

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

SINGOLE OPERE DI LINEA

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368

Relazione di calcolo tombino Ø1500

SCALA:

-

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

RS3Z 00 D 26 CL IN50A0 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C. INTEGRA	Gennaio 2020	M.SALLEOLINI	Gennaio 2020	A. BARRECA	Gennaio 2020	F. GREGORI Maggiore 2020 ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD Det. Ing. Francesco Gregori Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 25372/Str.	
B	1° AGG. A CONSEGNA CSLLPP	C. INTEGRA	Maggio 2020	M.SALLEOLINI	Maggio 2020	A. BARRECA	Maggio 2020		

File: RS3Z00D26CLIN50A0001B

n. Elab.:

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE	5
3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	7
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	10
5.1 Profondità della falda.....	10
6. ANALISI DEI CARICHI	11
6.1 Pesì propri.....	11
6.2 Permanenti non strutturali.....	11
6.3 Carichi mobili (traffico ferroviario).....	12
6.4 Azione di avviamento / frenatura	15
6.5 Azione di serpeggio	15
6.6 Azione del sisma.....	15
6.7 Ritiro del calcestruzzo	18
6.8 Variazione termica.....	18
6.9 Spinta statica del terreno.....	18
6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	19
6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche	19
7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	20
8. VERIFICHE STRUTTURALI	22
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....	22
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	22
8.3 Verifica agli stati limite d’esercizio.....	24
9. ANALISI STRUTTURALE	25
9.1 Modellazione strutturale : Scatolare	25

9.2	Analisi dei carichi	28
9.3	Combinazioni.....	31
9.4	Sollecitazioni	34
9.5	Verifiche strutturali.....	38
9.5.1	Verifica piedritti	38
9.5.2	Verifica soletta superiore.....	44
9.5.3	Verifica soletta inferiore.....	50
10.	INCIDENZA SCATOLARE	56
11.	DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2)	57
11.1	Tipo di analisi svolte.....	57
11.2	Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo.....	57
11.3	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	57



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

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	3 di 59

1. PREMESSA

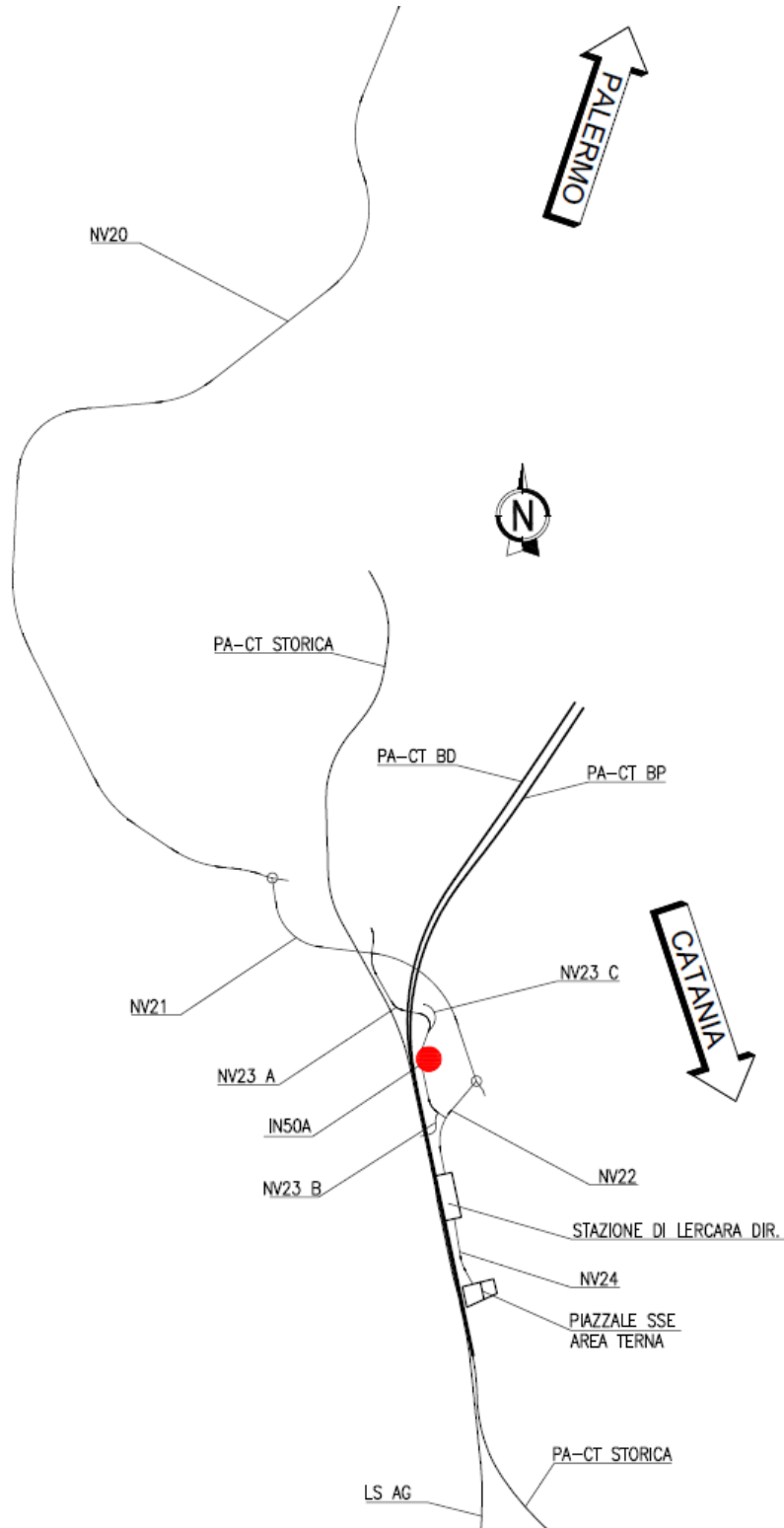
Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del collegamento Palermo-Catania, raddoppio tratta Fiumetorto-Lercara Diramazione, appartenente alla Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo.

