



## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIZIONE.....</b>	<b>5</b>
<b>3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>7</b>
<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 .....	17
6.8 Variazione termica.....	17
6.9 Spinta statica del terreno.....	17
6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale .....	18
6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche .....	18
<b>7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....</b>	<b>19</b>
<b>8. VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>21</b>
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....	21
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	21
8.3 Verifica agli stati limite d’esercizio.....	23
<b>9. ANALISI STRUTTURALE .....</b>	<b>24</b>
9.1 Modellazione strutturale : Scatolare .....	24

9.2	Analisi dei carichi .....	26
9.3	Combinazioni.....	29
9.4	Sollecitazioni .....	32
9.5	Verifiche strutturali.....	36
9.5.1	Verifica piedritti .....	36
9.5.2	Verifica soletta superiore.....	42
9.5.3	Verifica soletta inferiore.....	48
<b>10.</b>	<b>INCIDENZA SCATOLARE .....</b>	<b>54</b>
<b>11.</b>	<b>DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2) .....</b>	<b>55</b>
11.1	Tipo di analisi svolte.....	55
11.2	Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo.....	55
11.3	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	55



**PROGETTO DEFINITIVO  
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA  
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2**

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	3 di 57

## **1. PREMESSA**

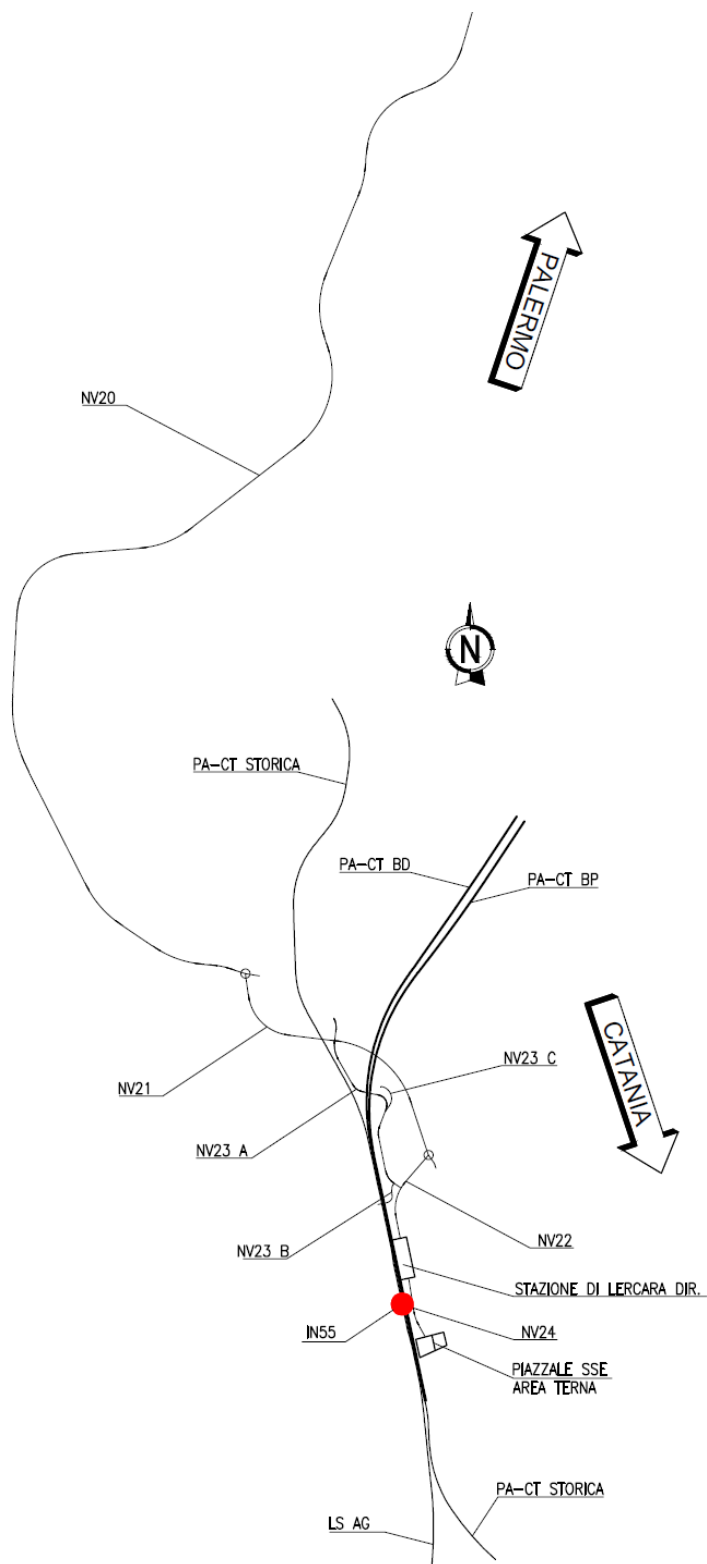
Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del collegamento Palermo-Catania, raddoppio tratta Fiumetorto-Lercara Diramazione, appartenente alla Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo.

La presente relazione descrive il tombino di linea IN55 alla progr. 29+318 avente sezione interna *3.0x3.0m*.

Segue l'ubicazione dell'opera.

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	4 di 57



## 2. DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale dell'opera scatolare IN55 alla progressiva 28+318, utilizzabile per attraversamenti ferroviari, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	3.60	m
Altezza totale	Htot	3.60	m
Spessore soletta superiore	ss	0.40	m
Spessore piedritti	sp	0.40	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.40	m
Luce libera	Lint	3.00	m
Altezza libera	Hint	3.00	m

Il tombino presenta un ricoprimento di circa 0.77 m in asse binario di progetto.

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

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.77	m
Ricoprimento	Hsc	0.72	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.05	m

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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA</b> <b>DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2</b>												
IN55 – Nuovo tombino al km 29+318 <i>Relazione di calcolo scatolare 3x3</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3Z</td> <td>00</td> <td>D 26</td> <td>CLIN5500001</td> <td>B</td> <td>6 di 57</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	6 di 57
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	6 di 57								

### 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;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture

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;

#### 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### 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

##### CALCESTRUZZO CLASSE 30/37

Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza cubica a compressione	$R_{ck}$		N/mm <sup>2</sup>	37.0
Resistenza cilindrica a compressione	$f_{ck}$	$0.83 * R_{ck}$	N/mm <sup>2</sup>	30.7
Resistenza cilindrica media a compressione	$f_{cm}$	$f_{ck}+8$	N/mm <sup>2</sup>	38.7
Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli	$\alpha_{cc} (t>28gg)$		-	0.85
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo	$\gamma_c$		-	1.5
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	$(\alpha_{cc} * f_{ck}) / \gamma_c$	N/mm <sup>2</sup>	17.4
Resistenza cilindrica media a trazione	$f_{ctm}$	$0.3 * (f_{ck})^{2/3}$	N/mm <sup>2</sup>	2.9
Resistenza cilindrica media a trazione	$f_{ctk}$	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm <sup>2</sup>	2.1
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	$f_{ctk} / \gamma_c$	N/mm <sup>2</sup>	1.4
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm}$	$1.2 * f_{ctm}$	N/mm <sup>2</sup>	3.5
Resistenza cilindrica caratteristica a trazione	$f_{ctk}$	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm <sup>2</sup>	2.5
Modulo elastico	$E_{cm}$	$22000 * (f_{cm} / 10)^{0.3}$	N/mm <sup>2</sup>	33019
Peso proprio	$\gamma_c$		N/m <sup>3</sup>	25000
Coefficiente di Poisson	$\nu$		-	0.2
Coefficiente di aderenza	$\eta$		-	1.0
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	$f_{bk}$	$2.25 * \eta * f_{ctk}$	N/mm <sup>2</sup>	4.6
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	$f_{bd}$	$f_{bk} / \gamma_c$	N/mm <sup>2</sup>	3.1

##### Acciaio ad aderenza migliorata B450C

Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza caratteristica di rottura	$f_{t nom}$		N/mm <sup>2</sup>	540
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{y nom}$		N/mm <sup>2</sup>	450
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio	$\gamma_s$		-	1.15
Resistenza di calcolo	$f_{yd}$	$f_{yk} / \gamma_s$	N/mm <sup>2</sup>	391.3
Modulo elastico	$E_s$		N/mm <sup>2</sup>	206000
<b>Tensioni di progetto del cls allo S.L.E.</b>				
Tensione massima di esercizio per l'acciaio	$\sigma_s$	$0.75 * f_{yk}$	N/mm <sup>2</sup>	337.5



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

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

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

Classe di esposizione: XA1

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

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

- $\delta_f \leq w_1$  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;
- $\delta_f \leq w_2$  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.

$w_1 = 0.2$  mm

$w_2 = 0.3$  mm

$w_3 = 0.4$  mm

## 5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Gli elaborati di riferimento sono:

GEOTECNICA																			
Relazione geotecnica generale linea ferroviaria	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	G	E	O	C	0	0	0	0	0	1
Profilo longitudinale geotecnico linea ferroviaria - Tav. 1/2	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	F	7	O	C	0	0	0	0	0	1
Profilo longitudinale geotecnico linea ferroviaria - Tav. 2/2	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	F	7	O	C	0	0	0	0	0	2

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

### Terreno di fondazione

ZONA	SONDAGGIO DI RIFERIMENTO	PROFONDITA'	UNITA' TERRENO	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]			Cu [kPa]			c' [kPa]		Vs [m/s]			Vs,eq [m/s]	Categoria di sottosuolo	G <sub>0</sub> [MPa]			E <sub>i</sub> /E <sub>u</sub> [MPa]	
					max	min	di prog.	max	min	di prog.	di prog.	max	min	di prog.	max			min	di prog.	di prog.	di prog.	
3	2SR03	da 0 a 17m	C	22	35	29	25	147	29	100	42	265	155	155	363	B	143	49	70	80	61	
		da 17m a 31m	Sb,1	22	35	35	35	0	0	0	0	420	263	263	363	B	359	141	150	130	130	
		da 31m in poi	Sb,2	22	35	35	35	0	0	0	0	420	263	263	363	B	359	141	200	173	173	

### 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.

## 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.

### 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

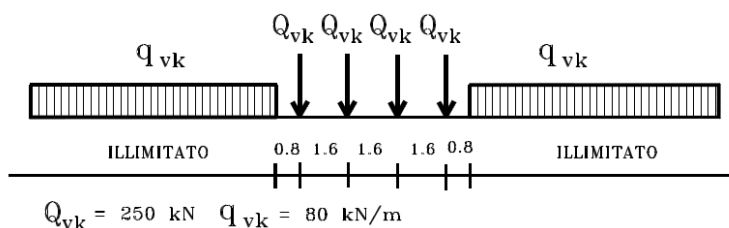
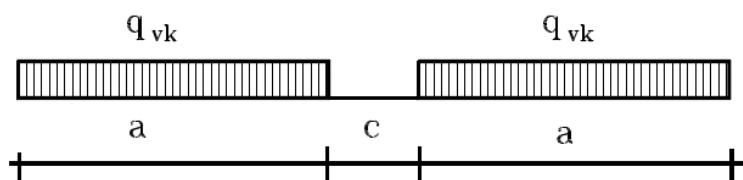


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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

### 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:

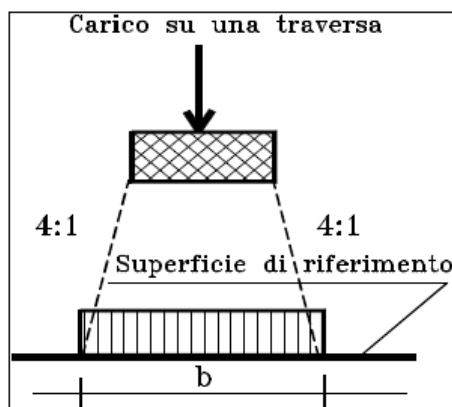
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

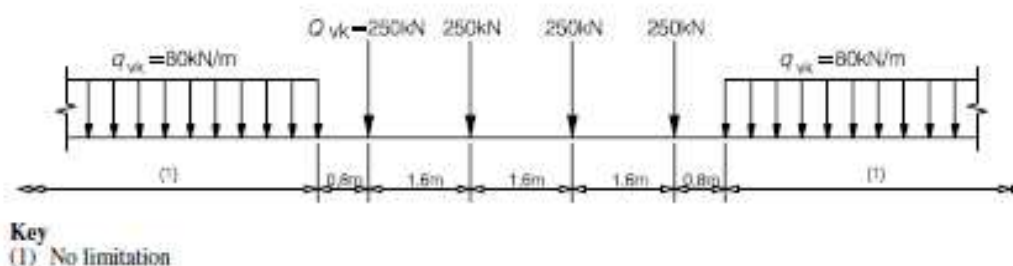
$L_\Phi$  rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

### 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.



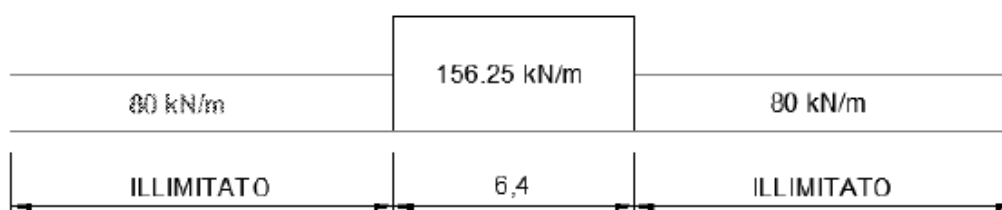
Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.



