S1T13M	201	76	74SSS4--	92	38
32S1T13T	201	76	75SSS5--	142	74
33S1T14-	112	37	76SSS6--	136	72
34S1T15-	124	50	77SSS7--	115	32
35S1T16S	180	58	78SSS8--	92	27
36S1T17S	180	59	79SSS9S	140	82
37S1T18S	185	65	80SSS10S	133	81
38S1T19S	112	35	81SSS11S	112	41
39S1T20S	117	40	82SSS12S	90	36
40S1T21M	188	28	83SSS13S	140	72
41S1T21T	188	28	84SSS14S	133	70
42S1T22M	188	32	85SSS15S	112	30
43S1T22T	188	32	86SSS16S	90	25



- 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>165</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**

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	16
$n_2$		3
$\varnothing_2$	mm	14
Asl	cm <sup>2</sup>	13.90

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	40
c	cm	8.2
d	cm	31.8
k	N/mm <sup>2</sup>	1.79
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.48
$\rho$		0.0044
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>167</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>56</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>192</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	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{s1} = \text{8.2 cm}$
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \text{9.0 cm}$
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	3.85	cm <sup>2</sup>	<b>3</b> Ø <b>14</b>	$C_{i2} = \text{9.7 cm}$
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{i1} = \text{8.2 cm}$

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>3.9</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>74.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	$e$ (M)	29.1	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	9.1	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	<b>13.9</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4335	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	581451.3605	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id^*}$	158362.4524	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	83	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	----	------	----------------------------



- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>51</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>226</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	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{s1} = \text{8.2}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \text{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \text{9.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{t1} = \text{8.2}$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>3.6</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>64.0</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	$e$ (M)	22.4	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	2.4	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	<b>14.6</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4281	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	575327.128	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id^*}$	155329.7395	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	85	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	----	------	----------------------------

### 9.5.4 Verifica soletta inferiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solinf-Camp)

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

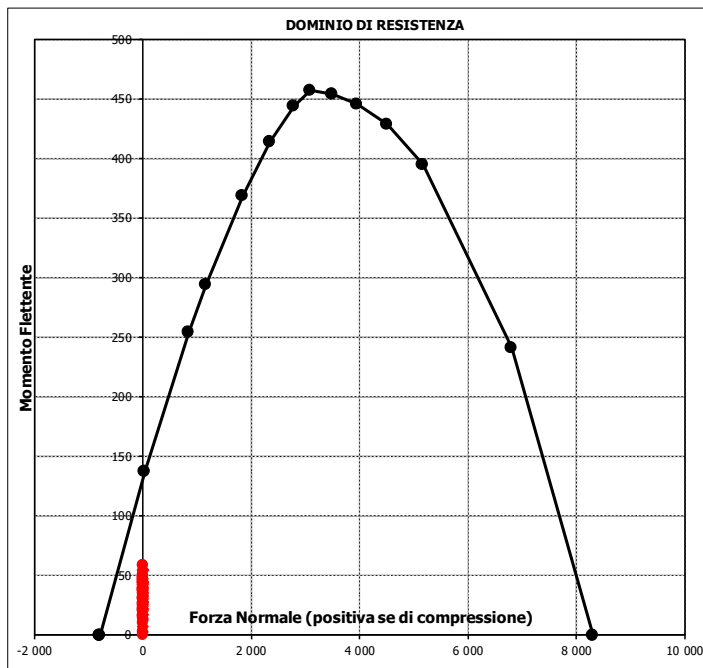
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione h	40 cm
Base della sezione b	100 cm
Copriferro d'	8.2 cm
Altezza utile della sezione d	31.8 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>10.05 cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>10.05 cm<sup>2</sup></b>