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale del tombino circolare IN50A al km 28+368 avente diametro interno pari a Ø1500..

Segue l'ubicazione dell'opera.

IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	4 di 59



2. DESCRIZIONE

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

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	2.40	m
Altezza totale	Htot	2.40	m
Spessore min./max. soletta superiore	ss	0.30/0.76	m
Spessore min./max. piedritti	sp	0.30/0.76	m
Spessore min./max. soletta inferiore	sf	0.30/0.76	m
Diametro interno	Dint	1.5	m

Si riporta, di seguito, la sezione trasversale della struttura.

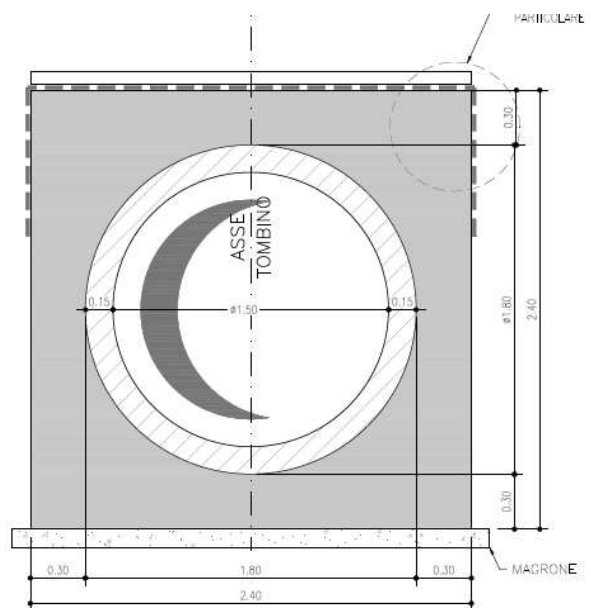


Figura 2.1– Sezione trasversale tombino idraulico

Il tombino presenta un ricoprimento di circa 5.16 m in asse binario di progetto.

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




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

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	6 di 59

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.85	m
Ricoprimento	Hsc	5.11	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.05	m

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

	PROGETTO DEFINITIVO DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2												
IN50A – Nuovo tombino al km 28+368 <i>Relazione di calcolo tombino Ø1500</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>CLIN50A0001</td> <td>B</td> <td>7 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	7 di 59
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	7 di 59								

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;

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	8 di 59

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

MAGRONE - C12/15

Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza cubica a compressione	R_{ck}		N/mm ²	15
Contenuto minimo cemento			kg/m ³	150