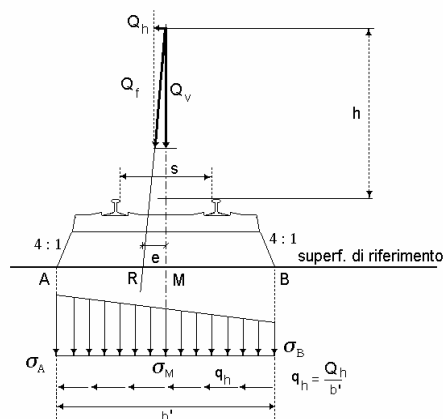
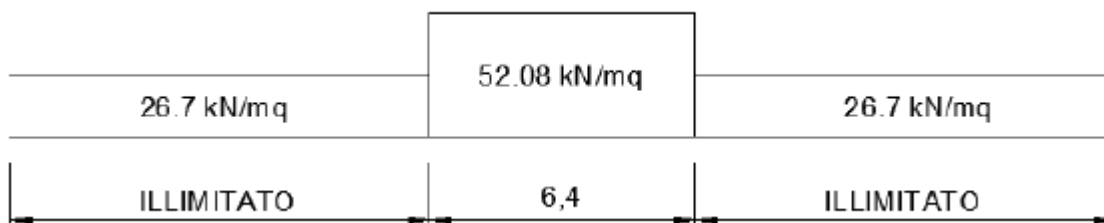
Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

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:



#### 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

#### 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

Per tutte le opere d'arte di progetto vengono utilizzati, a vantaggio di sicurezza, i seguenti valori:  $V_N=75$  anni e classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$ .

La vita di riferimento  $V_R$  è quindi pari a 112.5 anni.

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

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

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

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

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate  
 LONGITUDINE: 13.6057  
 LATITUDINE: 37.748

Ricerca per comune  
 REGIONE: Sicilia  
 PROVINCIA: Palermo  
 COMUNE: Lercara Friddi

Elaborazioni grafiche:  
 Grafici spettri di risposta  
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:  
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito  


Reticolo di riferimento  


Controllo sul reticolo:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione:  
 superficie rigata

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

INTRO    **FASE 1**    FASE 2    FASE 3

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica. Con tale azione sismica agente, le forze risultanti trasmesse dall'impalcato al piano appoggi della spalla in corrispondenza della sommità del muro di testata sono riportate al paragrafo successivo, sotto le voci **Ex**, **Ey** ed **Ez**.

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE:
 

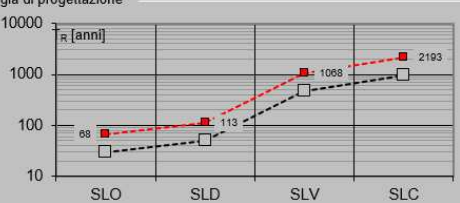
SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>

Stati limite ultimi - SLU:
 

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

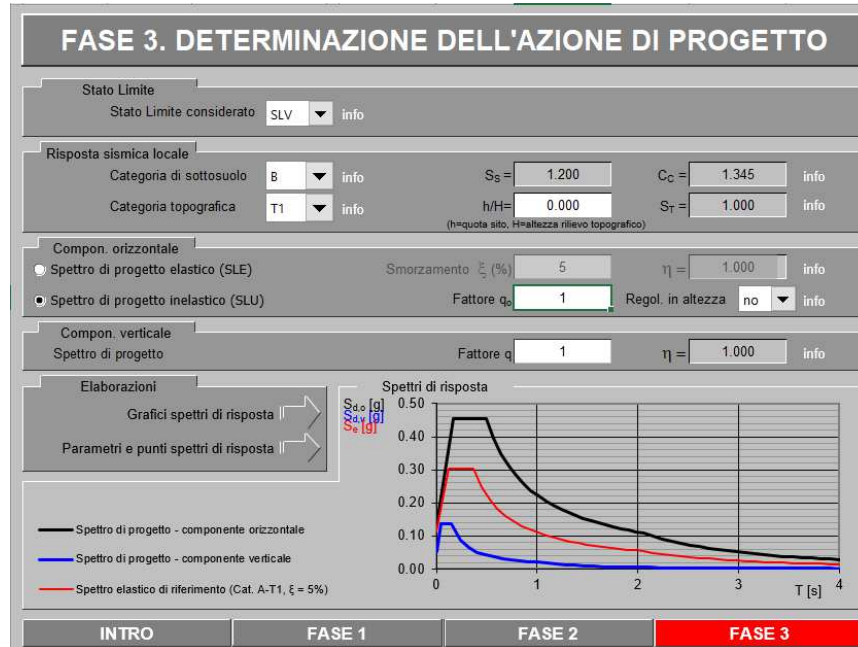
Elaborazioni:  
 Grafici parametri azione  
 Grafici spettri di risposta  
 Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO  
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie  
 - - - - - Strategia scelta

Strategia di progettazione  


INTRO    FASE 1    **FASE 2**    FASE 3





Di seguito si riporta a titolo di esempio lo **spettro di progetto** per lo **Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV** relativamente alle componenti **orizzontali**, con coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo **SLV**

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV
$a_s$	0.114 g
$F_s$	2.652
$T_c$	0.266 s
$S_T$	1.200
$C_c$	1.345
$S_T$	1.000
$q$	0.800

Parametri dipendenti	
$S$	1.200
$\eta_1$	1.250
$T_p$	0.164 s
$T_c$	0.492 s
$T_0$	2.056 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$S = S_s \cdot S_i$  (NTC-08 Eq. 3.2.5)  
 $\eta_1 = \sqrt{10} \cdot (\xi + \xi_0) \geq 0.55; \eta = 1/q$  (NTC-09 Eq. 3.2.4, 3.2.3.5)  
 $T_0 = T_c / 3$  (NTC-07 Eq. 3.2.4)  
 $T_c = C_c \cdot T_c^*$  (NTC-07 Eq. 3.2.7)  
 $T_0 = 4.0 \cdot a_s / g + 1.6$  (NTC-07 Eq. 3.2.4)

**Espressioni dello spettro di risposta** (NTC-08 Eq. 3.2.4)

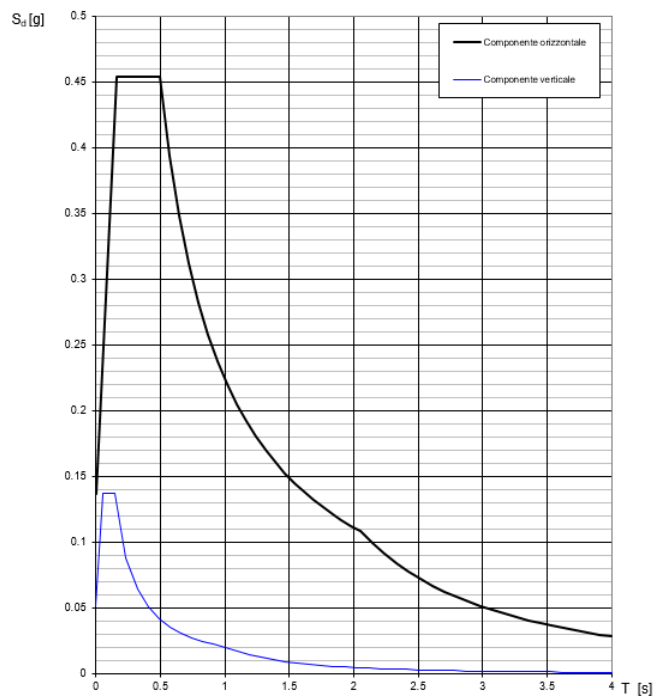
$0 \leq T < T_0$   $S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta_1 \cdot E_s \cdot \left[ \frac{T}{T_0} + \frac{1}{\eta_1 \cdot E_s} \left( 1 - \frac{T}{T_0} \right) \right]$   
 $T_0 \leq T < T_c$   $S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta_1 \cdot E_s$   
 $T_c \leq T < T_p$   $S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta_1 \cdot E_s \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$   
 $T_p \leq T$   $S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta_1 \cdot E_s \cdot \left( \frac{T_p}{T} \right)$

La spettro di progetto  $S_d(T)$  per lo Stato Limite Ultimo è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  moltiplicando da  $S$ , dove  $q$  il fattore di struttura. (NTC-08 §3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	$S_e$ [g]
0.000	0.137
0.164	0.453
0.492	0.453
0.567	0.294
0.641	0.348
0.716	0.312
0.790	0.283
0.865	0.258
0.939	0.233
1.013	0.220
1.088	0.205
1.162	0.192
1.237	0.180
1.311	0.170
1.386	0.161
1.460	0.153
1.535	0.146
1.609	0.139
1.684	0.132
1.758	0.127
1.832	0.122
1.907	0.117
1.982	0.113
2.056	0.109
2.149	0.099
2.241	0.091
2.334	0.084
2.426	0.078
2.519	0.072
2.611	0.067
2.704	0.063
2.797	0.059
2.889	0.055
2.982	0.052
3.074	0.049
3.167	0.046
3.259	0.042
3.352	0.041
3.445	0.039
3.537	0.037
3.630	0.035
3.722	0.033
3.815	0.032
3.907	0.030
4.000	0.029

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV



## 6.7 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC2018. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 10°, ed un umidità relativa del 75% a 7 gg.

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

## 6.8 Variazione termica

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

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

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

## 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.

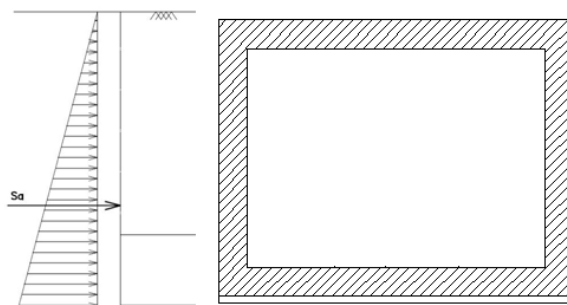
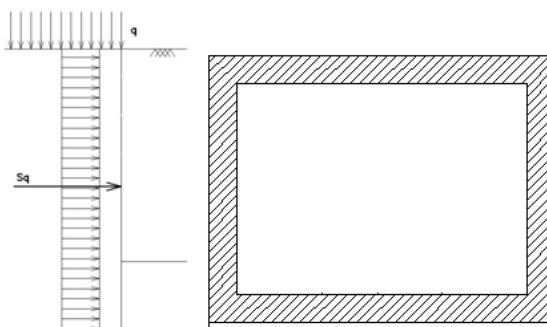


Figura 6.3 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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

### 6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

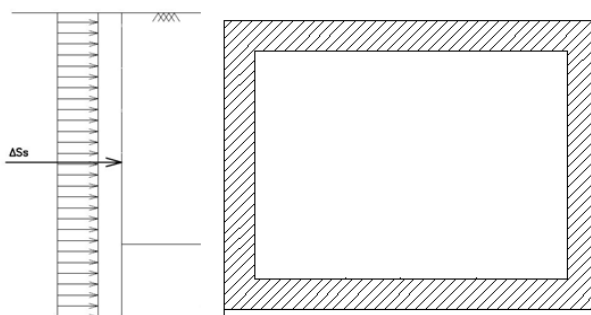
Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante a tergo, si considera un carico uniformemente distribuito. Il valore della spinta risultante al metro è dunque pari a  $S=k_0 \cdot q \cdot H$ , con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste.