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

(Mmax)	57S3-13M	0	59
(Mmin)	46S1T24-	0	1



Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	43	44S1T23M	0	38
02S1-11T	0	43	45S1T23T	0	38
03S1-12M	0	36	46S1T24-	0	1
04S1-12T	0	36	47S1T25-	0	17
05S1-13M	0	54	48S1T26S	0	27
06S1-13T	0	54	49S1T27S	0	24
07S1-14-	0	13	50S1T28S	0	31
08S1-15-	0	32	51S1T29S	0	4
09S1-16S	0	41	52S1T30S	0	11
10S1-17S	0	38	53S3-11M	0	47
11S1-18S	0	45	54S3-11T	0	47
12S1-19S	0	17	55S3-12M	0	40
13S1-20S	0	25	56S3-12T	0	40
14S1-21M	0	33	57S3-13M	0	59
15S1-21T	0	33	58S3-13T	0	59
16S1-22M	0	26	59S3-14S	0	45
17S1-22T	0	26	60S3-15S	0	42
18S1-23M	0	44	61S3-16S	0	49
19S1-23T	0	44	62S3-21M	0	37
20S1-24-	0	3	63S3-21T	0	37
21S1-25-	0	22	64S3-22M	0	31
22S1-26S	0	31	65S3-22T	0	31
23S1-27S	0	28	66S3-23M	0	47
24S1-28S	0	35	67S3-23T	0	47
25S1-29S	0	7	68S3-24S	0	35
26S1-30S	0	14	69S3-25S	0	32
27S1T11M	0	45	70S3-26S	0	39
28S1T11T	0	45	71SSS1--	0	51
29S1T12M	0	39	72SSS2--	0	50
30S1T12T	0	39	73SSS3--	0	27
31S1T13M	0	55	74SSS4--	0	22
32S1T13T	0	55	75SSS5--	0	46
33S1T14-	0	17	76SSS6--	0	44
34S1T15-	0	33	77SSS7--	0	22
35S1T16S	0	43	78SSS8--	0	17
36S1T17S	0	41	79SSS9S	0	50
37S1T18S	0	48	80SSS10S	0	49
38S1T19S	0	21	81SSS11S	0	26
39S1T20S	0	28	82SSS12S	0	21
40S1T21M	0	29	83SSS13S	0	45
41S1T21T	0	29	84SSS14S	0	43
42S1T22M	0	22	85SSS15S	0	21
43S1T22T	0	22	86SSS16S	0	16

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-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
$f_{cd}$	22.1 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctc}$	18.8 N/mm <sup>2</sup>

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

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 40$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copri ferro	$d' = 8.2$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 31.8$ cm

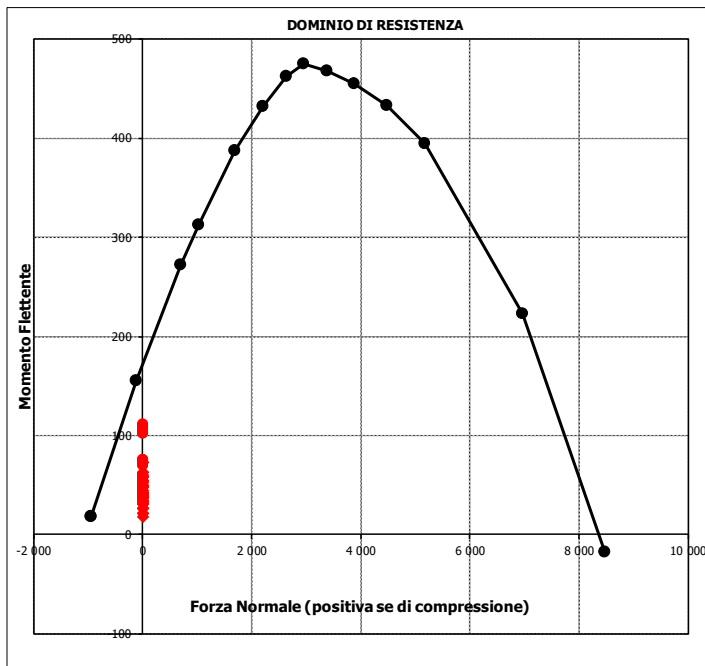
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
2.5	14	3.85	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>13.90</b> cm <sup>2</sup>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	16	10.05	cm <sup>2</sup>
0	0	0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>10.05</b> cm <sup>2</sup>

