

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



### U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

### DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

### RADDOPPIO TRATTA FIUME TORTO – LERCARA DIRAMAZIONE LOTTO 1 + 2

LINEA

TRINCEA DI APPROCCIO ALLA GALLERIA  
Tombino IN49 – Relazione di calcolo

SCALA:

-
---

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3Z	00	D	26	CL	TR0003	001	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	1° AGG. A CONSEGNA CSLLPP	C. INTEGRA	Maggio 2020	M.SALLEOLINI 	Maggio 2020	A. BARRECA 	Maggio 2020	F. S. CHI Maggio 2020 	Maggio 2020

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD  
 Dott. Ing. Francesco CHI  
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 n. 25372 Str.

## INDICE

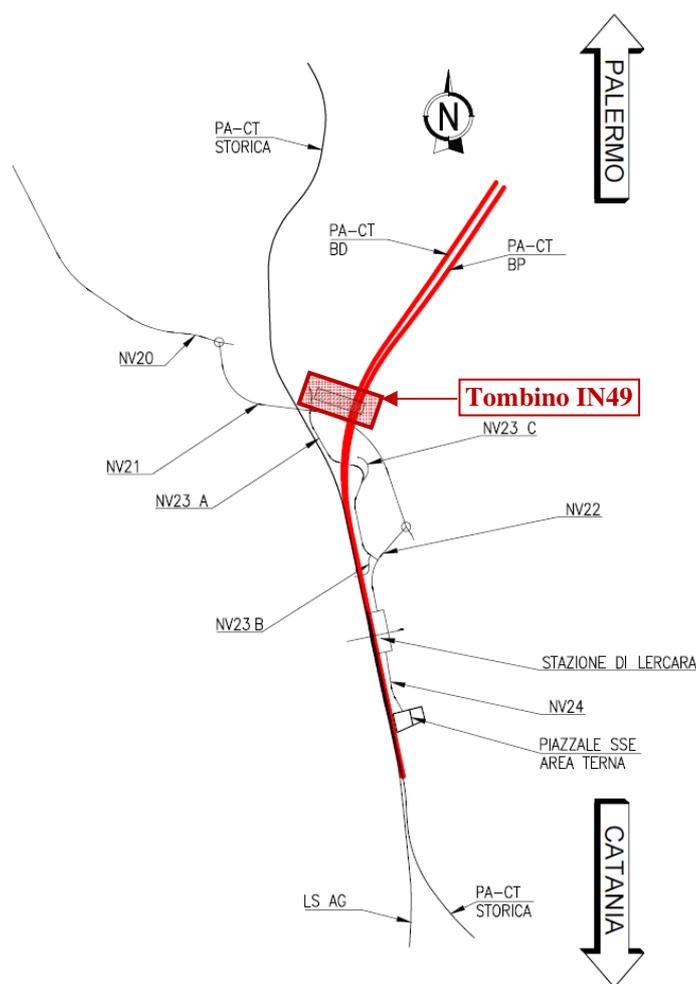
<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....</b>	<b>7</b>
5.1	Profondità della falda.....	7
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>8</b>
6.1	Pesi propri.....	8
6.2	Permanenti non strutturali.....	8
6.3	Carichi mobili (carico stradale) .....	8
6.4	Azione di frenamento ( $Q_3$ ).....	8
6.5	Azione del sisma.....	9
6.6	Ritiro del calcestruzzo .....	12
6.7	Variazione termica.....	12
6.8	Spinta statica del terreno.....	12
6.9	Spinta dovuta al sovraccarico accidentale .....	13
6.10	Incremento di Spinta in condizione sismiche .....	13
6.11	Sottospinta idraulica .....	13
<b>7</b>	<b>COMBINAZIONE DEI CARICHI.....</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>16</b>
8.1	Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....	16
8.2	Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	16
8.3	Verifica agli stati limite d'esercizio.....	18
<b>9</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE .....</b>	<b>19</b>
9.1	Modellazione strutturale : Scatolare .....	19

9.2	Analisi dei carichi .....	21
9.3	Combinazioni.....	25
9.4	Sollecitazioni .....	27
9.5	Verifiche strutturali.....	31
9.5.1	Verifica piedritti .....	31
9.5.2	Verifica soletta superiore.....	37
9.5.3	Verifica soletta inferiore.....	43
<b>10</b>	<b>INCIDENZA SCATOLARE .....</b>	<b>49</b>
<b>11</b>	<b>DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2) .....</b>	<b>50</b>
11.1	Tipo di analisi svolte.....	50
11.2	Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo.....	50
11.3	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	50

## 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.

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale del tombino IN49 situato al km 28+130 di geometria interna 2.00x2.20m. Segue l'ubicazione dell'opera in oggetto.



## 2 DESCRIZIONE

Il tombino IN49 è composto da quattro tratti: 1. Tratto tra le paratie di pali; 2. Tratto con scavo > 4.50m; 3. Tratto con scavo < 4.50m; 4. Tratto in canale trapezoidale.

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale dell'opera scatolare facente parte del secondo tratto, poiché le condizioni di carico applicate, la geometria e l'ubicazione dell'opera determinano le condizioni più sfavorevoli per le successive verifiche strutturali.

Il tombino ha le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	3.00	m
Altezza totale	Htot	3.50	m
Spessore soletta superiore	ss	0.80	m
Spessore piedritti	sp	0.50	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.50	m
Luce libera	Lint	2.00	m
Altezza libera	Hint	2.20	m

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

Si è studiata la condizione peggiore ovvero quella con il ricoprimento massimo di 7 m.

Geometria del Ricoprimento			
Pacchetto stradale	Hp	0.00	m
Ricoprimento	Hr	7.00	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.00	m

È stata trascurata, 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>												
Trincea di approccio alla galleria <i>Relazione di calcolo Tombino IN49</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>CLTR00203001</td> <td>A</td> <td>4 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	4 di 53
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	4 di 53								

### 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:

RS3Z00D26GEOC0000001	Relazione geotecnica generale linea ferroviaria
RS3Z00D26F7OC0000001	Profilo longitudinale geotecnico linea ferroviaria – Tav. 1/2
RS3Z00D26F7OC0000002	Profilo longitudinale geotecnico linea ferroviaria – Tav. 2/2

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]		E <sub>i</sub> [MPa]
					max	min	di prog.	max	min	di prog.	di prog.	max	min	di prog.			max	min	di prog.	di prog.	di prog.	
1	2SGN01 2SGN01bis 2ST01 2SNV18	da 0 a 24m	C sup	21	35	21	30	350	21	130	27	511	101	277	547	B	532	21	100	104	87	
		da 24 in poi	C inf	21	35	35	24	0	0	200	24	422	422	422	547	B	364	364	150	160	130	

### 5.1 Profondità della falda

La falda è situata a circa -3.00m dal p.c..

## 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:  $\gamma_{c.a.} = 25.00 \text{ kN/m}^3$

Rilevato:  $\gamma_{rit} = 19.00 \text{ kN/m}^3$

### 6.2 Permanenti non strutturali

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta superiore:

- Rinterro

### 6.3 Carichi mobili (carico stradale)

Non sono stati considerati nel calcolo i carichi da traffico stradale.

### 6.4 Azione di frenamento ( $Q_3$ )

Non è stata considerata nel calcolo l'azione di frenamento.

## 6.5 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 :

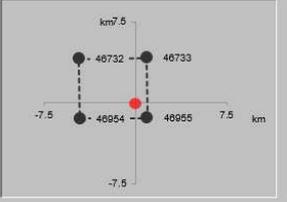
### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

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) -  $V_N$ : 75 info  
 Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$ : 1.5 info

Valori di progetto  
 Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 112.5 info

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

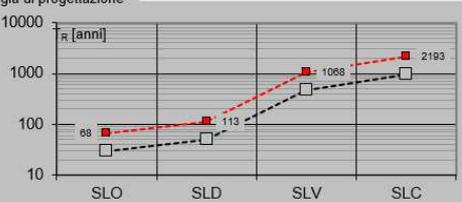
Stati limite di esercizio - SLE:
 

SLO - $P_{VR} = 81\%$	68
SLD - $P_{VR} = 63\%$	113

Stati limite ultimi - SLU:
 