*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*

## 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

## 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":

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

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	22 di 57

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;

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

$1 \leq \cot \theta \leq 2.5$  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;

$v_{fd}$  è la resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $\nu=0.5$ );

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

### 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:

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

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

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



## 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, assumendo però come luce di calcolo quella misurata in parallelo alla linea ferroviaria tra gli assi dei piedritti valutati lungo lo "spessore corrente" (spessore corrente=spessore piedritto/cos $\emptyset$ ). In tal caso le stesse verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento allo spessore corrente.

Convenzione assi

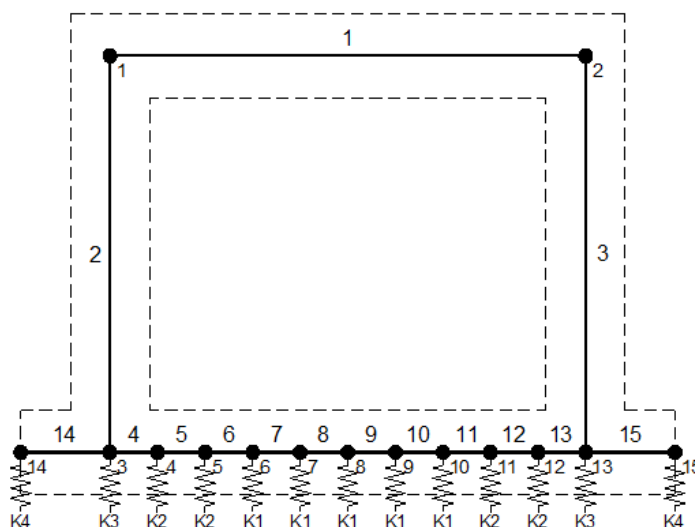
**x** = asse trasversale dello scatolare

**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.

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 2500 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:

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

Dove:

E	modulo elastico del terreno
$\nu$	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:

Interasse molle	i	$(0.40/2 + 3.00 + 0.40/2) / 10 =$	0.34 m
Molle centrali	K1	$3600 \cdot 0.34 =$	1 224 kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 3600 \cdot 0.34 =$	1 836 kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 3600 \cdot (0.34/2 + 0.40/2) =$	2 664 kN/m
Molle risolto	K4	-	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

#### Caratteristiche materiali e terreno

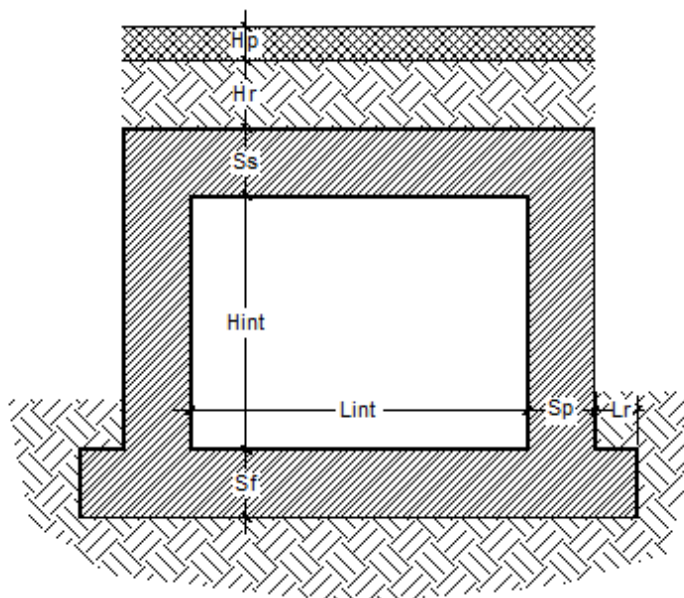
Calcestruzzo armato - Peso specifico	$\gamma$		25	kN/m <sup>3</sup>
Calcestruzzo armato - Tipo			C30/37	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	$R_{ck}$		37	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	$f_{ck}$	$0.83 \cdot 37 =$	30.7	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	$E$		33000	N/mm <sup>2</sup>
Ballast - Peso specifico	$\gamma_b$		18	kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato - Peso specifico	$\gamma$		20	kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	$\varphi$		35	°
Terreno di fondazione	$K_w$		3600	kN/m <sup>3</sup>
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			aggressive	

#### Ricoprimento

Spessore ballast+armamento	$H_b$	0.77	m
Spessore medio traversina+binario	$H_t$	0.40	m
Spessore ballast sotto la traversina		0.37	m
Spessore del rinterro	$H_r$	0.77	m

#### Geometria

Spessore soletta superiore	$S_s$	0.40	m
Spessore soletta di fondazione	$S_f$	0.40	m
Spessore piedritti	$S_p$	0.40	m
Altezza netta	$H_{int}$	3.00	m
Larghezza netta	$L_{int}$	3.00	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	$L_r$	0.00	m



Tab. 4: Geometria del modello

### Azioni elementari applicate

#### **Carichi permanenti (Condizione *PERM*)**

Soletta superiore					
Peso ballast	Ps	$0.77 \cdot 18 =$		13.86	kN/m <sup>2</sup>
Peso del rinterro	Pr	$0.77 \cdot 20 =$		15.40	kN/m <sup>2</sup>
Totale				<b>29.26</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>

#### **Carichi accidentali sulla copertura LM71 (Condizioni *ACC-M71* e *ACC-T71*)**

Coefficiente dinamico					
Lunghezza caratteristica per coeff. din.	$L_{\phi}$	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (3.20 + 3.40 + 3.20)$		4.25	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	$2.40 + 2 \times (0.37/4 + 0.77 \times \text{TAN}(35^\circ) + 0.40/2) =$		4.06	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)		$1.1 \cdot 1.35 \cdot 1000 / (4.06 \cdot 6.40) =$		<b>57.10</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
qvk					
Carico qvk				80	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.35 \cdot 80 / 4.06 =$		<b>29.24</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

#### **Carichi accidentali sulla copertura SW/2 (Condizioni *ACC-MSW* e *ACC-TSW*)**

Coefficiente di adattamento	$\alpha$			1.00	
Carico qvk				150	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1 \cdot 1.35 \cdot 150 / 4.06 =$		<b>49.84</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Per il calcolo della lunghezza caratteristica si fa riferimento a:

Caso 5.3 pag. 41 di 481 Manuale Parte II - Sezione II - Ponti

**Avviamento e frenatura (Condizione AVV)**

Q1ak (= 33 / Ld1)  $33 / 4.06 =$  **8.12 kN/m<sup>2</sup>**

**Azione termica (Condizione TERM)**

Variazione termica uniforme	$\Delta T_U$		<b>15</b> °
Variazione termica a farfalla	$\Delta T_F$		<b>5</b> °
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 °

**Ritiro (Condizione RITIRO)**

Ritiro applicato alla sol. Superiore  $\Delta T_R$  **-10** °

**Spinta del terreno (Condizioni SPTSX e SPTDX)**

K0		$1 - \text{sen}(35^\circ) =$	0.426	
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.426 \cdot 29.26 =$	12.48	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.426 \cdot (29.26 + 20 \cdot 0.40/2) =$	<b>14.18</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [29.26 + 20 \cdot (0.40+3.00+0.40/2)] =$	<b>43.18</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [29.26 + 20 \cdot (0.40+3.00+0.40)] =$	44.89	kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(12.48+14.18)/2 \cdot 0.40/2$	<b>2.67</b>	<b>kN/m</b>
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(43.18+44.89)/2 \cdot 0.40/2$	<b>8.81</b>	<b>kN/m</b>

**Spinta del carico accidentale LM71 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)**

Spinta dovuta al q1  $p \quad 0.426 \cdot 1.1 \cdot 1000 / (4.06 \cdot 6.40) =$  **18.04 kN/m<sup>2</sup>**

**Spinta del carico accidentale SW/2 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)**

Spinta dovuta al q1  $p \quad 0.426 \cdot 1 \cdot 150 / (4.06 \cdot 6.40) =$  **2.46 kN/m<sup>2</sup>**

**Sisma orizzontale (Condizione SISMAH)**

Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV	
Vita nominale	$V_N$		<b>75</b>	anni
Classe d'uso			<b>III</b>	
Coefficiente $C_U$	$C_U$		1.5	
Periodo di riferimento	$V_R$		112.5	anni
Accelerazione orizzontale	$a_g/g$		<b>0.114</b>	
Amplificazione spettrale	$F_o$		<b>2.652</b>	
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	<b>B</b>	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	$S_s$		1.200	
Coeff. Amplificazione topografica	$S_t$		<b>1</b>	
Coefficiente S	$S$	$=S_s \cdot S_t$	1.200	
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g$	$=a_g/g \cdot S$	0.137	
Fattore di struttura	$q$		<b>1.00</b>	
Coeff. sismico orizzontale	$k_h$	$=a_{max}/g$	0.137	
Coeff. sismico verticale	$k_v$	$= \pm 0.5 \cdot k_h$	0.068	

Carico accidentale totale gravante sulla cop.  $1.1 \cdot 1000 / (4.06 \cdot 6.40) \cdot 3.80 + 1.1 \cdot 80 / 4.06 \cdot 3.80 =$  243.0 kN/m

Forza orizz. sulla sol. di cop.  $F_{Hs} \quad 0.137 \cdot (0.40 \cdot 25 + 29.26 + 0.2 \cdot 243.0 / 3.40) / 1.00 =$  **7.33 kN/m<sup>2</sup>**

Forza orizz. sui piedritti  $F_{Hp} \quad 0.137 \cdot (0.40 \cdot 25) / 1.00 =$  **1.37 kN/m<sup>2</sup>**

**Sisma verticale (Condizione SISMAV)**

Forza vert. sulla sol. di cop.  $F_{Vs} \quad 0.068 \cdot (0.40 \cdot 25 + 29.26 + 0.2 \cdot 243.0 / 3.40) / 1.00 =$  **3.66 kN/m<sup>2</sup>**

**Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSPDX)**

Risultante della spinta sismica  $\Delta S_E = (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.137 \cdot 20 \cdot 5.34^2$  **78.0** kN/m

Pressione risultante  $\Delta p_E = \Delta S_E / H = 78.0 / 3.40$  **22.95** kN/m<sup>2</sup>

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
Relazione di calcolo scatolare 3x3

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3Z 00 D 26 CLIN5500001 B 29 di 57

### 9.3 Combinazioni

N	PERM	PERM-G2	ACC-M71	ACC-T71	AVV	SPTSX	SPTDX	SPQSX71	SPQDX71	TERM	RITIRO	SISMAH	SISMAV	SPSDX	ACC-SW	SPQSXSX	SPQDXSX
01 01S1-11M	1.35	1.50	1.45	0	0.73	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0
02 02S1-11T	1.35	1.50	0	1.45	0.73	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0
03 03S1-12M	1.35	1.50	1.45	0	0.73	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0	0
04 04S1-12T	1.35	1.50	0	1.45	0.73	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0	0
05 05S1-13M	1.35	1.50	1.45	0	0.73	1.00	1.35	0	1.45	0.9	0	0	0	0	0	0	0
06 06S1-13T	1.35	1.50	0	1.45	0.73	1.00	1.35	0	1.45	0.9	0	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	0	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	0	0	0	0	0	0	0
09 09S1-16S	1.35	1.5	0	0	0.73	1.00	1.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0	0
10 10S1-17S	1.35	1.5	0	0	0.73	1.35	1.35	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	1.45	1.45
11 11S1-18S	1.35	1.5	0	0	0.73	1.00	1.35	0.00	0.00	0.90	0.00	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	0.00	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	1.45
14 14S1-21M	1.35	1.50	1.45	0	0.73	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	0	0	0
15 15S1-21T	1.35	1.50	0	1.45	0.73	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	0	0	0
16 16S1-22M	1.35	1.50	1.45	0	0.73	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.35	0	0	0	0	0	0
17 17S1-22T	1.35	1.50	0	1.45	0.73	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.35	0	0	0	0	0	0
18 18S1-23M	1.35	1.50	1.45	0	0.73	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.35	0	0	0	0	0	0
19 19S1-23T	1.35	1.50	0	1.45	0.73	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.35	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	1.35	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	1.35	0	0	0	0	0	0
22 22S1-26S	1.35	1.5	0	0	0.73	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	1.45	0	0
23 23S1-27S	1.35	1.5	0	0	0.73	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.35	0	0	0	1.45	1.45	1.45
24 24S1-28S	1.35	1.5	0	0	0.73	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.35	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	1.35	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	1.35	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	0	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	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	1.35	0	0	0	0	0	0