CALCESTRUZZO CLASSE 30/37

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

Acciaio ad aderenza migliorata B450C

Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza caratteristica di rottura	$f_{t nom}$		N/mm ²	540
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{y nom}$		N/mm ²	450
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio	γ_s		-	1.15
Resistenza di calcolo	f_{yd}	f_{yk} / γ_s	N/mm ²	391.3
Modulo elastico	E_s		N/mm ²	206000
Tensioni di progetto del cls allo S.L.E.				
Tensione massima di esercizio per l'acciaio	σ_s	$0.75 * f_{yk}$	N/mm ²	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 δ_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	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ [°]			Cu [kPa]			c' [kPa]	Vs [m/s]			Vs,eq [m/s]	Categoria di sottosuolo	G ₀ [MPa]			E _i /E _u [MPa]		E _i [MPa]
					max	min	di prog.	max	min	di prog.	di prog.	max	min	di prog.			max	min	di prog.	di prog.	di prog.	
2	2SNV02 2SNV03	da 0 a 6m	C sup	21	35	24	30	350	7	80	27	489	129	324	460	B	488	34	70	64	61	
		da 6 a 12m	C sup	21	35	24	30	350	7	150	27	489	129	324	460	B	488	34	100	120	87	
		da 12 a 18m	C sup	21	35	24	30	350	7	280	27	489	129	324	460	B	488	34	180	224	156	
		da 18 a 24m	Sa,2	21	35	21	31	0	0	0	0	385	226	338	460	B	302	104	200	173	173	
		da 24 in poi	C inf	22	35	24	25	350	7	280	30	489	129	324	460	B	488	34	220	224	191	

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 ³
Rilevato:	γ_{ril}	= 20.00 kN/m ³
Ballast + armamento:	$\gamma_{ballast}$	= 18.00 kN/m ³

6.2 Permanenti non strutturali

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

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

dove:

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

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

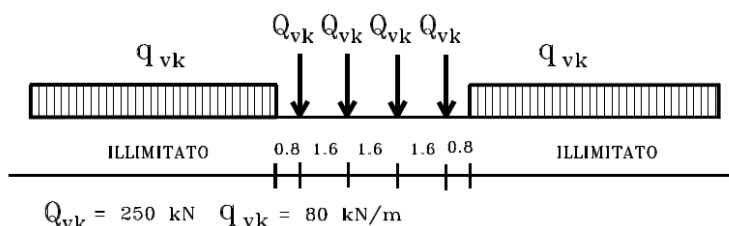
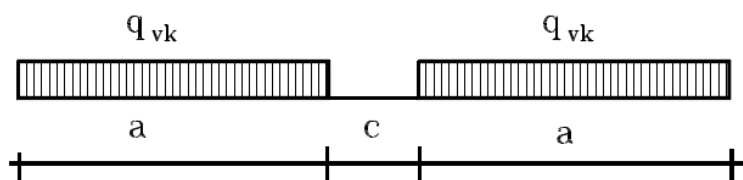


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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 Φ :

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

Per linee a ridotto standard manutentivo Φ sarà:

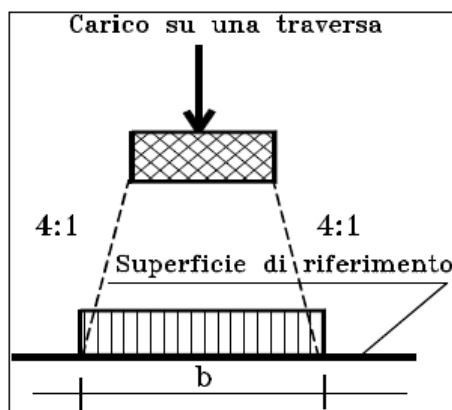
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

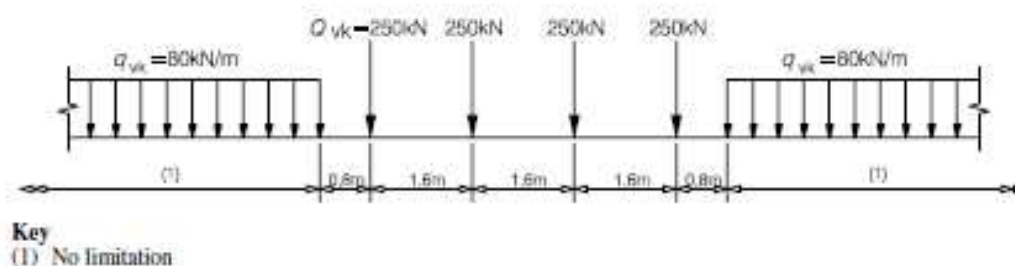
L_Φ rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

Determinazione delle larghezze di diffusione dei carichi mobili:

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



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



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

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



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

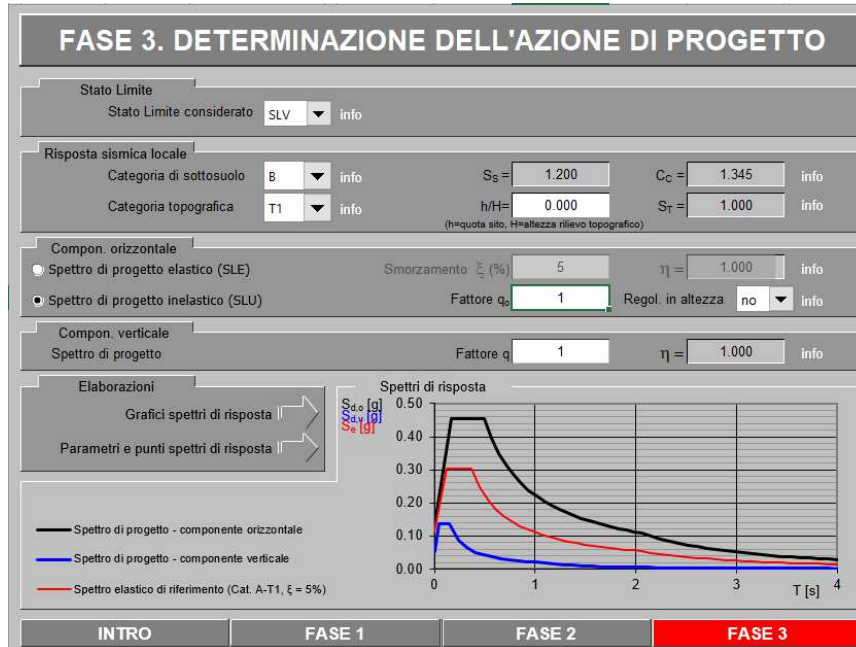
LEGENDA GRAFICO

- - - - - 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	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
η	1.250
T_p	0.164 s
T_c	0.492 s
T_0	2.056 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_1 \cdot S_2$ (NTC-09 Eq. 3.2.5)
 $\eta = \sqrt{10 \cdot (\xi + 5)} \geq 0.55; \eta = 1/q$ (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)

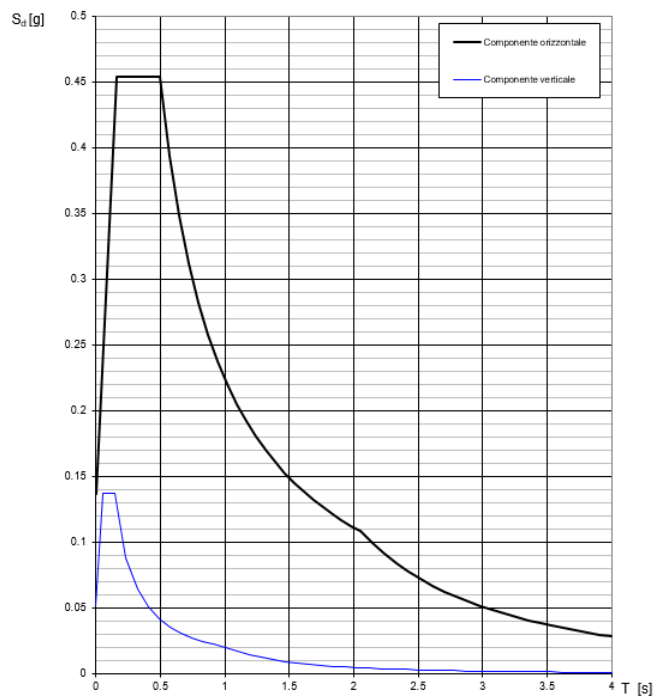
$0 \leq T < T_{01} \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \left[\frac{T}{T_{01}} + \frac{1}{\eta \cdot E_s} \left(1 - \frac{T}{T_{01}} \right) \right]$
 $T_{01} \leq T < T_c \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E_s$
 $T_c \leq T < T_{02} \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \left(\frac{T_c}{T} \right)$
 $T_{02} \leq T \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \left(\frac{T_c}{T} \right)$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per lo Stato Limite Ultimo è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ moltiplicandoli con η , 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	0.203
0.865	0.258
0.939	0.223
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	0.148
1.609	0.129
1.684	0.122
1.758	0.127
1.832	0.126
1.907	0.117
1.982	0.110
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.