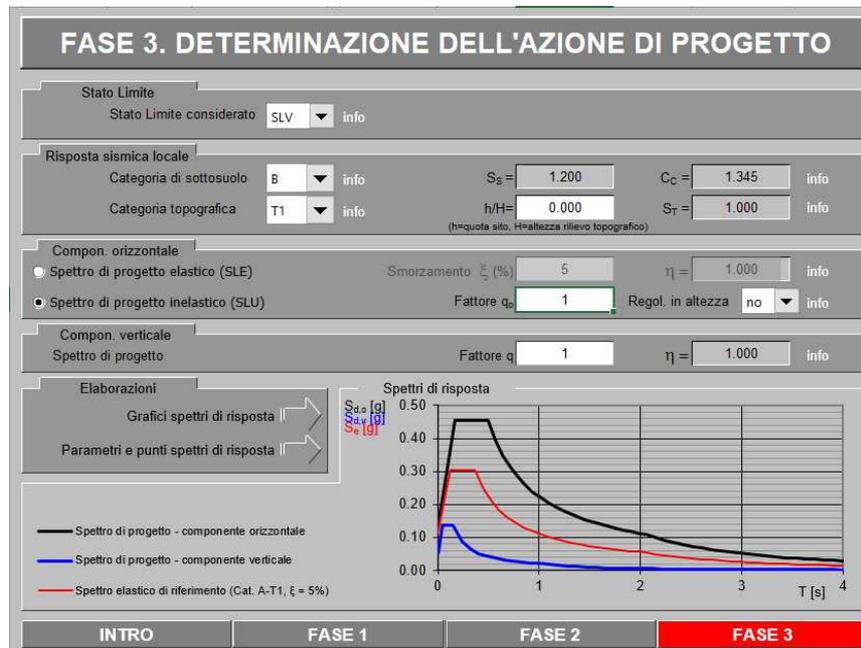
SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068
SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193

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

Strategia di progettazione  


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

INTRO    FASE 1    **FASE 2**    FASE 3



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-09 Eq. 3.2.5)  
 $\eta_1 = \sqrt{10 \cdot (\xi + 0.5)} \geq 0.55; \eta = 1/q$  (NTC-09 Eq. 3.2.4, 3.2.3.5)  
 $T_{01} = T_c / 3$  (NTC-07 Eq. 3.2.4)  
 $T_c = C_c \cdot T_c^*$  (NTC-07 Eq. 3.2.7)  
 $T_{01} = 4.0 \cdot a_s / (g + 1.6)$  (NTC-07 Eq. 3.2.4)

**Espressioni dello spettro di risposta** (NTC-09 Eq. 3.2.4)

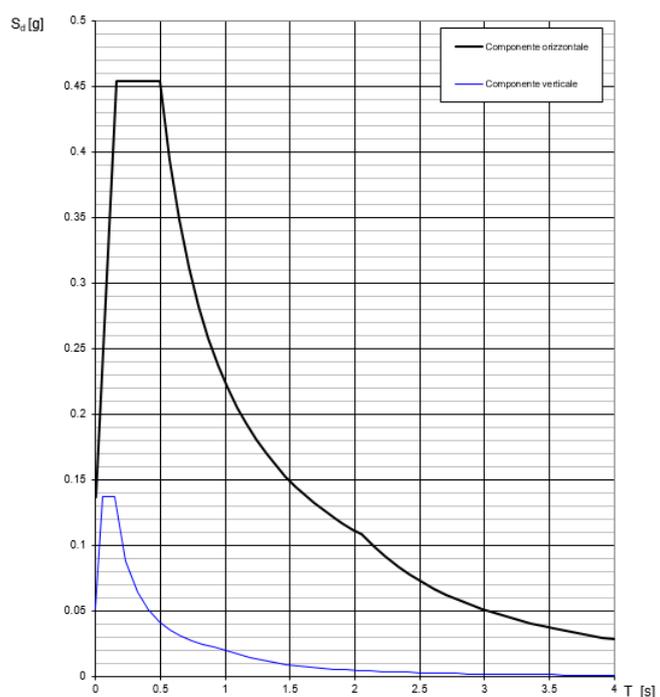
$0 \leq T < T_{01} \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta_1 \cdot F_s \cdot \left[ \frac{T}{T_{01}} + \frac{1}{\eta_1 \cdot F_s} \left( 1 - \frac{T}{T_{01}} \right) \right]$   
 $T_{01} \leq T < T_c \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta_1 \cdot F_s$   
 $T_c \leq T < T_0 \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta_1 \cdot F_s \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$   
 $T_0 \leq T \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta_1 \cdot F_s \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)^2$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per lo Stato Limite Ultimo è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  moltiplicandoli con  $\eta_1$ , dove  $q$  il fattore di struttura. (NTC-09 §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	0.248
0.716	0.212
0.790	0.183
0.865	0.158
0.939	0.138
1.013	0.120
1.088	0.105
1.162	0.092
1.237	0.080
1.311	0.070
1.386	0.061
1.460	0.053
1.535	0.046
1.609	0.040
1.684	0.035
1.758	0.031
1.832	0.027
1.907	0.024
1.982	0.021
2.056	0.019
2.149	0.017
2.241	0.015
2.334	0.014
2.426	0.013
2.519	0.012
2.611	0.011
2.704	0.010
2.797	0.009
2.889	0.008
2.982	0.007
3.074	0.006
3.167	0.006
3.259	0.005
3.352	0.004
3.445	0.004
3.537	0.003
3.630	0.003
3.722	0.003
3.815	0.002
3.907	0.002
4.000	0.002

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



## 6.6 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.

## 6.7 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:

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

## 6.8 Spinta statica del terreno

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

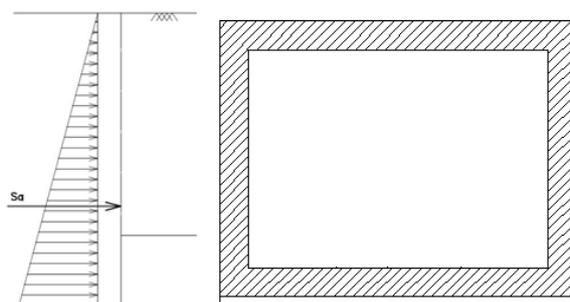


Figura 6.1 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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

## 6.9 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. In questo caso non è stata considerata nel calcolo.

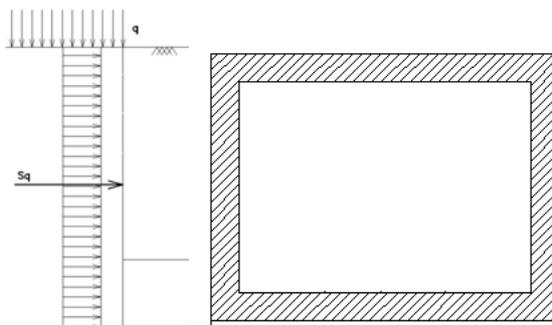


Figura 6.2– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

## 6.10 Incremento di Spinta in condizione sismiche

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

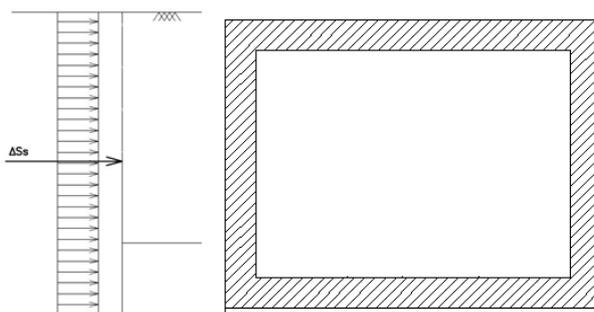


Figura 6.3– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

## 6.11 Sottospinta idraulica

Dato il livello di falda superiore allo spessore della platea di fondazione su di essa insiste una pressione idrica assimilabile alla pressione idrostatica corrispondente ad un tale tirante idrico.

$$q = \gamma_w \cdot H$$

## 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":

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

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;

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

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

	<b>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>					
Trincea di approccio alla galleria <i>Relazione di calcolo Tombino IN49</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLTR00203001	REV. A	FOGLIO 18 di 53

### 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

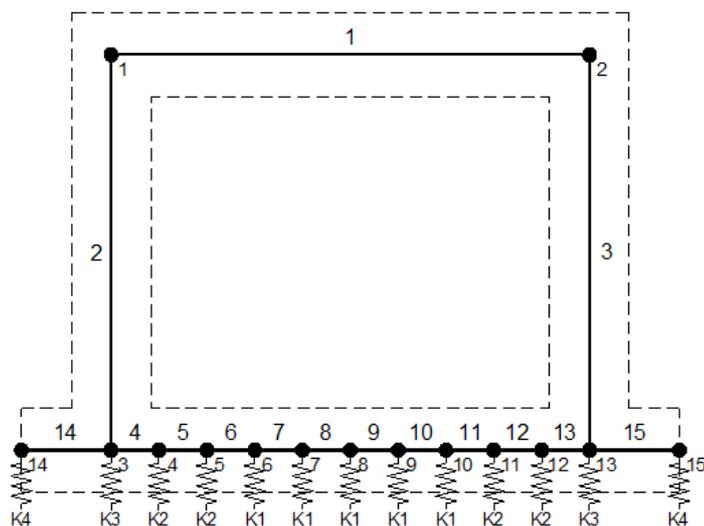
**x** = asse trasversale dello scatolare