N	PERM	PERM-G2	ACC-M71	ACC-T71	AVV	SPTSX	SPTDX	SPOSX71	SPQDX71	TERM	RTIRO	SISMAH	SISMAV	SPSDX	ACC-SW	SPOSXSW	SPQDXSW	
68	68S3-24S	1.35	1.5	0	0	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	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	1.35	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	1.35	0	0	0	1.45	0	1.16
71	71SSS1--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	0.5	0	1	0.3	1	0	0	0
72	72SSS2--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	0.5	0	1	-0.3	1	0	0	0
73	73SSS3--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	0.5	0	0.3	1	0.3	0	0	0
74	74SSS4--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	0.5	0	0.3	-1	0.3	0	0	0
75	75SSS5--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	-0.5	1	1	0.3	1	0	0	0
76	76SSS6--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	-0.5	1	1	-0.3	1	0	0	0
77	77SSS7--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	-0.5	1	0.3	1	0.3	0	0	0
78	78SSS8--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	-0.5	1	0.3	-1	0.3	0	0	0
79	79SSS9S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	0.5	0	1	0.3	1	0.2	0	0.2
80	80SSS10S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	0.5	0	1	-0.3	1	0.2	0	0.2
81	81SSS11S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	0.5	0	0.3	1	0.3	0.2	0	0.2
82	82SSS12S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	0.5	0	0.3	-1	0.3	0.2	0	0.2
83	83SSS13S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	-0.5	1	1	0.3	1	0.2	0	0.2
84	84SSS14S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	-0.5	1	1	-0.3	1	0.2	0	0.2
85	85SSS15S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	-0.5	1	0.3	1	0.3	0.2	0	0.2
86	86SSS16S	1	1	0	0	0	0.6	1	0	0	-0.5	1	0.3	-1	0.3	0.2	0	0.2
87	87R3-11M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	0.6	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0
88	88R3-11T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	0.6	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0
89	89R3-12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	0.6	0	0	0	0	0	0	0
90	90R3-12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	0.6	0	0	0	0	0	0	0
91	91R3-13M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	1	0	0.8	0.6	0	0	0	0	0	0	0
92	92R3-13T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	1	0	0.8	0.6	0	0	0	0	0	0	0
93	93R3-14S	1	1	0	0	0.8	0.6	0.6	0	0	0.6	0	0	0	0	0.8	0	0
94	94R3-15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	0.6	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8
95	95R3-16S	1	1	0	0	0.8	0.6	1	0	0	0.6	0	0	0	0	0.8	0	0.8
96	96R3-21M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	0.6	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
97	97R3-21T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	0.6	0	0	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
98	98R3-22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
99	99R3-22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
100	100R3-23M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	1	0	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
101	101R3-23T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	1	0	0.8	-0.6	1	0	0	0	0	0	0
102	102R3-24S	1	1	0	0	0.8	0.6	0.6	0	0	-0.6	1	0	0	0	0.8	0	0
103	103R3-25S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0.8	0.8	0.8
104	104R3-26S	1	1	0	0	0.8	0.6	1	0	0	-0.6	1	0	0	0	0.8	0	0.8
105	105R1T11M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	0.6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
106	106R1T11T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	0.6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
107	107R1T12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	1	0	0	0	0	0	0	0
108	108R1T12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	1	0	0	0	0	0	0	0
109	109R1T13M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	1	0	0.8	1	0	0	0	0	0	0	0
110	110R1T13T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	1	0	0.8	1	0	0	0	0	0	0	0
111	111R1T14S	1	1	0	0	0.8	0.6	0.6	0	0	1	0	0	0	0	0.8	0	0
112	112R1T15S	1	1	0	0	0.8	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8
113	113R1T16S	1	1	0	0	0.8	0.6	1	0	0	1	0	0	0	0	0.8	0	0.8
114	114R1T21M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	0.6	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
115	115R1T21T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	0.6	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	0.6	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
119	119R1T23T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	1	0	0.8	-1	1	0	0	0	0	0	0
120	120R1T24S	1	1	0	0	0.8	0.6	0.6	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	0.6	1	0	0	-1	1	0	0	0	0.8	0	0.8

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



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA**  
**DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2**

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

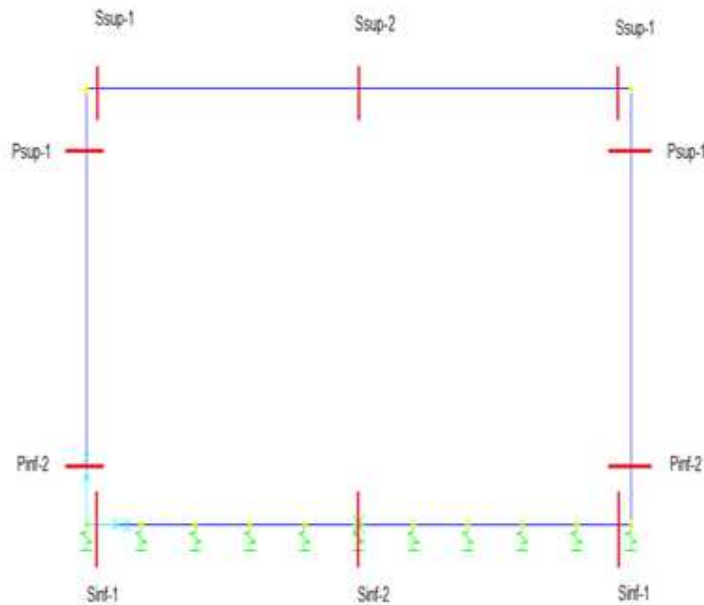
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	31 di 57

- 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

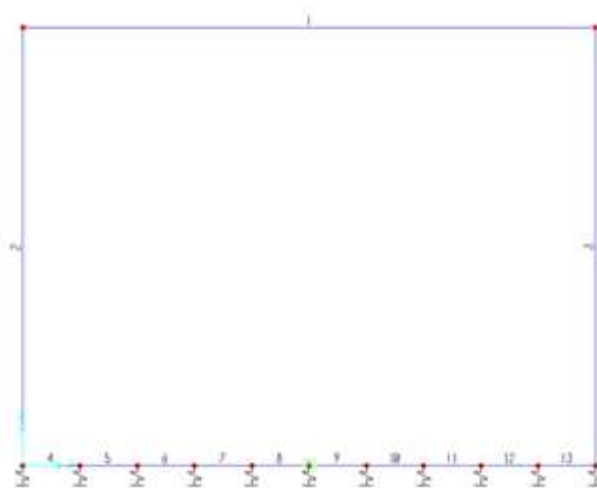


## 9.4 Sollecitazioni

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



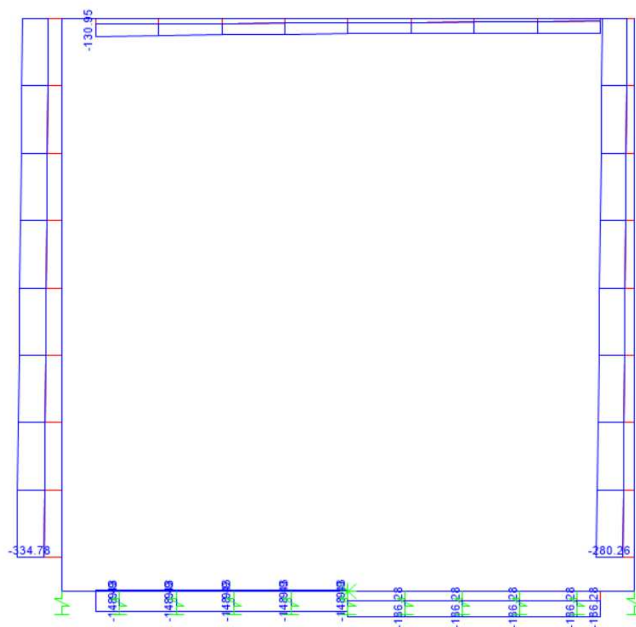
*Figura 9.1 - Sezioni di verifica*



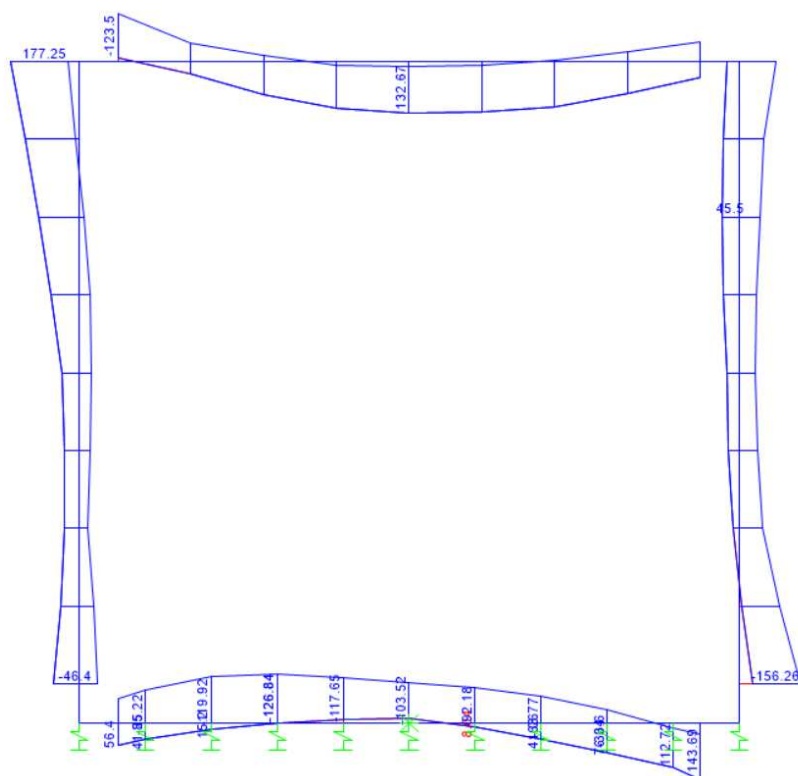
*Figura 9.2 - Nomenclatura frame*

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	33 di 57



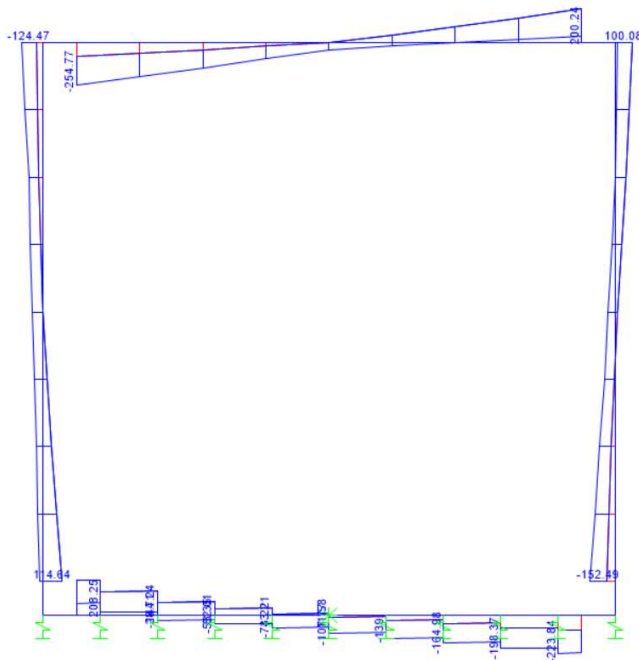
*Figura 9.3 - Sforzo Normale – Inviluppo SLU*