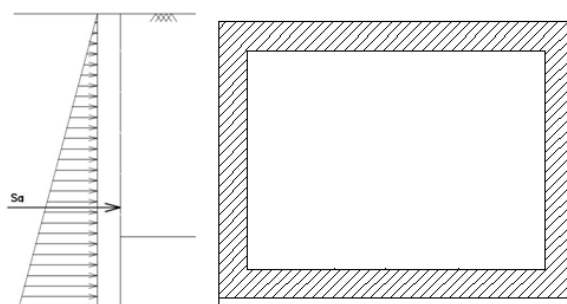


Figura 6.3 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo $k_0 = 1 - \sin\phi'$, dove ϕ' 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.

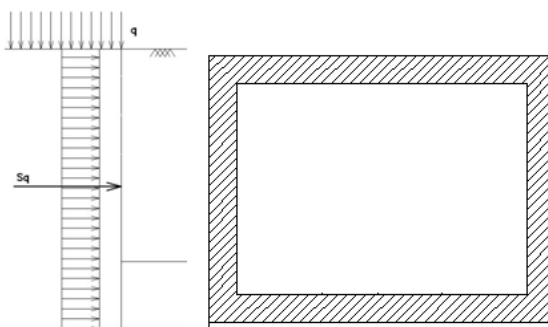


Figura 6.4- Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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 $H/2$.

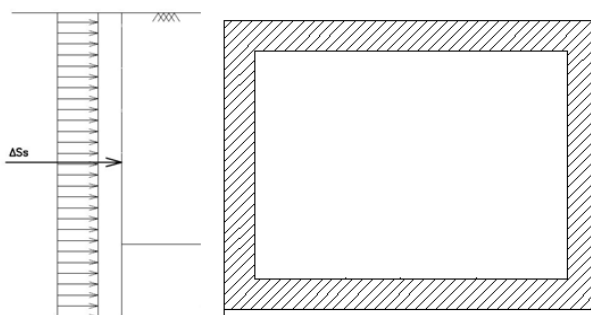


Figura 6.5- Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

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

Tab. 1 – Valutazione dei carichi da traffico

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

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

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

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

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

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

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

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:

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

- 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”:

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

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	23 di 59

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;

α 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.

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 \varnothing 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" ($\text{spessore corrente} = \text{spessore piedritto} / \cos\varnothing$). 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 geometria e la disposizione degli elementi utilizzati sono indicate nella seguente figura.

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	27 di 59

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	$(0.30/2 + 1.80 + 0.30/2) / 10 =$	0.21 m
Molle centrali	K1	$2500 \cdot 0.21 =$	525 kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 2500 \cdot 0.21 =$	788 kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 2500 \cdot (0.21/2 + 0.30/2) =$	1 275 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

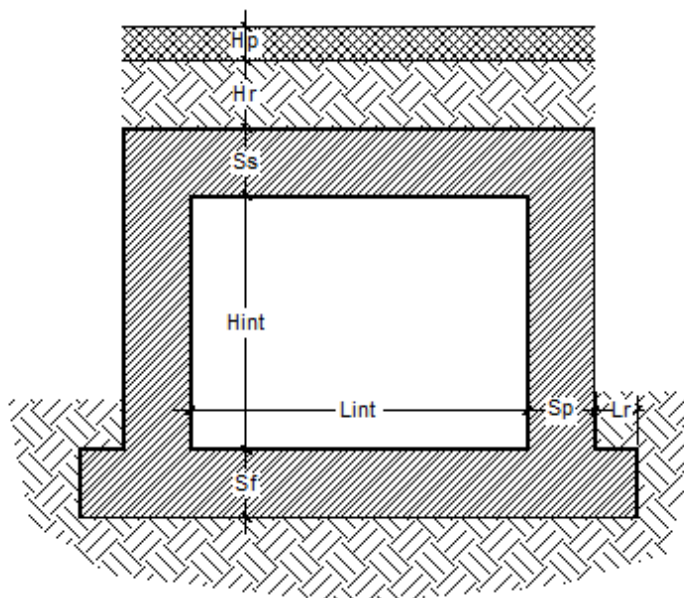
Calcestruzzo armato - Peso specifico	γ		25	kN/m ³
Calcestruzzo armato - Tipo			C30/37	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R_{ck}		37	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f_{ck}	$0.83 \cdot 37 =$	30.7	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E		33000	N/mm ²
Ballast - Peso specifico	γ_b		18	kN/m ³
Terreno del rilevato - Peso specifico	γ		20	kN/m ³
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ		35	°
Terreno di fondazione	K_w		2500	kN/m ³
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			aggressive	