**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:

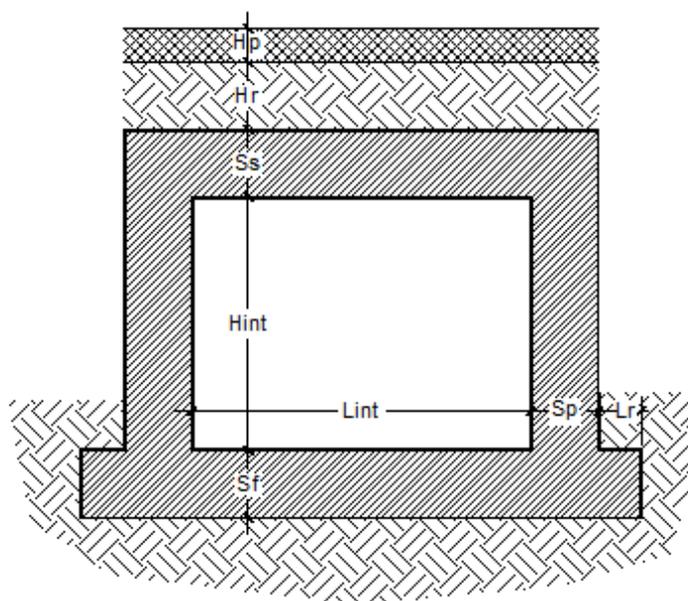
Interasse molle	i	$(0.30/2 + 2.00 + 0.30/2) / 10 =$	0.23 m
Molle centrali	K1	$2500 \cdot 0.23 =$	575 kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 2500 \cdot 0.23 =$	863 kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 2500 \cdot (0.23/2 + 0.30/2) =$	1 325 kN/m
Molle risolto	K4	-	0 kN/m

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

<b>Caratteristiche materiali e terreno</b>			
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	$f_{ck}$		30.7 N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	$E$		33000 N/mm <sup>2</sup>
Pacchetto stradale - Peso specifico	$\gamma$		24 kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato - Peso specifico	$\gamma$		19 kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	$\phi$		35 °
Terreno di fondazione	$K_w$		14358.8 kN/m <sup>3</sup>
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			aggressive
<b>Ricoprimento</b>			
Spessore pacchetto stradale	$H_p$		0.00 m
Spessore del rinterro	$H_r$		7.00 m
<b>Geometria</b>			
Spessore soletta superiore	$S_s$		0.80 m
Spessore soletta di fondazione	$S_f$		0.50 m
Spessore piedritti	$S_p$		0.50 m
Altezza netta	$H_{int}$		2.20 m
Larghezza netta	$L_{int}$		2.00 m
Lunghezza risvolti sol. inf.	$L_r$		0.00 m



Tab. 4: Geometria del modello

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	22 di 53

### Azioni elementari applicate

<b>Carichi permanenti</b>					
Soletta superiore					
Peso pacchetto stradale	Ps	$0.00 \cdot 24 =$		0.00	kN/m <sup>2</sup>
Peso del rinterro	Pr	$7.00 \cdot 19 =$		133.00	kN/m <sup>2</sup>
Totale				<b>133.00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Risvolti soletta inferiore					
Peso pacchetto stradale	Ps	-		0.00	kN/m <sup>2</sup>
Peso del rinterro	Pr	-		0.00	kN/m <sup>2</sup>
Totale				<b>0.00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Carichi accidentali sulla copertura</b>					
Tandem					
Ldiffusione x				1.60	m
Ldiffusione y				2.40	m
Impronta di carico x	Ld1	$1.60 + 2 \cdot (0.00 + (7.00) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 0.80/2) =$		12.20	m
Impronta di carico y	Ld2	$2.40 + 2 \cdot (0.00 + (7.00) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 0.80/2) =$		13.00	m
Impronta sull'impalcato		$12.20 \cdot 13.00 =$		158.67	m <sup>2</sup>
carico q1 (totale)				600	kN
carico q1 (ripartito)	Q <sub>1K</sub>	$600 / 158.67 =$		<b>0.00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Carico distribuito					
	Ld3	$3.00 + 2 \cdot (0.00 + (7.00) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 0.80/2) =$		13.60	m
	q <sub>1K</sub>	$9.00 \cdot (3.00 / 13.60) =$		<b>0.00</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

Trincea di approccio alla galleria  
 Relazione di calcolo Tombino IN49

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	23 di 53

<b>Frenamento q3</b>					
q3	q3	$180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L < 900 \text{ kN}$		<b>0.00</b>	<b>kN/m</b>
<b>Azione termica</b>					
Variazione termica uniforme	$\Delta T_U$			0	°
Variazione termica a farfalla	$\Delta T_F$			0	°
Variazione termica uniforme di calcolo	$\Delta T_{U*}$	0 / 2 =		0	°
Variazione termica a farfalla di calcolo	$\Delta T_{F*}$	0 / 2 =		0.00	°
<b>Ritiro (applicato alla soletta superiore)</b>					
	$\Delta T_R$			-10	°
<b>Spinta del terreno in T.T.</b>					
K0		1 - sen (35°) =		0.426	
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.426 \cdot 133.00 =$		56.71	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.426 \cdot (133.00 + 19 \cdot 0.80/2) =$		<b>59.96</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [133.00 + 19 \cdot (0.80/2 + 2.20 + 0.50/2)] =$		<b>83.05</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [133.00 + 19 \cdot (0.80/2 + 2.20 + 0.50)] =$		85.07	kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(56.71 + 59.96)/2 \cdot 0.80/2$		<b>23.33</b>	<b>kN/m</b>
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(83.05 + 85.07)/2 \cdot 0.50/2$		<b>21.01</b>	<b>kN/m</b>
Spinta alla quota di falda	pw			<b>24.31</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Spinta del carico accidentale</b>					
Spinta dovuta al q1	p	$0.426 \cdot (0.00 + 0.00) =$		<b>0.00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Sisma orizzontale</b>					
Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -		SLV	
Vita nominale	$V_N$			75	anni
Classe d'uso	$C_u$			III	
Coefficiente $C_U$	$C_U$			1.5	
Periodo di riferimento	$V_R$			112.5	anni
accelerazione orizzontale	$a_g/g$			0.114	
amplificazione spettrale	$F_o$			2.652	
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E		B	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	$S_s$			1.200	
Coeff. Amplificazione topografica	$S_t$			1	
Coefficiente S	$S$	= $S_s \cdot S_t$		1.200	
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g$	= $a_g/g \cdot S$		0.137	
Fattore di struttura	$q$			1.00	
Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc.	FHs	$0.137 \cdot (0.80 \cdot 25 + 133.00 + 0.2 \cdot 0.00) / 1.00 =$		<b>20.93</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.137 \cdot (0.50 \cdot 25) / 1.00 =$		<b>1.71</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Spinta del terreno in fase sismica</b>					
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	= $a_{max}/g$		0.137	
Coefficiente sismico verticale	$k_v$	= $\pm 0.5 \cdot k_h$		0.068	
Risultante della spinta sismica	$\Delta S_E$	= $(a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot [(Hint + S_s + S_f + H_r)^2]$		286.6	kN/m
Pressione risultante	$\Delta p_E$	= $\Delta S_E / [(Hint + S_s/2 + S_f/2)]$		<b>29.1</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Falda</b>					
Distanza piano campagna/falda	zw			3.00	(m)
Quota di falda rispetto l'intradosso della soletta fond.	Hw			7.50	(m)
Quota di falda rispetto l'asse della soletta	hw			7.25	(kN)
Peso specifico dell'acqua	$\gamma_w$			10.00	(kN/m <sup>3</sup> )

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	24 di 53

<b>Spinta dell'acqua</b>				
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1		0	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2		0	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta in asse sol. inf.	p3		72.5	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4		75	kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1		0.00	<b>kN/m</b>
Spinta semispessore sol. inf.	F2		18.438	<b>kN/m</b>
Spinta alla quota di falda	pw		0	kN/m <sup>2</sup>
<b>Spinta del terreno in T.E.</b>				
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1		56.71	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2		59.96	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta in asse sol. inf.	p3		52.13	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4		53.09	kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1		23.33	<b>kN/m</b>
Spinta semispessore sol. inf.	F2		13.15	<b>kN/m</b>
Spinta alla quota di falda	pw		24.31	kN/m <sup>2</sup>