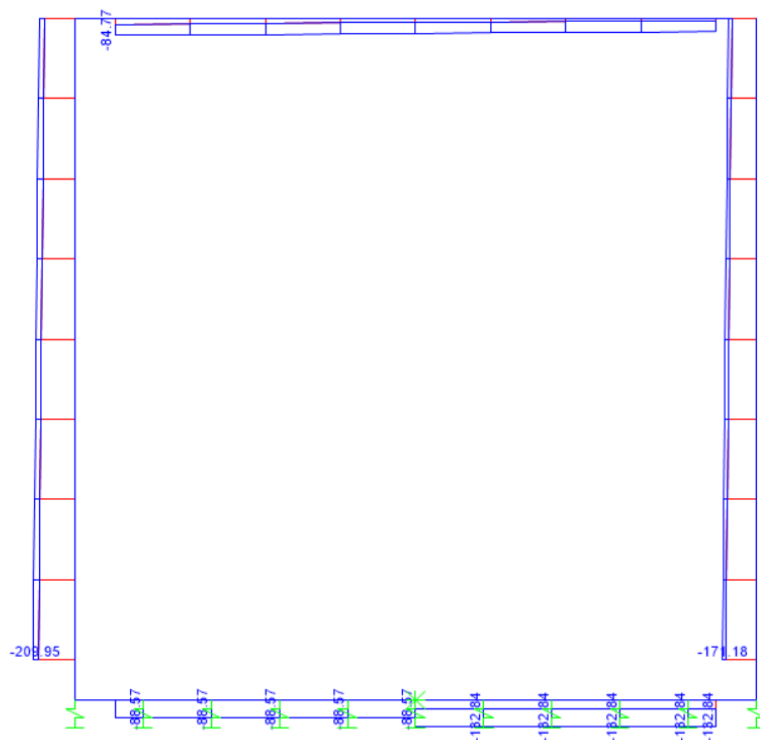
*Figura 9.4 - Momento flettente – Inviluppo SLU*

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	34 di 57



*Figura 9.5 - Taglio – Involuppo SLU*



*Figura 9.6 - Sforzo Normale – Involuppo SLE-Rara*

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	35 di 57

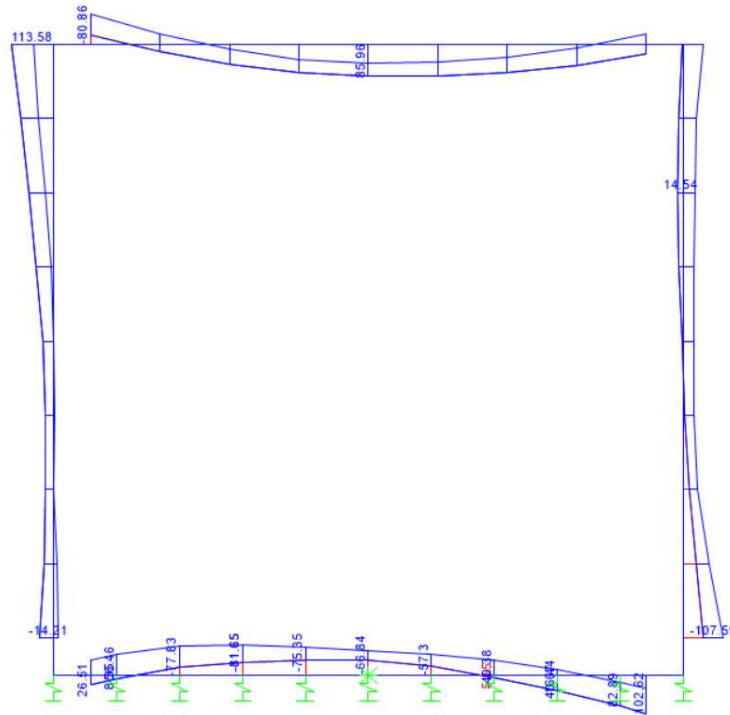


Figura 9.7 - Momento flettente – Inviluppo SLE-Rara

## 9.5 Verifiche strutturali

### 9.5.1 Verifica piedritti

**Sezione: 40 x 100 cm**

Armatura a flessione:

- Sommità (Pied-Sommità)

Armatura tesa

φ 24/20 cm

Armatura compressa

φ 24/20 cm

- Spiccato (Pied-Spicc)

Armatura tesa

φ 24/20 cm

Armatura compressa

φ 24/20 cm

Armatura a taglio:

Spille φ 12/40x40 cm.

IN55 - Nuovo tombino al km 29+318  
Relazione di calcolo scatolare 3x3

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	37 di 57

• 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	$E_s = 200000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$

Calcestruzzo	
Tipo	C30/37
$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	20.5 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec	10	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	24	22.62	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>22.62</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

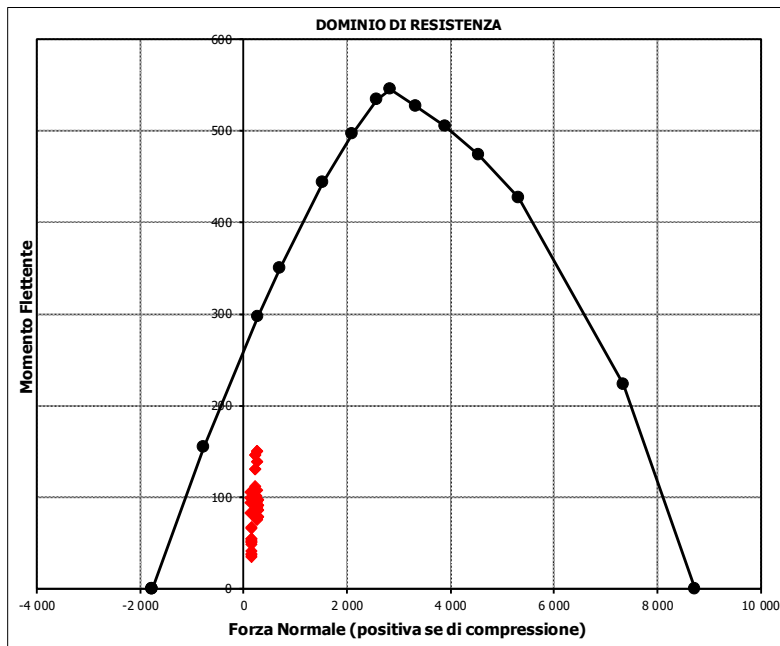
Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>22.62</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
	Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Nmax)	Fr_3St_01S	280	79
(Nmin)	Fr_3St_80S	85	104
(Mmax)	Fr_3St_66S	0	156
(Mmin)	Fr_3St_38S	0	35

Caratteristiche di sollecitazioni

	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	280	79	
02S1-11T	280	79	
03S1-12M	280	86	
04S1-12T	280	86	
05S1-13M	256	139	
06S1-13T	256	139	
07S1-14-	150	42	
08S1-15-	125	94	
09S1-16S	262	75	
10S1-17S	262	78	
11S1-18S	254	96	
12S1-19S	150	37	
13S1-20S	142	55	
14S1-21M	280	91	
15S1-21T	280	91	
16S1-22M	280	98	
17S1-22T	280	98	
18S1-23M	256	150	
19S1-23T	256	150	
20S1-24-	150	53	
21S1-25-	125	106	
22S1-26S	262	87	
23S1-27S	262	89	
24S1-28S	254	107	
25S1-29S	150	49	
26S1-30S	142	67	
27S1T11M	246	80	
28S1T11T	246	80	
29S1T12M	246	86	
30S1T12T	246	86	
31S1T13M	225	131	
32S1T13T	225	131	
33S1T14-	150	38	
34S1T15-	129	83	
35S1T16S	232	77	
36S1T17S	232	79	
37S1T18S	224	96	
38S1T19S	150	35	
39S1T20S	142	52	
40S1T21M	246	96	
41S1T21T	246	96	
42S1T22M	246	102	
43S1T22T	246	102	
44S1T23M	225	147	
45S1T23T	225	147	
46S1T24-	150	54	
47S1T25-	129	99	
48S1T26S	232	93	
49S1T27S	232	95	
50S1T28S	224	112	
51S1T29S	150	51	
52S1T30S	142	68	

53S3-11M	270	94
54S3-11T	270	94
55S3-12M	270	101
56S3-12T	270	101
57S3-13M	246	154
58S3-13T	246	154
59S3-14S	252	90
60S3-15S	252	93
61S3-16S	244	111
62S3-21M	270	106
63S3-21T	270	106
64S3-22M	270	112
65S3-22T	270	112
66S3-23M	250	156
67S3-23T	250	156
68S3-24S	252	102
69S3-25S	252	104
70S3-26S	245	121
71SSS1--	88	110
72SSS2--	85	110
73SSS3--	113	70
74SSS4--	100	67
75SSS5--	88	118
76SSS6--	85	117
77SSS7--	113	77
78SSS8--	100	75
79SSS9S	88	104
80SSS10S	85	104
81SSS11S	113	64
82SSS12S	100	61
83SSS13S	88	112
84SSS14S	85	111
85SSS15S	113	71
86SSS16S	100	69



IN55 - Nuovo tombino al km 29+318  
Relazione di calcolo scatolare 3x3

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	38 di 57

• 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	$f_{ytd} = 391$ N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 200000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{ytd} = 0.00196$

Calcestruzzo	
Tipo	C30/37
R <sub>ck</sub>	37 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ck</sub>	30.71 N/mm <sup>2</sup>
γ <sub>c</sub>	1.5
f <sub>cd</sub>	20.5 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>cc</sub>	17.4 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec.	10	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

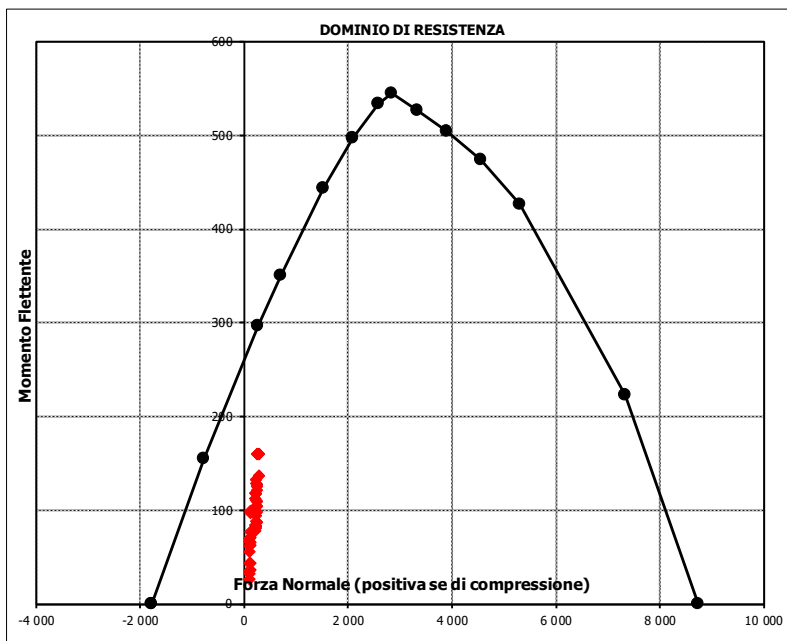
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>22.62</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>22.62</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
	Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Nmax)	Fr_2St_57s	292	177
(Nmin)	Fr_2St_82s	98	65
(Mmax)	Fr_2St_57s	0	177
(Mmin)	Fr_2St_51s	0	27

Caratteristiche di sollecitazione			
	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	257	110	
02S1-11T	257	110	
03S1-12M	257	127	
04S1-12T	257	127	
05S1-13M	282	160	
06S1-13T	282	160	
07S1-14-	106	67	
08S1-15-	131	100	
09S1-16S	239	104	
10S1-17S	239	111	
11S1-18S	247	121	
12S1-19S	106	56	
13S1-20S	114	66	
14S1-21M	257	87	
15S1-21T	257	87	
16S1-22M	257	105	
17S1-22T	257	105	
18S1-23M	282	137	
19S1-23T	282	137	
20S1-24-	106	44	
21S1-25-	131	77	
22S1-26S	239	81	
23S1-27S	239	88	
24S1-28S	247	98	
25S1-29S	106	33	
26S1-30S	114	43	
27S1T11M	235	117	
28S1T11T	235	117	
29S1T12M	235	132	
30S1T12T	235	132	
31S1T13M	256	160	
32S1T13T	256	160	
33S1T14-	106	70	
34S1T15-	127	98	
35S1T16S	221	113	
36S1T17S	221	119	
37S1T18S	228	129	
38S1T19S	106	61	
39S1T20S	114	71	
40S1T21M	235	83	
41S1T21T	235	83	
42S1T22M	235	98	
43S1T22T	235	98	
44S1T23M	256	125	
45S1T23T	256	125	
46S1T24-	106	36	
47S1T25-	127	63	
48S1T26S	221	78	
49S1T27S	221	84	
50S1T28S	228	94	
51S1T29S	106	27	
52S1T30S	114	36	
53S3-11M	267	127	