Ricoprimento

Spessore ballast+armamento	H_b	0.85	m
Spessore medio traversina+binario	H_t	0.40	m
Spessore ballast sotto la traversina		0.45	m
Spessore del rinterro	H_r	5.16	m

Geometria

Spessore soletta superiore	S_s	0.30	m
Spessore soletta di fondazione	S_f	0.30	m
Spessore piedritti	S_p	0.30	m
Altezza netta	H_{int}	1.80	m
Larghezza netta	L_{int}	1.80	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L_r	0.00	m



Tab. 4: Geometria del modello

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	29 di 59

Azioni elementari applicate

Carichi permanenti (Condizione *PERM*)

Soletta superiore					
Peso ballast	Ps	$0.85 \cdot 18 =$		15.30	kN/m ²
Peso del rinterro	Pr	$5.16 \cdot 20 =$		103.20	kN/m ²
Totale				118.50	kN/m²

Risvolti soletta inferiore

Peso ballast	Ps	-		0.00	kN/m ²
Peso del rinterro	Pr	-		0.00	kN/m ²
Totale				0.00	kN/m²

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

Coefficiente dinamico					
Lunghezza caratteristica per coeff. din.	L_{ϕ}	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (1.95 + 2.10 + 1.95)$		2.60	m
Coefficiente dinamico	Φ_3	$= 1.35$ se $L_{int} \leq 8$ m e $H_{int} \leq 5$ m		1.00	
Qvk					
Coefficiente di adattamento	α			1.10	
Larghezza traversa	Lt			2.40	m
Impronta di carico y	Ld1	$2.40 + 2 \times (0.45/4 + 5.16 \times \text{TAN}(35^\circ) + 0.30/2) =$		10.15	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)		$1.1 \cdot 1.00 \cdot 1000 / (10.15 \cdot 6.40) =$		16.93	kN/m²
qvk					
Carico qvk				80	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.00 \cdot 80 / 10.15 =$		8.67	kN/m²

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

Coefficiente di adattamento	α			1.00	
Carico qvk				150	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1 \cdot 1.00 \cdot 150 / 10.15 =$		14.78	kN/m²

Per il calcolo della lunghezza caratteristica si fa riferimento a:

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

IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	30 di 59

Avviamento e frenatura (Condizione AVV)

Q1ak (= 33 / Ld1) 33 / 10.15 = **3.25 kN/m²**

Azione termica (Condizione TERM)

Variazione termica uniforme	ΔT_U		0 °
Variazione termica a farfalla	ΔT_F		0 °
Variazione termica uniforme di calcolo	ΔT_{U*}	0 / 2 =	0.00 °
Variazione termica a farfalla di calcolo	ΔT_{F*}	0 / 2 =	0.00 °

Ritiro (Condizione RITIRO)

Ritiro applicato alla sol. Superiore ΔT_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	$0.426 \cdot 118.50 =$	50.53	kN/m ²
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.426 \cdot (118.50 + 20 \cdot 0.30/2) =$	51.81	kN/m²
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [118.50 + 20 \cdot (0.30+1.80+0.30)/2] =$	69.72	kN/m²
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [118.50 + 20 \cdot (0.30+1.80+0.30)] =$	71.00	kN/m ²
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(50.53+51.81)/2 \cdot 0.30/2$	7.68	kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(69.72+71.00)/2 \cdot 0.30/2$	10.55	kN/m

Spinta del carico accidentale LM71 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)

Spinta dovuta al q1 p $0.426 \cdot 1.1 \cdot 1000 / (10.15 \cdot 6.40) =$ **7.22 kN/m²**

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

Spinta dovuta al q1 p $0.426 \cdot 1 \cdot 150 / (10.15 \cdot 6.40) =$ **0.98 kN/m²**

Sisma orizzontale (Condizione SISMAH)

Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV	
Vita nominale	V_N		75	anni
Classe d'uso			III	
Coefficiente C _U	C _U		1.5	
Periodo di riferimento	V _R		112.5	anni
Accelerazione orizzontale	a _g /g		0.114	
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 · S _t	1.200	
accelerazione orizzontale max	a _{max} /g	=a _g /g · S	0.137	
Fattore di struttura	q		1.00	
Coeff. sismico orizzontale	k _h	=a _{max} /g	0.137	
Coeff. sismico verticale	k _v	= ±0.5 · k _h	0.068	