<b>Sottospinta idraulica</b>				
Sottospinta idraulica	U		<b>75</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	25 di 53

### 9.3 Combinazioni

N	PERM	PERM-G2	Q1-M	Q1-T	Q2	Q3	SPTSX	SPTDX	USX	UDX	UPL	SPACCSX	SPACCDX	TERM	RITIRO	SISMAH	SPSDX	
01	01S1-11M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
02	02S1-11T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
03	03S1-12M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
04	04S1-12T	1.35	1.50	0.00	1.35	1.35	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
05	05S1-13M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
06	06S1-13T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
07	07S1-14-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
08	08S1-15-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
09	09S1-21M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.9	1.2	0.0	0.0
10	10S1-21T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.9	1.2	0.0	0.0
11	11S1-22M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
12	12S1-22T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
13	13S1-23M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
14	14S1-23T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
15	15S1-24-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.00	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
16	16S1-25-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.00	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
17	17S1T11M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
18	18S1T11T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
19	19S1T12M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
20	20S1T12T	1.35	1.50	0.00	1.01	0.54	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
21	21S1T13M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
22	22S1T13T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
23	23S1T14-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
24	24S1T15-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
25	25S1T21M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.5	1.2	0.0	0.0
26	26S1T21T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.5	1.2	0.0	0.0
27	27S1T22M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
28	28S1T22T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
29	29S1T23M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
30	30S1T23T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
31	31S1T24-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
32	32S1T25-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
33	33S2-11M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
34	34S2-11T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
35	35S2-12M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	0.9	0.0	0.0	0.0
36	36S2-12T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	0.9	0.0	0.0	0.0
37	37S2-13M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	0.9	0.0	0.0	0.0
38	38S2-13T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	0.9	0.0	0.0	0.0
39	39S2-21M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.9	1.2	0.0	0.0
40	40S2-21T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.9	1.2	0.0	0.0
41	41S2-22M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-0.9	1.2	0.0	0.0
42	42S2-22T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-0.9	1.2	0.0	0.0
43	43S2-23M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	-0.9	1.2	0.0	0.0
44	44S2-23T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	-0.9	1.2	0.0	0.0
45	45S2T11M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
46	46S2T11T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
47	47S2T12M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
48	48S2T12T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
49	49S2T13M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
50	50S2T13T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
51	51S2T21M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.5	1.2	0.0	0.0
52	52S2T21T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.5	1.2	0.0	0.0
53	53S2T22M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
54	54S2T22T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
55	55S2T23M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
56	56S2T23T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
57	57SED1-	1.00	1.00	0.20	0.00	0.20	0.0	0.70	1.00	0.70	1.00	1.00	0.0	0.2	0.5	0.0	1.0	1.0
58	58SED2-	1.00	1.00	0.20	0.00	0.20	0.0	0.70	1.00	0.70	1.00	1.00	0.0	0.2	-0.5	1.0	1.0	1.0
59	59Q1-11-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
60	60Q1-12-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
61	61Q1-13-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.70	1.00	1.00	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
62	62Q1-21-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
63	63Q1-22-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
64	64Q1-23-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.70	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3Z 00 D 26 CLTR00203001 A 26 di 53

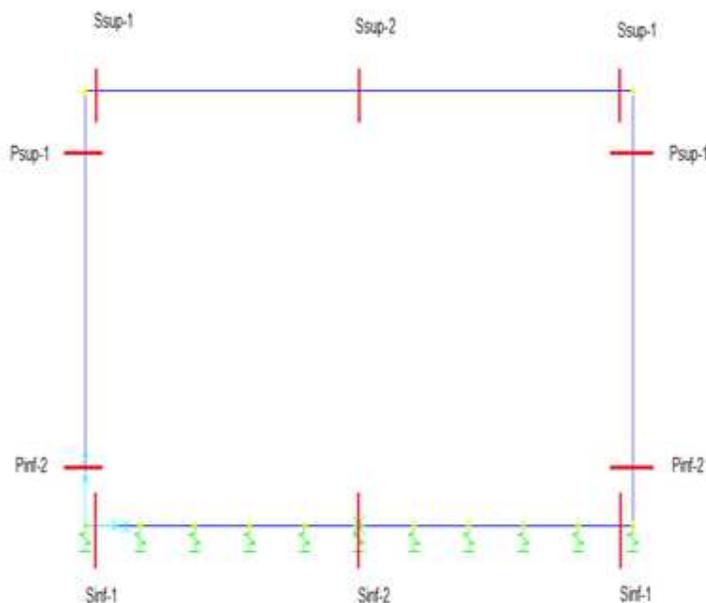
65	65F1-11M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
66	66F1-11T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
67	67F1-12M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
68	68F1-12T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
69	69F1-13M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	1.00	0.70	1.00	1.00	0.0	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
70	70F1-13T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	1.00	0.70	1.00	1.00	0.0	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
71	71F1-14-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
72	72F1-15-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.70	1.00	1.00	0.0	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
73	73F1-21M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
74	74F1-21T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
75	75F1-22M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
76	76F1-22T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
77	77F1-23M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	1.00	0.70	1.00	1.00	0.0	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
78	78F1-23T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	1.00	0.70	1.00	1.00	0.0	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
79	79F1-24-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
80	80F1-25-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.70	1.00	1.00	0.0	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
81	81C025-	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.6	1.0	0.0	0.0
82	82C025-	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	-0.6	1.0	0.0	0.0
83	83C025-	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.75	0.6	1.0	0.0	0.0
84	84C025-	1	1.00	0.75	0	0.4	1	1	1	1.00	1.00	1.00	0	0.75	-0.6	1	0	0

dove:

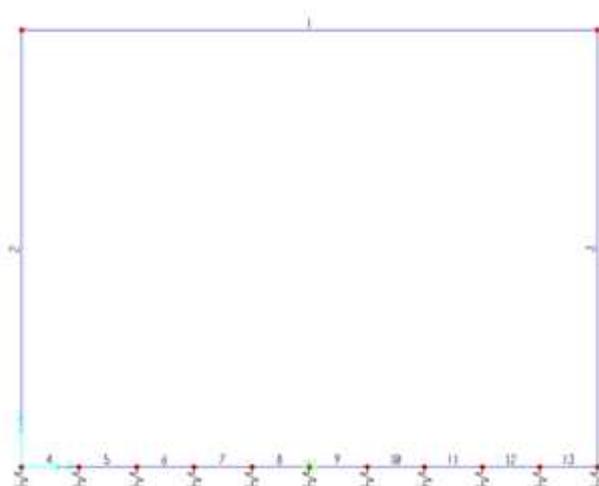
- PERM** : carichi permanenti strutturali
- PERM-G2** : carichi permanenti non strutturali
- Q1k-M** : carichi da traffico concentrato (disposizione per massimizzare il momento)
- Q1K-T** : carichi da traffico concentrato (disposizione per massimizzare il taglio)
- Q2-M** : carichi da traffico distribuito (disposizione per massimizzare il momento)
- Q2-T** : carichi da traffico distribuito (disposizione per massimizzare il taglio)
- Q3** : azione longitudinale di frenamento
- SPTSx** : spinta del terreno sulla parete sx
- SPTDx** : spinta del terreno sulla parete dx
- SPACCSx** : spinta del carico accidentale sulla parete sx
- SPACCDx** : spinta del carico accidentale sulla parete sx
- TERM** : termica
- RITIRO** : ritiro
- SISMAH** : azione sismica
- SISDX** : incremento sismico della spinta del terreno
- USX** : Spinta idraulica a sinistra
- UDX** : Spinta idraulica a destra
- UPL** : Sottospinta idraulica