53S3-11M	267	127
54S3-11T	267	127
55S3-12M	267	145
56S3-12T	267	145
57S3-13M	292	177
58S3-13T	292	177
59S3-14S	249	121
60S3-15S	249	128
61S3-16S	257	138
62S3-21M	267	104
63S3-21T	267	104
64S3-22M	267	119
65S3-22T	267	119
66S3-23M	288	147
67S3-23T	288	147
68S3-24S	249	99
69S3-25S	249	105
70S3-26S	257	114
71SSS1--	131	111
72SSS2--	128	110
73SSS3--	116	74
74SSS4--	103	70
75SSS5--	131	97
76SSS6--	128	96
77SSS7--	116	60
78SSS8--	103	57
79SSS9S	127	105
80SSS10S	123	104
81SSS11S	111	69
82SSS12S	98	65
83SSS13S	127	92
84SSS14S	123	91
85SSS15S	111	55
86SSS16S	98	51



- 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		Sollecitazioni		Piedritto	
Tipo	C30/37	$V_{Ed}$	kN		<b>152</b>
$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>	$N_{Ed}$	kN		<b>0</b>
$f_{ck}$	30.7 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura a taglio</b>			
$\gamma_c$	1.5	Diametro	mm		<b>12</b>
$\alpha_{cc}$	0.85	Numero barre			<b>2.5</b>
$f_{cd}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>	$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>		<b>2.83</b>
<b>Acciaio</b>		Passo s	cm		<b>20</b>
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>	Angolo $\alpha$	°		<b>90</b>
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura longitudinale</b>			
$\gamma_s$	1.15	$n_1$			<b>5</b>
$f_{yd}$	391 N/mm <sup>2</sup>	$\varnothing_1$	mm		<b>24</b>
		$n_2$			<b>-</b>
		$\varnothing_2$	mm		<b>-</b>
		Asl	cm <sup>2</sup>		<b>22.62</b>
		<b>Sezione</b>			
		$b_w$	cm		<b>100</b>
		H	cm		<b>40</b>
		c	cm		<b>8.2</b>
		d	cm		<b>31.8</b>
		k	N/mm <sup>2</sup>		<b>1.79</b>
		$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>		<b>0.47</b>
		$\rho$			<b>0.0071</b>
		$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>		<b>0.00</b>
		$\alpha_c$			<b>1.00</b>
		<b>Resistenza senza armatura a taglio</b>			
		$V_{Rd}$	kN		<b>191</b>



IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	40 di 57

• Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spice)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>107.59</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>155</b>	kN

**Materiali**

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R <sub>ck</sub>	<b>37</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f <sub>ck</sub>	<b>30.71</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	E <sub>cm</sub>	33019.43	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	σ <sub>amm</sub>	16.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	f <sub>ctm</sub>	3.4	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	f <sub>ctk</sub>	2.3	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	f <sub>yk</sub>	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	E <sub>s</sub>	200000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	σ <sub>amm</sub>	<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 <sub>1</sub> '	22.62	cm <sup>2</sup>	5 Ø 24	C <sub>s1</sub> = <b>8.2</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	AS <sub>2</sub> '	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	C <sub>s2</sub> = <b>9.4</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	AS <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	C <sub>t2</sub> = <b>9.4</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	AS <sub>1</sub>	22.62	cm <sup>2</sup>	5 Ø 24	C <sub>t1</sub> = <b>8.2</b> cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	<b>6.2</b>	N/mm <sup>2</sup>	< σ <sub>camm</sub>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	<b>138.3</b>	N/mm <sup>2</sup>	< σ <sub>samm</sub>

Eccentricità	e (M)	69.6	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	49.6	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	12.7	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	4633	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	627819.3713	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	199197.6643	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione (f <sub>ctk</sub> )	M <sub>fess*</sub>	84	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f <sub>ctm</sub> )	M <sub>fess</sub>	116	kN m	
Eccentricità per M=M <sub>fess</sub>	e (M <sub>fess</sub> )	75.0	cm	
	u (M <sub>fess</sub> )	55.0	cm	
Compressione max nel cls. per M=M <sub>fess</sub>	σ <sub>cr</sub>	6.6		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per M=M <sub>fess</sub>	σ <sub>sr</sub>	151.5	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per M=M <sub>fess</sub>	y (M <sub>fess</sub> )	12.6	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k <sub>t</sub>	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	9.13	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α <sub>e</sub>	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS <sub>eff</sub>	22.62	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	AC <sub>eff</sub>	912.99	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	ρ <sub>eff</sub>	0.0248	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ε <sub>sm</sub>	0.000303008	-	
Copri ferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K <sub>1</sub>	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K <sub>2</sub>	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	K <sub>3</sub>	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K <sub>4</sub>	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	φ <sub>eq</sub>	<b>24.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs <sub>max</sub>	334.6815761	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs <sub>m</sub>	196.8715154	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w <sub>m</sub>	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w <sub>d</sub>	<b>0.10</b>	mm	

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	41 di 57

• Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>113.58</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>178</b>	kN

**Materiali**

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck}$	<b>37</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck}$	<b>30.71</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm}$	33019.43	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{c,amm}$	16.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.4	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.3	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s$	200000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{s,amm}$	<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)	$AS_1'$	22.62	cm <sup>2</sup>	5 Ø 24	$C_{s1} = 8.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$C_{s2} = 9.4$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$C_{t2} = 9.4$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	22.62	cm <sup>2</sup>	5 Ø 24	$C_{t1} = 8.2$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>6.5</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{c,amm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>142.8</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{s,amm}$

Eccentricità	e (M)	63.8	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	43.8	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	12.9	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4633	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	627819.3713	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	200351.2369	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{f,ess}^*$	86	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{f,ess}$	117	kN m	
Eccentricità per $M=M_{f,ess}$	e ( $M_{f,ess}$ )	66.0	cm	
	u ( $M_{f,ess}$ )	46.0	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{f,ess}$	$\sigma_{cr}$	6.7		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{f,ess}$	$\sigma_{sr}$	148.9	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{f,ess}$	y ( $M_{f,ess}$ )	12.8	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	9.05	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	22.62	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	905.12	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0250	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000297822	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>24.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	333.2606876	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	196.0356986	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.10</b>	mm	



PROGETTO DEFINITIVO  
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA  
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	42 di 57

### 9.5.2 Verifica soletta superiore

**Sezione: 40 x 100 cm**

#### Armatura a flessione:

- Appoggio (Solsup-App)

Armatura tesa

$\phi$  24/20 cm

Armatura compressa

$\phi$  24/20 cm

- Campata (Solsup-Camp)

Armatura tesa

$\phi$  24/20 cm

Armatura compressa

$\phi$  24/20 cm

#### Armatura a taglio:

Spille  $\phi$  12/20x40 cm.

IN55 - Nuovo tombino al km 29+318  
Relazione di calcolo scatolare 3x3

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	43 di 57

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

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

Calcestruzzo	
Tipo	C30/37
Resistenza a compressione	$R_{ck} = 37$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione di rottura	$f_{ck} = 30.71$ N/mm <sup>2</sup>
Coef. di espansione	$\gamma_c = 1.5$
Tensione di calcolo	$f_{cd} = 20.5$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione di calcolo	$f_{cc} = 17.4$ N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec.	10	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

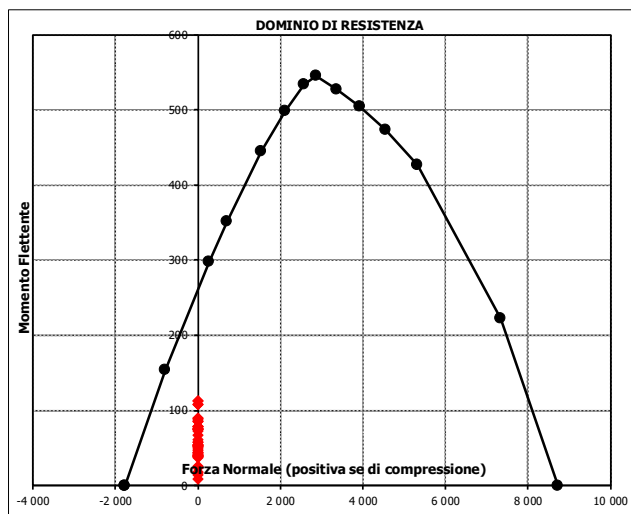
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>22.62 cm<sup>2</sup></b>			

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>22.62 cm<sup>2</sup></b>			

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_1St_01 <sup>c</sup>	0	63
(Nmin)	Fr_1St_01 <sup>s</sup>	0	63
(Mmax)	Fr_1St_57 <sup>c</sup>	0	123
(Mmin)	Fr_1St_51 <sup>c</sup>	0	8

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	63	53S3-11M	0	78
02S1-11T	0	63	54S3-11T	0	78
03S1-12M	0	81	55S3-12M	0	96
04S1-12T	0	81	56S3-12T	0	96
05S1-13M	0	108	57S3-13M	0	123
06S1-13T	0	108	58S3-13T	0	123
07S1-14-	0	49	59S3-14S	0	76
08S1-15-	0	77	60S3-15S	0	82
09S1-16S	0	61	61S3-16S	0	91
10S1-17S	0	67	62S3-21M	0	55
11S1-18S	0	76	63S3-21T	0	55
12S1-19S	0	38	64S3-22M	0	70
13S1-20S	0	46	65S3-22T	0	70
14S1-21M	0	40	66S3-23M	0	94
15S1-21T	0	40	67S3-23T	0	94
16S1-22M	0	58	68S3-24S	0	53
17S1-22T	0	58	69S3-25S	0	59
18S1-23M	0	86	70S3-26S	0	67
19S1-23T	0	86	71SSS1--	0	87
20S1-24-	0	26	72SSS2--	0	86
21S1-25-	0	54	73SSS3--	0	53
22S1-26S	0	38	74SSS4--	0	52
23S1-27S	0	44	75SSS5--	0	73
24S1-28S	0	53	76SSS6--	0	73
25S1-29S	0	15	77SSS7--	0	39
26S1-30S	0	23	78SSS8--	0	38
27S1T11M	0	75	79SSS9S	0	82
28S1T11T	0	75	80SSS10S	0	82
29S1T12M	0	90	81SSS11S	0	49
30S1T12T	0	90	82SSS12S	0	47
31S1T13M	0	113	83SSS13S	0	69
32S1T13T	0	113	84SSS14S	0	68
33S1T14-	0	52	85SSS15S	0	35
34S1T15-	0	75	86SSS16S	0	34
35S1T16S	0	73			
36S1T17S	0	79			
37S1T18S	0	87			
38S1T19S	0	43			
39S1T20S	0	51			
40S1T21M	0	40			
41S1T21T	0	40			
42S1T22M	0	55			
43S1T22T	0	55			
44S1T23M	0	78			
45S1T23T	0	78			
46S1T24-	0	17			
47S1T25-	0	41			
48S1T26S	0	38			
49S1T27S	0	44			
50S1T28S	0	52			
51S1T29S	0	8			
52S1T30S	0	17			



IN55 - Nuovo tombino al km 29+318  
Relazione di calcolo scatolare 3x3

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	44 di 57

• 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	C30/37
R <sub>ck</sub>	37 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ck</sub>	30.71 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
f <sub>cd</sub>	20.5 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ct</sub>	17.4 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50 mm
staffe	10 mm
armat. sec.	10 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

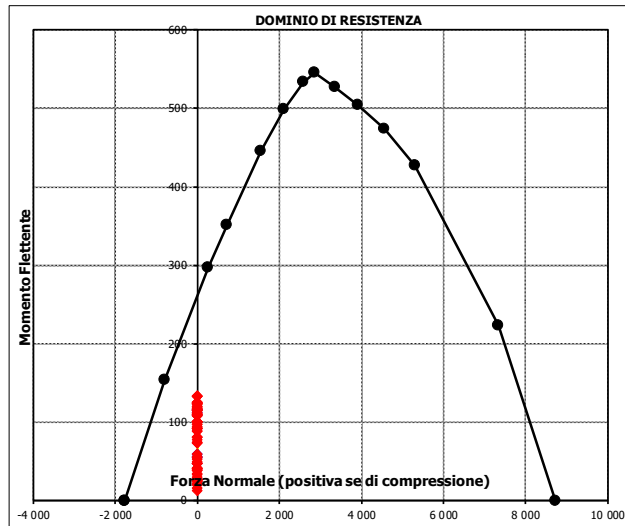
Armatura tesa		
N° ferri	Diametro	Area
5	24	22.62 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
<b>22.62 cm<sup>2</sup></b>		