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Mmax)	75SSS5--	0 111
(Mmin)	38S1T19S	0 19

Caratteristiche di sollecitazione					
Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd

01S1-11M	0	32	44S1T23M	0	75
02S1-11T	0	32	45S1T23T	0	75
03S1-12M	0	39	46S1T24-	0	39
04S1-12T	0	39	47S1T25-	0	59
05S1-13M	0	63	48S1T26S	0	48
06S1-13T	0	63	49S1T27S	0	51
07S1-14-	0	26	50S1T28S	0	60
08S1-15-	0	50	51S1T29S	0	36
09S1-16S	0	31	52S1T30S	0	44
10S1-17S	0	34	53S3-11M	0	39
11S1-18S	0	43	54S3-11T	0	39
12S1-19S	0	22	55S3-12M	0	47
13S1-20S	0	31	56S3-12T	0	47
14S1-21M	0	42	57S3-13M	0	70
15S1-21T	0	42	58S3-13T	0	70
16S1-22M	0	49	59S3-14S	0	39
17S1-22T	0	49	60S3-15S	0	42
18S1-23M	0	73	61S3-16S	0	51
19S1-23T	0	73	62S3-21M	0	49
20S1-24-	0	37	63S3-21T	0	49
21S1-25-	0	60	64S3-22M	0	56
22S1-26S	0	41	65S3-22T	0	56
23S1-27S	0	44	66S3-23M	0	76
24S1-28S	0	53	67S3-23T	0	76
25S1-29S	0	32	68S3-24S	0	49
26S1-30S	0	41	69S3-25S	0	52
27S1T11M	0	32	70S3-26S	0	60
28S1T11T	0	32	71SSS1--	0	106
29S1T12M	0	38	72SSS2--	0	105
30S1T12T	0	38	73SSS3--	0	47
31S1T13M	0	58	74SSS4--	0	45
32S1T13T	0	58	75SSS5--	0	111
33S1T14-	0	22	76SSS6--	0	111
34S1T15-	0	42	77SSS7--	0	52
35S1T16S	0	31	78SSS8--	0	51
36S1T17S	0	34	79SSS9S	0	103
37S1T18S	0	43	80SSS10S	0	102
38S1T19S	0	19	81SSS11S	0	44
39S1T20S	0	27	82SSS12S	0	43
40S1T21M	0	49	83SSS13S	0	108
41S1T21T	0	49	84SSS14S	0	108
42S1T22M	0	55	85SSS15S	0	50
43S1T22T	0	55	86SSS16S	0	48



- 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>162</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**

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	16
$n_2$		3
$\varnothing_2$	mm	14
$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	13.90

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	40
c	cm	8.2
d	cm	31.8
k	N/mm <sup>2</sup>	1.79
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.48
$\rho$		0.0044
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>167</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>VERIFICATO</b>

- Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>35</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	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{s1} = \text{8.2}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \text{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \text{9.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{t1} = \text{8.2}$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>2.9</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>120.7</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>8.4</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4281	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	575327.128	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id^*}$	102332.1705	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	70	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	----	------	----------------------------

- Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>52</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	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{s1} = \text{8.2}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \text{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	3.85	cm <sup>2</sup>	<b>3</b> Ø <b>14</b>	$C_{i2} = \text{9.7}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{i1} = \text{8.2}$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>3.8</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>136.0</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)	9.4	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4335	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	581451.3605	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	128782.3692	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	70	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	----	------	----------------------------

	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A	FOGLIO 70 di 73

## 10. 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.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00D26</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO IN000002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 71 di 73</p>

## 11. INCIDENZA SCATOLARE

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

Soletta superiore	<b>115 kg/mc</b>
Soletta inferiore	<b>120 kg/mc</b>
Piedritti	<b>120 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>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>IN00 – Relazione di calcolo opere di attraversamento</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN000002	REV. A	FOGLIO 72 di 73

## 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.