## 9.4 Sollecitazioni

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



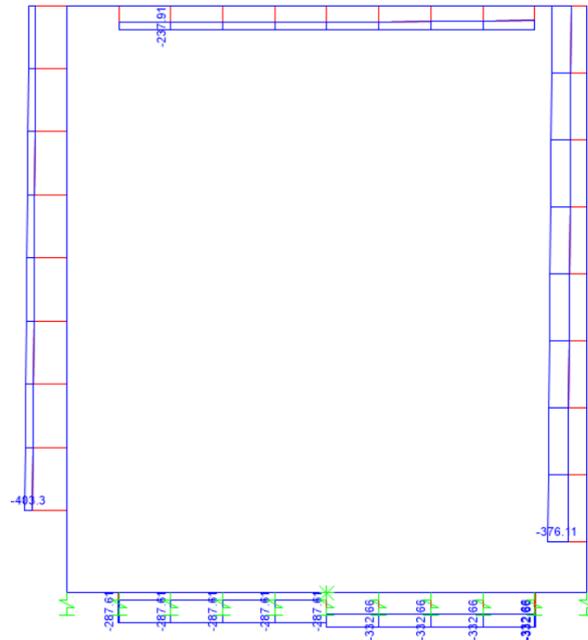
*Figura 9.1 - Sezioni di verifica*



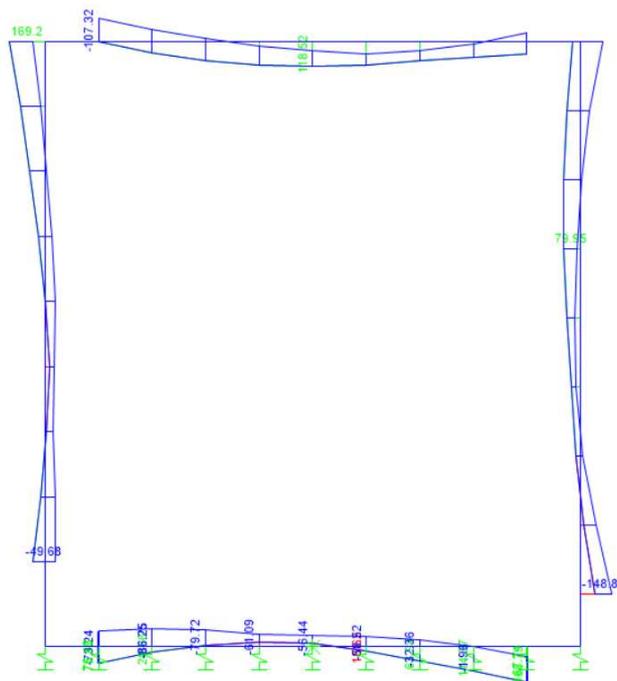
*Figura 9.2 - Nomenclatura frame*

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	28 di 53



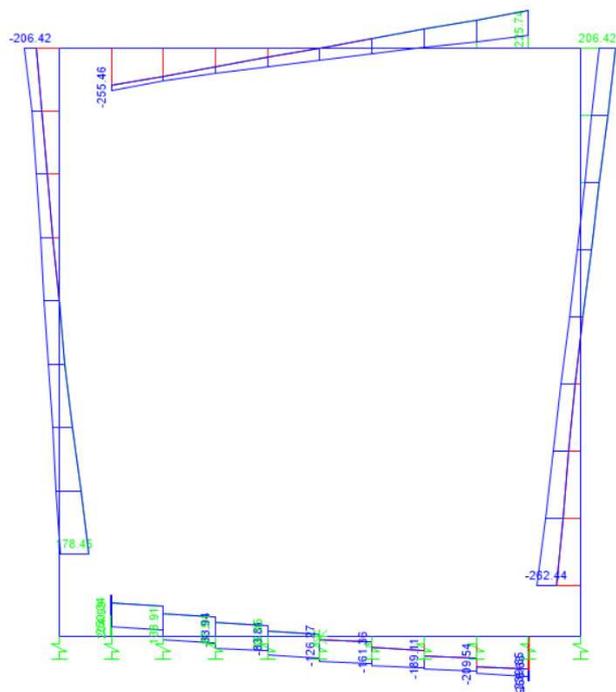
*Figura 9.3 - Sforzo Normale – Inviluppo SLU*



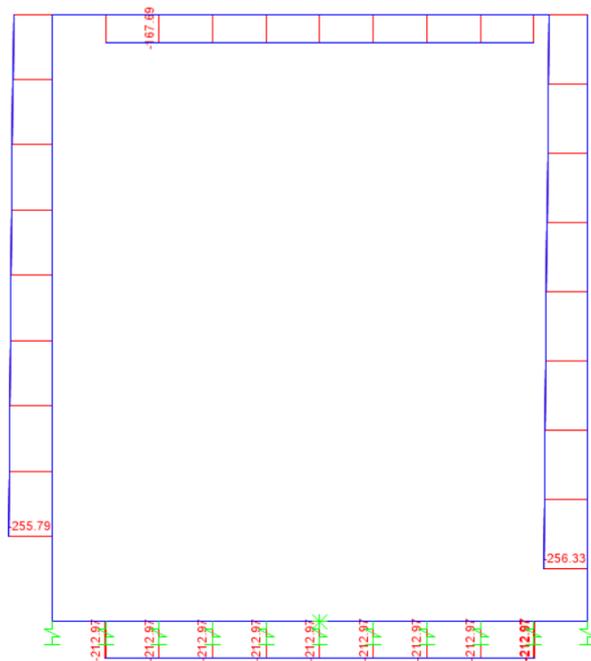
*Figura 9.4 - Momento flettente – Inviluppo SLU*

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	29 di 53



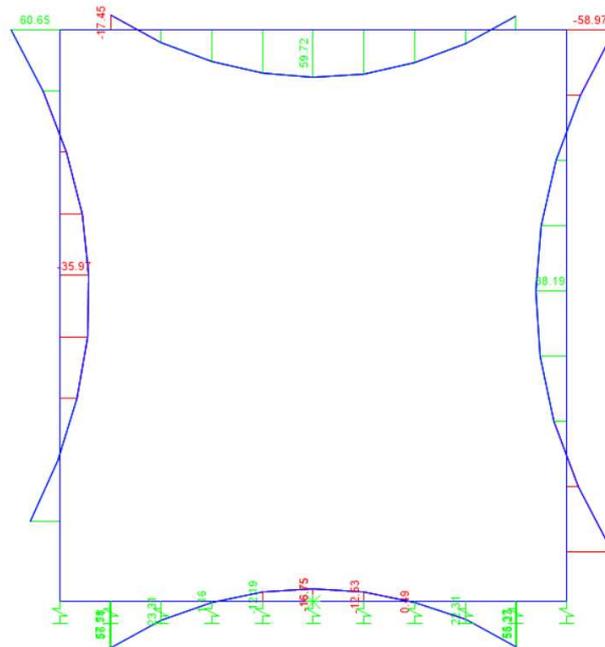
*Figura 9.5 - Taglio – Involuppo SLU*



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

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	30 di 53



*Figura 9.7 - Momento flettente – Inviluppo SLE-Rara*

## 9.5 Verifiche strutturali

### 9.5.1 Verifica piedritti

**Sezione: 50 x 100 cm**

Armatura a flessione:

- Sommità (Pied-Sommità)

Armatura tesa

φ 20/20 cm

Armatura compressa

φ 20/20 cm

- Spiccato (Pied-Spicc)

Armatura tesa

φ 20/20 cm

Armatura compressa

φ 20/20 cm

Armatura a taglio:

Si dispongono Spille φ 10/20x40 cm.

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	32 di 53

• 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

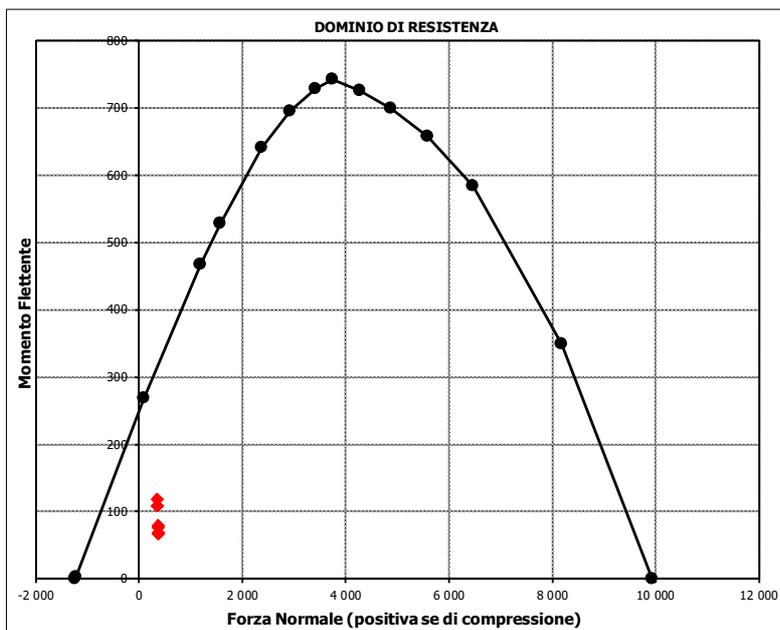
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 50$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 42$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_3St_01S	376	66
(Nmin)	Fr_3St_58S	182	149
(Mmax)	Fr_3St_58S	0	149
(Mmin)	Fr_3St_01S	376	66