Armatura compressa		
N° ferri	Diametro	Area
5	24	22.62 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
<b>22.62 cm<sup>2</sup></b>		

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Nmax) Fr_1St_01S	0	110
(Nmin) Fr_1St_01S	0	110
(Mmax) Fr_1St_14S	0	133
(Mmin) Fr_1St_33S	0	13

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	0	110	53S3-11M	0	110
02S1-11T	0	110	54S3-11T	0	110
03S1-12M	0	92	55S3-12M	0	92
04S1-12T	0	92	56S3-12T	0	92
05S1-13M	0	101	57S3-13M	0	101
06S1-13T	0	101	58S3-13T	0	101
07S1-14-	0	16	59S3-14S	0	100
08S1-15-	0	25	60S3-15S	0	94
09S1-16S	0	100	61S3-16S	0	97
10S1-17S	0	94	62S3-21M	0	133
11S1-18S	0	97	63S3-21T	0	133
12S1-19S	0	27	64S3-22M	0	118
13S1-20S	0	30	65S3-22T	0	118
14S1-21M	0	133	66S3-23M	0	125
15S1-21T	0	133	67S3-23T	0	125
16S1-22M	0	115	68S3-24S	0	123
17S1-22T	0	115	69S3-25S	0	117
18S1-23M	0	124	70S3-26S	0	120
19S1-23T	0	124	71SSS1--	0	28
20S1-24-	0	39	72SSS2--	0	26
21S1-25-	0	48	73SSS3--	0	34
22S1-26S	0	123	74SSS4--	0	27
23S1-27S	0	117	75SSS5--	0	41
24S1-28S	0	120	76SSS6--	0	39
25S1-29S	0	50	77SSS7--	0	48
26S1-30S	0	53	78SSS8--	0	41
27S1T11M	0	89	79SSS9S	0	27
28S1T11T	0	89	80SSS10S	0	25
29S1T12M	0	74	81SSS11S	0	33
30S1T12T	0	74	82SSS12S	0	27
31S1T13M	0	81	83SSS13S	0	41
32S1T13T	0	81	84SSS14S	0	39
33S1T14-	0	13	85SSS15S	0	47
34S1T15-	0	20	86SSS16S	0	40
35S1T16S	0	81			
36S1T17S	0	75			
37S1T18S	0	78			
38S1T19S	0	22			
39S1T20S	0	25			
40S1T21M	0	123			
41S1T21T	0	123			
42S1T22M	0	108			
43S1T22T	0	108			
44S1T23M	0	116			
45S1T23T	0	116			
46S1T24-	0	47			
47S1T25-	0	55			
48S1T26S	0	115			
49S1T27S	0	109			
50S1T28S	0	112			
51S1T29S	0	56			
52S1T30S	0	59			



IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	45 di 57

- 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		Sollecitazioni		Soletta sup	
Tipo	C30/37	$V_{Ed}$	kN		<b>255</b>
$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>	$N_{Ed}$	kN		<b>0</b>
$f_{ck}$	30.7 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura a taglio</b>			
$\gamma_c$	1.5	Diametro	mm		<b>12</b>
$\alpha_{cc}$	0.85	Numero barre			<b>5</b>
$f_{cd}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>	$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>		<b>5.65</b>
<b>Acciaio</b>		Passo s	cm		<b>20</b>
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>	Angolo $\alpha$	°		<b>90</b>
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura longitudinale</b>			
$\gamma_s$	1.15	$n_1$			<b>5</b>
$f_{yd}$	391 N/mm <sup>2</sup>	$\varnothing_1$	mm		<b>24</b>
		$n_2$			<b>-</b>
		$\varnothing_2$	mm		<b>-</b>
		Asl	cm <sup>2</sup>		<b>22.62</b>
		<b>Sezione</b>			
		$b_w$	cm		<b>100</b>
		H	cm		<b>40</b>
		c	cm		<b>8.2</b>
		d	cm		<b>31.8</b>
		k	N/mm <sup>2</sup>		<b>1.79</b>
		$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>		<b>0.47</b>
		$\rho$			<b>0.0071</b>
		$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>		<b>0.00</b>
		$\alpha_c$			<b>1.00</b>
		<b>Resistenza senza armatura a taglio</b>			
		$V_{Rd}$	kN		<b>191</b>
		<b>Resistenza con armatura a taglio</b>			
		Inclinazione puntone $\theta$	°		<b>21.8</b>
		$V_{RSd}$	kN		<b>792</b>
		$V_{RCd}$	kN		<b>859</b>
		$V_{Rd}$	kN		<b>792</b>

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	46 di 57

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>80.86</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

#### Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck}$	<b>37</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck}$	<b>30.71</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm}$	33019.43	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	16.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.4	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.3	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)	$AS_1'$	22.62	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>24</b> $c_{s1} =$ <b>8.2</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b> $c_{s2} =$ <b>9.4</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b> $c_{t2} =$ <b>9.4</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	22.62	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>24</b> $c_{t1} =$ <b>8.2</b> cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.6</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>130.0</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)	11.0	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4633	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	627819.3713	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	193816.1677	cm <sup>4</sup>	

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	74	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	105	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	6.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	169.4	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	11.0	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	9.66	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.2	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	22.62	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	965.59	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0234	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000345744	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr edi armatura	$\phi_{eq}$	<b>24.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	344.169697	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	202.4527629	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.12</b>	mm	

IN55 - Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	47 di 57

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>85.96</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

**Materiali**

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck}$	<b>37</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck}$	<b>30.71</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm}$	33019.43	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	16.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.4	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.3	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)	$AS_1'$	22.62	cm <sup>2</sup>	5 Ø 24	$c_{s1} = 8.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$c_{s2} = 9.4$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$c_2 = 9.4$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	22.62	cm <sup>2</sup>	5 Ø 24	$c_1 = 8.2$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.9</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>138.2</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)	11.0	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4633	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	627819.3713	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	193816.1677	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	74	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	105	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	6.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	169.4	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	11.0	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	9.66	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.2	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	22.62	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	965.59	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0234	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000345744	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr edi armatura	$\phi_{eq}$	<b>24.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	344.1697021	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	202.4527659	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.12</b>	mm	





PROGETTO DEFINITIVO  
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA  
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	48 di 57

### 9.5.3 Verifica soletta inferiore

**Sezione: 40 x 100 cm**

#### Armatura a flessione:

- Appoggio (Solinf-App)

Armatura tesa

$\phi$  24/20 cm

Armatura compressa

$\phi$  24/20 cm

- Campata (Solinf-Camp)

Armatura tesa

$\phi$  24/20 cm

Armatura compressa

$\phi$  24/20 cm

#### Armatura a taglio:

Spille  $\phi$  12/20x40 cm.

IN55 - Nuovo tombino al km 29+318  
Relazione di calcolo scatolare 3x3

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	49 di 57

• 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	$E_s$	=	200000	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd}$	=	0.00196	

**Calcestruzzo**

Tipo	C30/37			
Resistenza caratteristica	$R_{ck}$	=	37	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{cd}$	=	30.71	N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_c$	=	1.5	
Resistenza caratteristica	$f_{ctd}$	=	20.5	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{ctc}$	=	17.4	N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec	10	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	24	22.62	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>22.62</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

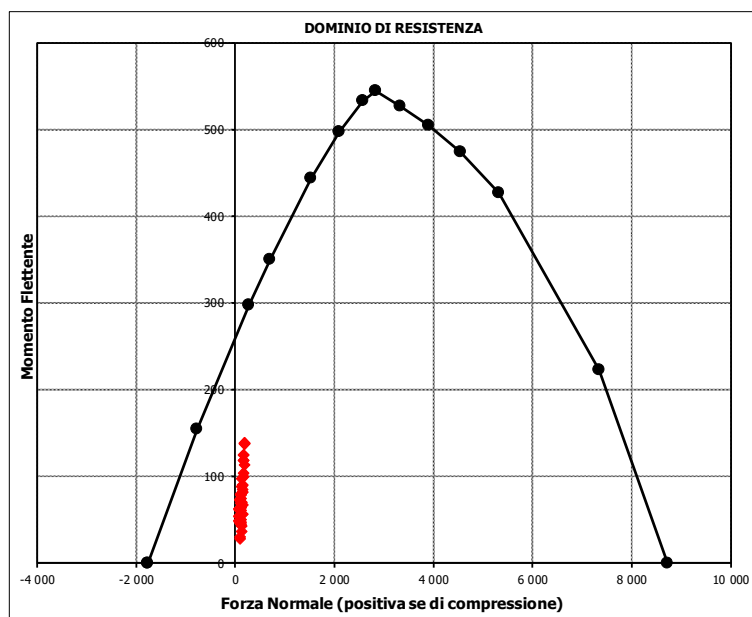
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>22.62</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Nmax) Fr_13St_18	186	138
(Nmin) Fr_13St_01	70	49
(Mmax) Fr_13St_66	181	144
(Mmin) Fr_13St_38	91	28

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	70	49	53S3-11M	80	66
02S1-11T	70	49	54S3-11T	80	66
03S1-12M	143	68	55S3-12M	153	84
04S1-12T	143	68	56S3-12T	153	84
05S1-13M	175	125	57S3-13M	185	141
06S1-13T	175	125	58S3-13T	185	141
07S1-14-	138	43	59S3-14S	81	65
08S1-15-	170	99	60S3-15S	111	72
09S1-16S	71	48	61S3-16S	122	91
10S1-17S	101	55	62S3-21M	91	79
11S1-18S	112	74	63S3-21T	91	79
12S1-19S	95	31	64S3-22M	154	96
13S1-20S	105	50	65S3-22T	154	96
14S1-21M	81	63	66S3-23M	181	144
15S1-21T	81	63	67S3-23T	181	144
16S1-22M	154	82	68S3-24S	92	78
17S1-22T	154	82	69S3-25S	120	85
18S1-23M	186	138	70S3-26S	130	103
19S1-23T	186	138	71SSS1-	160	118
20S1-24-	148	56	72SSS2-	160	118
21S1-25-	181	113	73SSS3-	107	68
22S1-26S	82	62	74SSS4-	107	67
23S1-27S	112	69	75SSS5-	166	127
24S1-28S	122	88	76SSS6-	166	127
25S1-29S	105	45	77SSS7-	113	77
26S1-30S	116	64	78SSS8-	114	76
27S1T11M	75	55	79SSS9S	151	111
28S1T11T	75	55	80SSS10S	151	111
29S1T12M	138	71	81SSS11S	98	61
30S1T12T	138	71	82SSS12S	98	60
31S1T13M	165	119	83SSS13S	157	120
32S1T13T	165	119	84SSS14S	158	120
33S1T14-	125	37	85SSS15S	104	70
34S1T15-	152	85	86SSS16S	105	69
35S1T16S	75	54			
36S1T17S	104	61			
37S1T18S	114	79			
38S1T19S	91	28			
39S1T20S	101	46			
40S1T21M	90	74			
41S1T21T	90	74			
42S1T22M	153	90			
43S1T22T	153	90			
44S1T23M	181	138			
45S1T23T	181	138			
46S1T24-	141	56			
47S1T25-	168	105			
48S1T26S	91	73			
49S1T27S	119	80			
50S1T28S	130	98			
51S1T29S	106	47			
52S1T30S	117	65			



IN55 - Nuovo tombino al km 29+318  
Relazione di calcolo scatolare 3x3

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	50 di 57

• 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	$E_s = 200000$ N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$

Calcestruzzo	
Tipo	C30/37
Resistenza caratteristica	$R_{ck} = 37$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{ck} = 30.71$ N/mm <sup>2</sup>
Coeff. di variazione	$V_c = 1.5$
Resistenza di calcolo	$f_{cd} = 20.5$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica	$f_{cc} = 17.4$ N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec	10	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

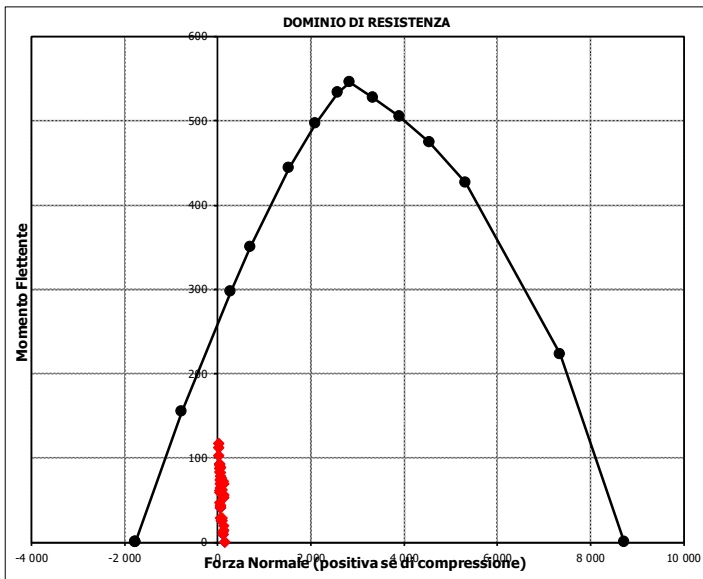
Armatura tesa		
N° ferri	Diametro	Area
5	24	22.62 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
<b>22.62 cm<sup>2</sup></b>		

Armatura compressa		
N° ferri	Diametro	Area
5	24	22.62 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
<b>22.62 cm<sup>2</sup></b>		

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_6St_20S	148	1
(Nmin)	Fr_6St_71S	-10	73
(Mmax)	Fr_6St_57S	8	127
(Mmin)	Fr_6St_46S	141	1

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	50	89	53S3-11M	40	99
02S1-11T	50	89	54S3-11T	40	99
03S1-12M	123	70	55S3-12M	113	80
04S1-12T	123	70	56S3-12T	113	80
05S1-13M	18	117	57S3-13M	8	127
06S1-13T	18	117	58S3-13T	8	127
07S1-14	138	14	59S3-14S	41	93
08S1-15	32	61	60S3-15S	71	86
09S1-16S	51	83	61S3-16S	30	102
10S1-17S	81	76	62S3-21M	51	85
11S1-18S	40	92	63S3-21T	51	85
12S1-19S	95	26	64S3-22M	114	69
13S1-20S	54	42	65S3-22T	114	69
14S1-21M	61	75	66S3-23M	24	109
15S1-21T	61	75	67S3-23T	24	109
16S1-22M	134	56	68S3-24S	51	79
17S1-22T	134	56	69S3-25S	80	72
18S1-23M	29	103	70S3-26S	41	88
19S1-23T	29	103	71SSS1--	-10	73
20S1-24	148	1	72SSS2--	-10	72
21S1-25	43	48	73SSS3--	16	52
22S1-26S	61	69	74SSS4--	16	48
23S1-27S	92	62	75SSS5--	-3	64
24S1-28S	51	79	76SSS6--	-3	63
25S1-29S	105	12	77SSS7--	22	43
26S1-30S	64	29	78SSS8--	23	39
27S1T11M	42	88	79SSS9S	-7	70
28S1T11T	42	88	80SSS10S	-7	68
29S1T12M	106	72	81SSS11S	19	49
30S1T12T	106	72	82SSS12S	19	45
31S1T13M	15	112	83SSS13S	0	61
32S1T13T	15	112	84SSS14S	0	60
33S1T14	125	20	85SSS15S	25	40
34S1T15	35	60	86SSS16S	26	36
35S1T16S	43	83			
36S1T17S	72	77			
37S1T18S	33	92			
38S1T19S	91	29			
39S1T20S	52	44			
40S1T21M	58	69			
41S1T21T	58	69			
42S1T22M	121	53			
43S1T22T	121	53			
44S1T23M	31	93			
45S1T23T	31	93			
46S1T24	141	1			
47S1T25	51	41			
48S1T26S	59	64			
49S1T27S	87	58			
50S1T28S	49	73			
51S1T29S	106	10			
52S1T30S	68	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		Sollecitazioni		Soletta inf	
Tipo	C30/37	$V_{Ed}$	kN		<b>224</b>
$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>	$N_{Ed}$	kN		<b>0</b>
$f_{ck}$	30.7 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura a taglio</b>			
$\gamma_c$	1.5	Diametro	mm		<b>12</b>
$\alpha_{cc}$	0.85	Numero barre			<b>5</b>
$f_{cd}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>	$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>		<b>5.65</b>
<b>Acciaio</b>		Passo s	cm		<b>20</b>
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>	Angolo $\alpha$	°		<b>90</b>
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura longitudinale</b>			
$\gamma_s$	1.15	$n_1$			<b>5</b>
$f_{yd}$	391 N/mm <sup>2</sup>	$\varnothing_1$	mm		<b>24</b>
		$n_2$			<b>-</b>
		$\varnothing_2$	mm		<b>-</b>
		Asl	cm <sup>2</sup>		<b>22.62</b>
		<b>Sezione</b>			
		$b_w$	cm		<b>100</b>
		H	cm		<b>40</b>
		c	cm		<b>8.2</b>
		d	cm		<b>31.8</b>
		k	N/mm <sup>2</sup>		<b>1.79</b>
		$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>		<b>0.47</b>
		$\rho$			<b>0.0071</b>
		$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>		<b>0.00</b>
		$\alpha_c$			<b>1.00</b>
		<b>Resistenza senza armatura a taglio</b>			
		$V_{Rd}$	kN		<b>191</b>
		<b>Resistenza con armatura a taglio</b>			
		Inclinazione puntone $\theta$	°		<b>21.8</b>
		$V_{RSd}$	kN		<b>792</b>
		$V_{Rcd}$	kN		<b>859</b>
		$V_{Rd}$	kN		<b>792</b>

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	52 di 57

• Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>102.62</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>133</b>	kN

**Materiali**

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R <sub>ck</sub>	<b>37</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f <sub>ck</sub>	<b>30.71</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	E <sub>cm</sub>	33019.43	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	σ <sub>camm</sub>	16.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	f <sub>ctm</sub>	3.4	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	f <sub>ctk</sub>	2.3	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	f <sub>yk</sub>	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	E <sub>s</sub>	200000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	σ <sub>samm</sub>	<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 <sub>1</sub> '	22.62	cm <sup>2</sup>	5 Ø 24	C <sub>s1</sub> = <b>8.2</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	AS <sub>2</sub> '	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	C <sub>s2</sub> = <b>9.4</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	AS <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	C <sub>t2</sub> = <b>9.4</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	AS <sub>1</sub>	22.62	cm <sup>2</sup>	5 Ø 24	C <sub>t1</sub> = <b>8.2</b> cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	<b>5.9</b>	N/mm <sup>2</sup>	< σ <sub>camm</sub>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	<b>135.1</b>	N/mm <sup>2</sup>	< σ <sub>samm</sub>

Eccentricità	e (M)	77.3	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	57.3	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	12.6	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	4633	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	627819.3713	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	198089.5233	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione (f <sub>ctk</sub> )	M <sub>fess*</sub>	83	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f <sub>ctm</sub> )	M <sub>fess</sub>	114	kN m	
Eccentricità per M=M <sub>fess</sub>	e (M <sub>fess</sub> )	86.1	cm	
	u (M <sub>fess</sub> )	66.1	cm	
Compressione max nel cls. per M=M <sub>fess</sub>	σ <sub>cr</sub>	6.6		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per M=M <sub>fess</sub>	σ <sub>sr</sub>	153.9	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per M=M <sub>fess</sub>	y (M <sub>fess</sub> )	12.4	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k <sub>t</sub>	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	9.20	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α <sub>e</sub>	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS <sub>eff</sub>	22.62	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	AC <sub>eff</sub>	920.32	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	ρ <sub>eff</sub>	0.0246	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ε <sub>sm</sub>	0.000307872	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K <sub>1</sub>	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K <sub>2</sub>	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	K <sub>3</sub>	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K <sub>4</sub>	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	φ <sub>eq</sub>	<b>24.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs <sub>max</sub>	336.0032013	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs <sub>m</sub>	197.648942	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w <sub>m</sub>	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w <sub>d</sub>	<b>0.10</b>	mm	

IN55 – Nuovo tombino al km 29+318  
*Relazione di calcolo scatolare 3x3*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	53 di 57

• Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>81.65</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>2</b>	kN

**Materiali**

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck}$	<b>37</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck}$	<b>30.71</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm}$	33019.43	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	16.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	3.4	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.3	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento acciaio	$f_{yk}$	450.00	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s$	200000.00	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)	$AS_1'$	22.62	cm <sup>2</sup>	5 Ø 24 $C_{s1} = 8.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0 $C_{s2} = 9.4$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0 $C_{t2} = 9.4$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	22.62	cm <sup>2</sup>	5 Ø 24 $C_{t1} = 8.2$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.6</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>130.9</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	5403.4	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	5383.4	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	11.1	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4633	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	627819.3713	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	193816.8916	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	74	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	105	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	6980.1	cm	
	u ( $M_{fess}$ )	6960.1	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	6.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	169.2	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	11.0	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.6</b>		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	9.65	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	22.62	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	965.07	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0234	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.000355242	-	
Copriferro netto	$c'$	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	<b>24.00</b>	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	344.0759254	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	202.3976032	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.12</b>	mm	

## 10. INCIDENZA SCATOLARE

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

Piedritti	<b>130 kg/mc</b>
Soletta superiore	<b>130 kg/mc</b>
Soletta inferiore	<b>130 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  $\phi 12/20$  ed un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature e spille.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA</b> <b>DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2</b>												
IN55 – Nuovo tombino al km 29+318 <i>Relazione di calcolo scatolare 3x3</i>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3Z</td> <td>00</td> <td>D 26</td> <td>CLIN5500001</td> <td>B</td> <td>55 di 57</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	55 di 57
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Z	00	D 26	CLIN5500001	B	55 di 57								

## 11. DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2)

### 11.1 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.

### 11.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo

Titolo: SAP2000 Ultimate

Versione: 21.0.2

Produttore: CSI Computers and Structures, Inc.

### 11.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

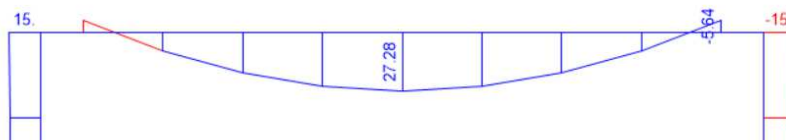
I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a valutazione che ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali.

In particolare, è stato confrontato il valore del momento flettente in campata del solettone superiore con i rispettivi valori ottenuti per uno schema statico a trave appoggiata (limite superiore) e per uno schema a trave doppiamente incastrata (limite inferiore).

Come carico di confronto è stato utilizzato il carico permanente non strutturale  $G_2=29.26$  kN/m.

La figura seguente mostra il momento flettente ottenuto dal modello agli elementi finiti utilizzato per le verifiche:





<b>Calcolo analitico_trave appoggiata</b>			
Carico uniformemente distribuito	$G_2$	29.26	kN/m
Luce di calcolo	L	3.4	m
Momento in campata	$M_{1/2}$	42.28	kNm/m
<b>Calcolo analitico_trave incastrata</b>			
Carico uniformemente distribuito	$G_2$	29.26	kN/m
Luce di calcolo	L	3.4	m
Momento in campata	$M_{1/2}$	14.09	kNm/m
<b>SAP2000</b>			
Momento in campata	$M_{1/2}$	27.28	kNm/m
<b>Momento in campata_trave incastrata</b>			
	Lim.Inf.	14.09	kNm/m
<b>Momento in campata_SAP2000</b>			
		27.28	kNm/m
<b>Momento in campata_trave appoggiata</b>			
	Lim.Sup.	42.28	kNm/m
<b>Momento in campata_trave semi-incastrata</b>			
	$M_{1/2}$	28.19	kNm/m
Errore	e	<b>3.2%</b>	

Come si nota, il valore del momento restituito dal programma di calcolo cade all'interno dei valori limite ottenuti dai due schemi statici adottati. Il vincolo effettivo è quindi assimilabile ad un semi-incastro. Nella tabella precedente è riportato anche l'errore percentuale, in valore assoluto, tra il modello agli elementi finiti adottato e lo schema statico di trave con semi-incastrati alle estremità.

Dal confronto numerico delle deformate e dello stato sollecitativo, si ritengono i risultati del calcolo congrui con le azioni applicate e la geometria del problema.

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.