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	376	66
02S1-11T	376	66
03S1-12M	376	69
04S1-12T	376	69
05S1-13M	348	108
06S1-13T	348	108
07S1-14-	376	69
08S1-15-	348	108
09S1-21M	376	77
10S1-21T	376	77
11S1-22M	376	79
12S1-22T	376	79
13S1-23M	348	119
14S1-23T	348	119
15S1-24-	376	79
16S1-25-	348	119
17S1T11M	376	66
18S1T11T	376	66
19S1T12M	376	69
20S1T12T	376	69
21S1T13M	348	108
22S1T13T	348	108
23S1T14-	376	69
24S1T15-	348	108
25S1T21M	376	77
26S1T21T	376	77
27S1T22M	376	79
28S1T22T	376	79
29S1T23M	348	119
30S1T23T	348	119
31S1T24-	376	79
32S1T25-	348	119
33S2-11M	376	66
34S2-11T	376	66
35S2-12M	376	69
36S2-12T	376	69
37S2-13M	348	108
38S2-13T	348	108
39S2-21M	376	77
40S2-21T	376	77
41S2-22M	376	79
42S2-22T	376	79
43S2-23M	348	119
44S2-23T	348	119
45S2T11M	376	66
46S2T11T	376	66
47S2T12M	376	69
48S2T12T	376	69
49S2T13M	348	108
50S2T13T	348	108
51S2T21M	376	77
52S2T21T	376	77
53S2T22M	376	79
54S2T22T	376	79
55S2T23M	348	119
56S2T23T	348	119
57SED1-	182	140
58SED2-	182	149



Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	33 di 53

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

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

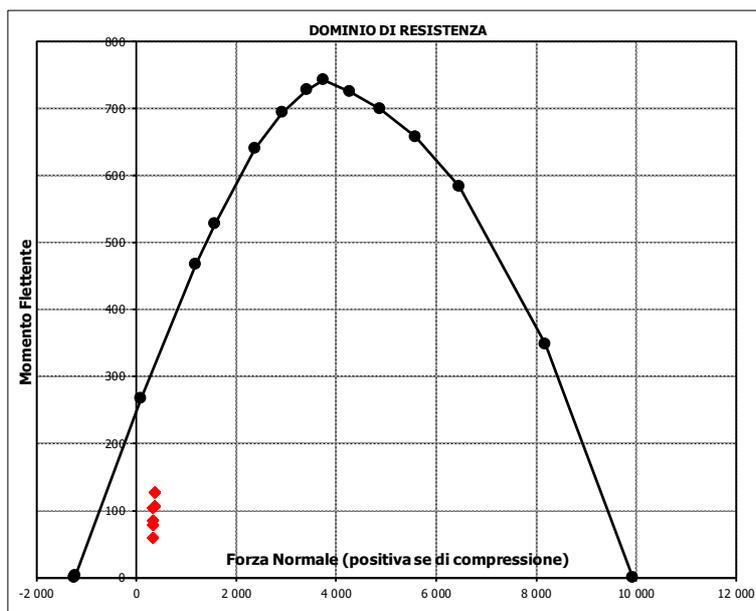
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 50$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copri ferro	$d' = 8$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 42$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Nmax)	Fr_2St_13%	362 107
(Nmin)	Fr_2St_57%	300 169
(Mmax)	Fr_2St_57%	0 169
(Mmin)	Fr_2St_09%	334 60

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	334	79
02S1-11T	334	79
03S1-12M	334	104
04S1-12T	334	104
05S1-13M	362	127
06S1-13T	362	127
07S1-14-	334	104
08S1-15-	362	127
09S1-21M	334	60
10S1-21T	334	60
11S1-22M	334	85
12S1-22T	334	85
13S1-23M	362	107
14S1-23T	362	107
15S1-24-	334	85
16S1-25-	362	107
17S1T11M	334	79
18S1T11T	334	79
19S1T12M	334	104
20S1T12T	334	104
21S1T13M	362	127
22S1T13T	362	127
23S1T14-	334	104
24S1T15-	362	127
25S1T21M	334	60
26S1T21T	334	60
27S1T22M	334	85
28S1T22T	334	85
29S1T23M	362	107
30S1T23T	362	107
31S1T24-	334	85
32S1T25-	362	107
33S2-11M	334	79
34S2-11T	334	79
35S2-12M	334	104
36S2-12T	334	104
37S2-13M	362	127
38S2-13T	362	127
39S2-21M	334	60
40S2-21T	334	60
41S2-22M	334	85
42S2-22T	334	85
43S2-23M	362	107
44S2-23T	362	107
45S2T11M	334	79
46S2T11T	334	79
47S2T12M	334	104
48S2T12T	334	104
49S2T13M	362	127
50S2T13T	362	127
51S2T21M	334	60
52S2T21T	334	60
53S2T22M	334	85
54S2T22T	334	85
55S2T23M	362	107
56S2T23T	362	107
57SED1-	300	169
58SED2-	300	153



- 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>262</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		10
$\alpha_{cc}$	0.85	Numero barre			5
$f_{cd}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>	$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>		3.93
<b>Acciaio</b>		Passo s	cm		40
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>	Angolo $\alpha$	°		90
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura longitudinale</b>			
$\gamma_s$	1.15	$n_1$			5
$f_{yd}$	391 N/mm <sup>2</sup>	$\varnothing_1$	mm		20
		$n_2$			-
		$\varnothing_2$	mm		-
		Asl	cm <sup>2</sup>		15.71
		<b>Sezione</b>			
		$b_w$	cm		100
		H	cm		50
		c	cm		8
		d	cm		42
		k	N/mm <sup>2</sup>		1.69
		$V_{min}$	N/mm <sup>2</sup>		0.43
		$\rho$			0.0037
		$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>		0.00
		$\alpha_c$			1.00
		<b>Resistenza senza armatura a taglio</b>			
		$V_{Rd}$	kN		<b>192</b>
		<b>Resistenza con armatura a taglio</b>			
		Inclinazione puntone $\theta$	°		<b>21.8</b>
		$V_{RSd}$	kN		363
		$V_{RCd}$	kN		1134
		$V_{Rd}$	kN		<b>363</b>

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	35 di 53

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spice)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>58.97</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>224</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	$\sigma_{amm}$	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	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>50</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{s1} = \mathbf{8.0}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{i2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{i1} = \mathbf{8.0}$ cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>2.3</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>34.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	26.3	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	1.3	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	21.0	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	5440	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1177854.708	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	454357.9901	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	130	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	36 di 53

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>60.65</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>225</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	$\sigma_{amm}$	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	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>50</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{s1} = \mathbf{8.0}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{i2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{i1} = \mathbf{8.0}$ cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>2.4</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>36.8</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	26.9	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	1.9	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	20.7	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	5440	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1177854.708	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	442097.3478	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	130	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------



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

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	37 di 53

### 9.5.2 Verifica soletta superiore

**Sezione: 80 x 100 cm**

#### Armatura a flessione:

- Appoggio (Solsup-App)

Armatura tesa

φ 20/20 cm

Armatura compressa

φ 20/20 cm

- Campata (Solsup-Camp)

Armatura tesa

φ 20/20 cm

Armatura compressa

φ 20/20 cm

#### Armatura a taglio:

Non necessaria ai fini del calcolo, si dispongono comunque Spille φ 10/40x40 cm.

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	38 di 53

• 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
$R_{ck}$	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

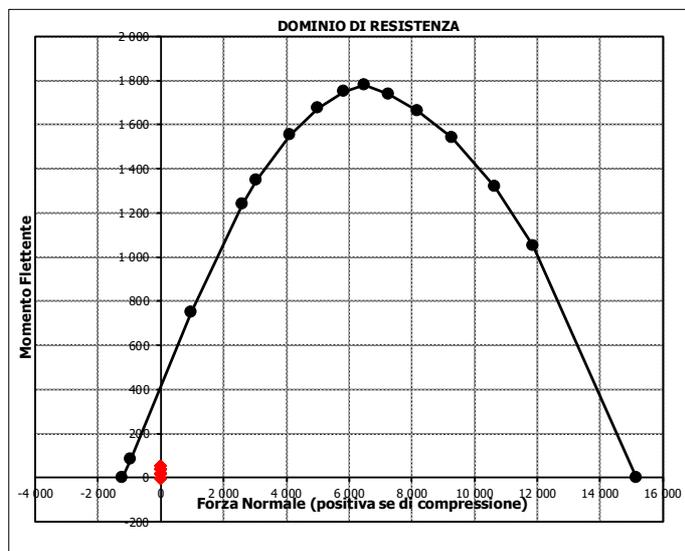
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 80$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 72$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_1St_58S	6	91
(Nmin)	Fr_1St_01S	0	15
(Mmax)	Fr_1St_57S	0	107
(Mmin)	Fr_1St_09S	0	-4

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	15
02S1-11T	0	15
03S1-12M	0	40
04S1-12T	0	40
05S1-13M	0	56
06S1-13T	0	56
07S1-14-	0	40
08S1-15-	0	56
09S1-21M	0	-4
10S1-21T	0	-4
11S1-22M	0	21
12S1-22T	0	21
13S1-23M	0	36
14S1-23T	0	36
15S1-24-	0	21
16S1-25-	0	36
17S1T11M	0	15
18S1T11T	0	15
19S1T12M	0	40
20S1T12T	0	40
21S1T13M	0	56
22S1T13T	0	56
23S1T14-	0	40
24S1T15-	0	56
25S1T21M	0	-4
26S1T21T	0	-4
27S1T22M	0	21
28S1T22T	0	21
29S1T23M	0	36
30S1T23T	0	36
31S1T24-	0	21
32S1T25-	0	36
33S2-11M	0	15
34S2-11T	0	15
35S2-12M	0	40
36S2-12T	0	40
37S2-13M	0	56
38S2-13T	0	56
39S2-21M	0	-4
40S2-21T	0	-4
41S2-22M	0	21
42S2-22T	0	21
43S2-23M	0	36
44S2-23T	0	36
45S2T11M	0	15
46S2T11T	0	15
47S2T12M	0	40
48S2T12T	0	40
49S2T13M	0	56
50S2T13T	0	56
51S2T21M	0	-4
52S2T21T	0	-4
53S2T22M	1	21
54S2T22T	2	21
55S2T23M	3	36
56S2T23T	4	36
57SED1-	5	107
58SED2-	6	91



Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	39 di 53

• 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
$R_{ck}$	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

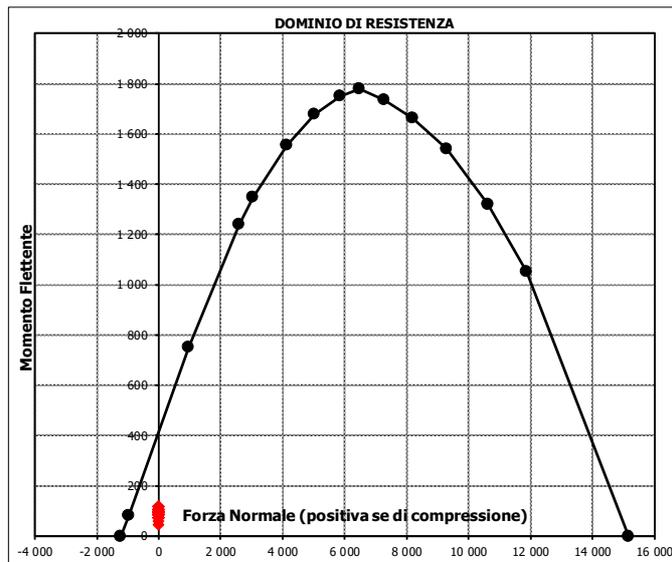
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 80$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.0$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 72$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	cm <sup>2</sup>
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	cm <sup>2</sup>
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_1St_01S	0	99
(Nmin)	Fr_1St_01S	0	99
(Mmax)	Fr_1St_09S	0	119
(Mmin)	Fr_1St_57S	0	45

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
01S1-11M	0	99	
02S1-11T	0	99	
03S1-12M	0	74	
04S1-12T	0	74	
05S1-13M	0	86	
06S1-13T	0	86	
07S1-14-	0	74	
08S1-15-	0	86	
09S1-21M	0	119	
10S1-21T	0	119	
11S1-22M	0	93	
12S1-22T	0	93	
13S1-23M	0	106	
14S1-23T	0	106	
15S1-24-	0	93	
16S1-25-	0	106	
17S1T11M	0	99	
18S1T11T	0	99	
19S1T12M	0	74	
20S1T12T	0	74	
21S1T13M	0	86	
22S1T13T	0	86	
23S1T14-	0	74	
24S1T15-	0	86	
25S1T21M	0	119	
26S1T21T	0	119	
27S1T22M	0	93	
28S1T22T	0	93	
29S1T23M	0	106	
30S1T23T	0	106	
31S1T24-	0	93	
32S1T25-	0	106	
33S2-11M	0	99	
34S2-11T	0	99	
35S2-12M	0	74	
36S2-12T	0	74	
37S2-13M	0	86	
38S2-13T	0	86	
39S2-21M	0	119	
40S2-21T	0	119	
41S2-22M	0	93	
42S2-22T	0	93	
43S2-23M	0	106	
44S2-23T	0	106	
45S2T11M	0	99	
46S2T11T	0	99	
47S2T12M	0	74	
48S2T12T	0	74	
49S2T13M	0	86	
50S2T13T	0	86	
51S2T21M	0	119	
52S2T21T	0	119	
53S2T22M	0	93	
54S2T22T	0	93	
55S2T23M	0	106	
56S2T23T	0	106	
57SED1-	0	45	
58SED2-	0	61	



- 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		10
$\alpha_{cc}$	0.85		Numero barre			2.5
$f_{cd}$	17.4	N/mm <sup>2</sup>	$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>		1.96
<b>Acciaio</b>			Passo s	cm		40
$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>	Angolo $\alpha$	°		90
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura longitudinale</b>			
$\gamma_s$	1.15		$n_1$			5
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>	$\varnothing_1$	mm		20
			$n_2$			-
			$\varnothing_2$	mm		-
			Asl	cm <sup>2</sup>		15.71
			<b>Sezione</b>			
			$b_w$	cm		100
			H	cm		80
			c	cm		8
			d	cm		72
			k	N/mm <sup>2</sup>		1.53
			$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>		0.37
			$\rho$			0.0022
			$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>		0.00
			$\alpha_c$			1.00
			<b>Resistenza senza armatura a taglio</b>			
			$V_{Rd}$	kN		<b>264</b>
			<b>Resistenza con armatura a taglio</b>			
			Inclinazione puntone $\theta$	°		<b>21.8</b>
			$V_{RSd}$	kN		311
			$V_{RCd}$	kN		1944
			$V_{Rd}$	kN		<b>311</b>

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	41 di 53

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>17.45</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	$\sigma_{amm}$	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	$E_s$	205000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>80</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{s1} = \mathbf{8.0}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{t1} = \mathbf{8.0}$ cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>0.3</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>16.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	$\infty$	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	$\infty$	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	15.3	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	8440	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	4749215.298	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	889430.5651	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	279	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	42 di 53

- Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>59.72</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	$\sigma_{amm}$	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	$E_s$	205000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>80</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{s1} = \mathbf{8.0}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{i2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{i1} = \mathbf{8.0}$ cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>1.0</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>57.1</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	$\infty$	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	$\infty$	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	15.3	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	8440	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	4749215.298	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	889430.5651	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	279	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

### 9.5.3 *Verifica soletta inferiore*

**Sezione: 50 x 100 cm**

Armatura a flessione:

- Appoggio (Solinf-App)

Armatura tesa

φ 20/20 cm

Armatura compressa

φ 20/20 cm

- Campata (Solinf-Camp)

Armatura tesa

φ 20/20 cm

Armatura compressa

φ 20/20 cm

Armatura a taglio:

Si dispongono Spille φ 10/20x40 cm.

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	44 di 53

• 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. di sicurezza	$\gamma_c = 1.5$
Resistenza caratteristica	$f_{ctk} = 20.5$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{ctd} = 17.4$ N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec	10	mm

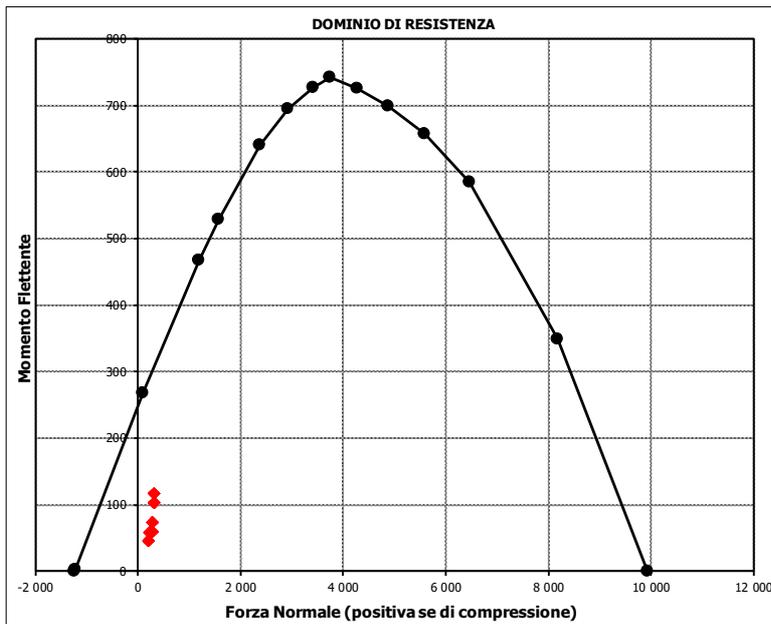
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 50$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 42$ cm

Armatura tesa		
N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
<b>15.71 cm<sup>2</sup></b>		

Armatura compressa		
N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
<b>15.71 cm<sup>2</sup></b>		

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax) Fr_12St_5t	333	168	
(Nmin) Fr_12St_0t	210	45	
(Mmax) Fr_12St_5t	0	168	
(Mmin) Fr_12St_0t	210	45	

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	210	45
02S1-11T	210	45
03S1-12M	276	60
04S1-12T	276	60
05S1-13M	309	103
06S1-13T	309	103
07S1-14-	276	60
08S1-15-	309	103
09S1-21M	222	59
10S1-21T	222	59
11S1-22M	288	73
12S1-22T	288	73
13S1-23M	321	116
14S1-23T	321	116
15S1-24-	288	73
16S1-25-	321	116
17S1T11M	210	45
18S1T11T	210	45
19S1T12M	276	60
20S1T12T	276	60
21S1T13M	309	103
22S1T13T	309	103
23S1T14-	276	60
24S1T15-	309	103
25S1T21M	222	59
26S1T21T	222	59
27S1T22M	288	73
28S1T22T	288	73
29S1T23M	321	116
30S1T23T	321	116
31S1T24-	288	73
32S1T25-	321	116
33S2-11M	210	45
34S2-11T	210	45
35S2-12M	276	60
36S2-12T	276	60
37S2-13M	309	103
38S2-13T	309	103
39S2-21M	222	59
40S2-21T	222	59
41S2-22M	288	73
42S2-22T	288	73
43S2-23M	321	116
44S2-23T	321	116
45S2T11M	210	45
46S2T11T	210	45
47S2T12M	276	60
48S2T12T	276	60
49S2T13M	309	103
50S2T13T	309	103
51S2T21M	222	59
52S2T21T	222	59
53S2T22M	288	73
54S2T22T	288	73
55S2T23M	321	116
56S2T23T	321	116
57SED1-	323	156
58SED2-	333	168



Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLR00203001	A	45 di 53

• 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
$R_{ck}$	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

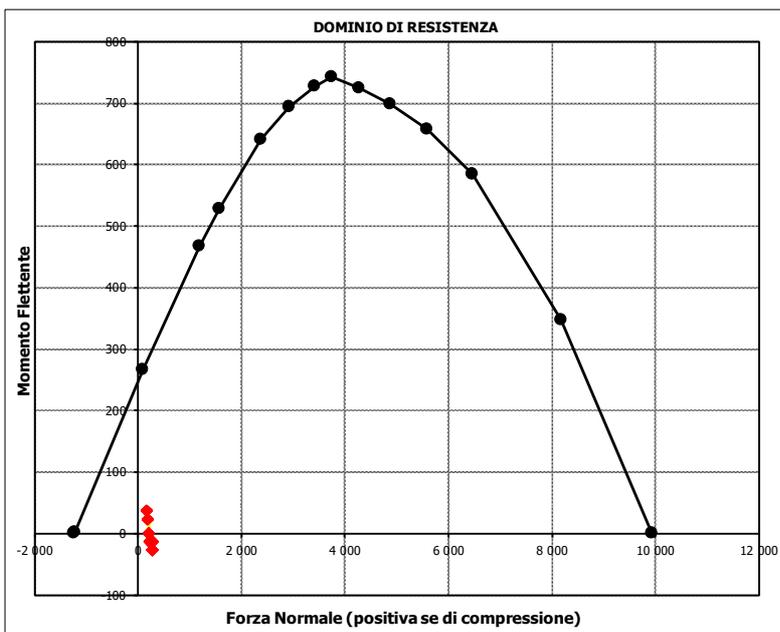
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 50$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 42$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>15.71 cm<sup>2</sup></b>			

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
<b>15.71 cm<sup>2</sup></b>			

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax) Fr_5St_11S	288	-27	
(Nmin) Fr_5St_57S	64	86	
(Mmax) Fr_5St_57S	0	86	
(Mmin) Fr_5St_11S	288	-27	

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	210	1
02S1-11T	210	1
03S1-12M	276	-13
04S1-12T	276	-13
05S1-13M	176	37
06S1-13T	176	37
07S1-14-	276	-13
08S1-15-	176	37
09S1-21M	222	-13
10S1-21T	222	-13
11S1-22M	288	-27
12S1-22T	288	-27
13S1-23M	188	23
14S1-23T	188	23
15S1-24-	288	-27
16S1-25-	188	23
17S1T11M	210	1
18S1T11T	210	1
19S1T12M	276	-13
20S1T12T	276	-13
21S1T13M	176	37
22S1T13T	176	37
23S1T14-	276	-13
24S1T15-	176	37
25S1T21M	222	-13
26S1T21T	222	-13
27S1T22M	288	-27
28S1T22T	288	-27
29S1T23M	188	23
30S1T23T	188	23
31S1T24-	288	-27
32S1T25-	188	23
33S2-11M	210	1
34S2-11T	210	1
35S2-12M	276	-13
36S2-12T	276	-13
37S2-13M	176	37
38S2-13T	176	37
39S2-21M	222	-13
40S2-21T	222	-13
41S2-22M	288	-27
42S2-22T	288	-27
43S2-23M	188	23
44S2-23T	188	23
45S2T11M	210	1
46S2T11T	210	1
47S2T12M	276	-13
48S2T12T	276	-13
49S2T13M	176	37
50S2T13T	176	37
51S2T21M	222	-13
52S2T21T	222	-13
53S2T22M	288	-27
54S2T22T	288	-27
55S2T23M	188	23
56S2T23T	188	23
57SED1-	64	86
58SED2-	73	75





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

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	46 di 53

- 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.

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	47 di 53

- Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>55.37</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>213</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	$\sigma_{amm}$	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	$\sigma_{amm}$	<b>337.5</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>50</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{s1} = \mathbf{8.0}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{i2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{i1} = \mathbf{8.0}$ cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>2.2</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>31.9</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	26.0	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	1.0	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	21.2	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	5440	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1177854.708	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	462266.9484	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	129	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

Trincea di approccio alla galleria  
*Relazione di calcolo Tombino IN49*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	48 di 53

- Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>16.75</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>213</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>50</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{s1} = \mathbf{8.0}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>20</b>	$C_{t1} = \mathbf{8.0}$ cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>0.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{Camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	-	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	$e$ (M)	7.9	cm	< H/6 Sez. interamente reagente
	$u$ (M)	-17.1	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	52.2	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	5440	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1177854.708	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	5220381.095	cm <sup>4</sup>	

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	129	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

## 10 INCIDENZA SCATOLARE

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

Piedritti	<b>110 kg/mc</b>
Soletta superiore	<b>80 kg/mc</b>
Soletta inferiore	<b>110 kg/mc</b>

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

Pertanto nel calcolo è stata considerata un' armatura longitudinale diffusa  $\phi 12/20$  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>												
Trincea di approccio alla galleria <i>Relazione di calcolo Tombino IN49</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>CLTR00203001</td> <td>A</td> <td>50 di 53</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	50 di 53
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Z	00	D 26	CLTR00203001	A	50 di 53								

## 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 un modello a trave appoggiata. Come carico di confronto è stato utilizzato il carico permanente non strutturale  $G_2=133$  kN/m.

<b>Calcolo analitico</b>			
Carico uniformemente distribuito	$G_2$	133	kN/m
Luce di calcolo	L	2.5	m
Momento in campata	$M_{l/2}$	103.91	kNm/m
<b>SAP2000</b>			
Momento in campata	$M_{l/2}$	99.37	kNm/m
Errore	e	<b>4.4%</b>	

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.