Carico accidentale totale gravante sulla cop. $1.1 \cdot 1000 / (10.15 \cdot 6.40) \cdot 2.40 + 1.1 \cdot 80 / 10.15 \cdot 2.40 =$ 61.4 kN/m

Forza orizz. sulla sol. di cop. FHs $0.137 \cdot (0.30 \cdot 25 + 118.50 + 0.2 \cdot 61.4 / 2.10) / 1.00 =$ **18.04 kN/m²**

Forza orizz. sui piedritti FHp $0.137 \cdot (0.30 \cdot 25) / 1.00 =$ **1.03 kN/m²**

Sisma verticale (Condizione SISMAV)

Forza vert. sulla sol. di cop. FVs $0.068 \cdot (0.30 \cdot 25 + 118.50 + 0.2 \cdot 61.4 / 2.10) / 1.00 =$ **9.02 kN/m²**

Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSPDX)

Risultante della spinta sismica	ΔS_E	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.137 \cdot 20 \cdot 8.41^2$	193.5	kN/m
Pressione risultante	Δp_E	$= \Delta S_E / H = 193.5 / 2.10$	92.15	kN/m²

IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	31 di 59

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

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3Z 00 D 26 CLIN50A0001 B 32 di 59

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

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	33 di 59

- 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.

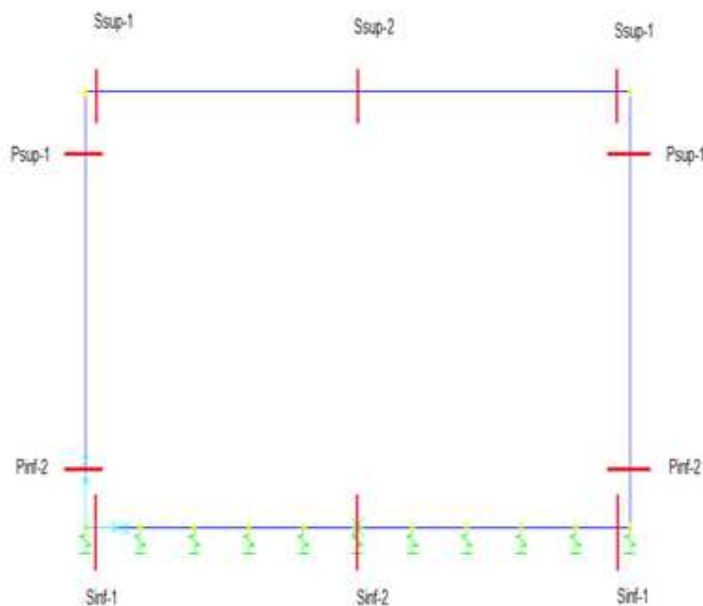


Figura 9.2 - Sezioni di verifica

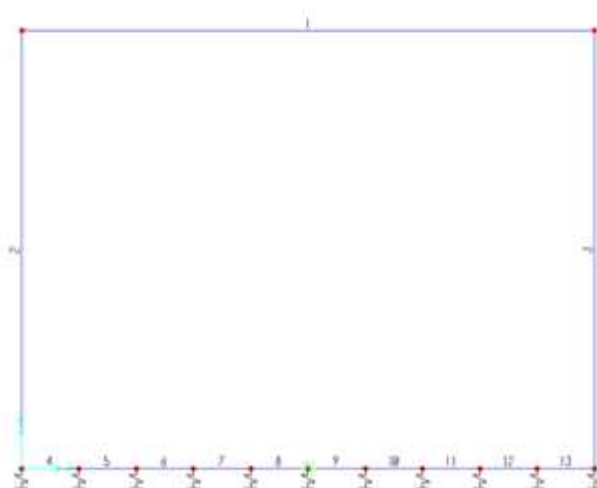


Figura 9.3 - Nomenclatura frame

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	35 di 59

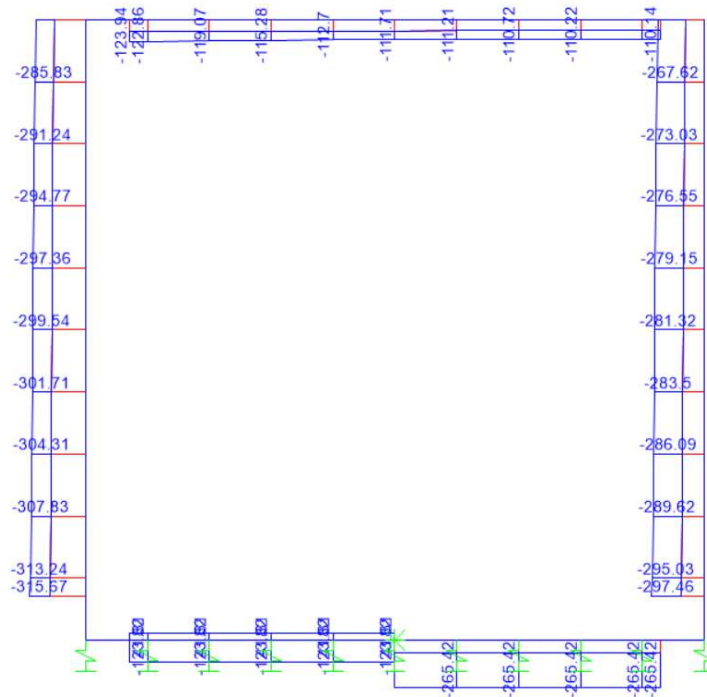


Figura 9.4 - Sforzo Normale – Inviluppo SLU

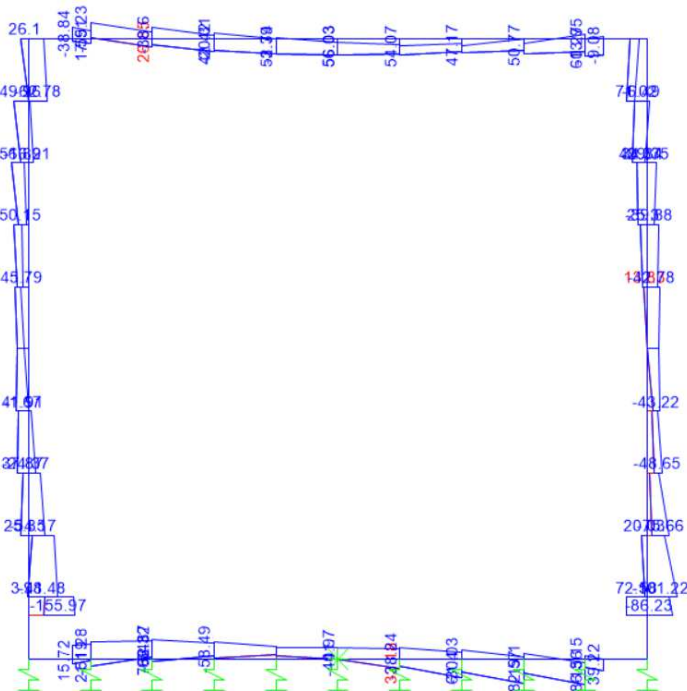


Figura 9.5 - Momento flettente – Inviluppo SLU

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	36 di 59

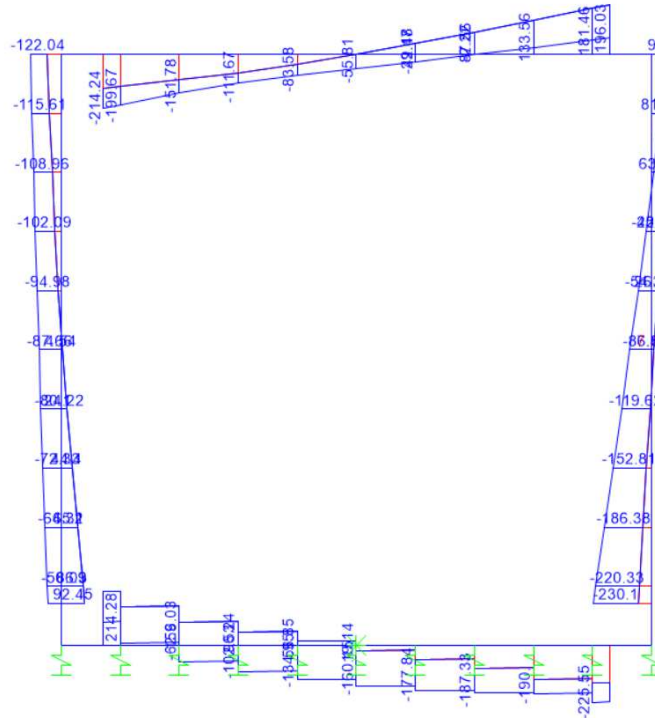


Figura 9.6 - Taglio – Involuppo SLU

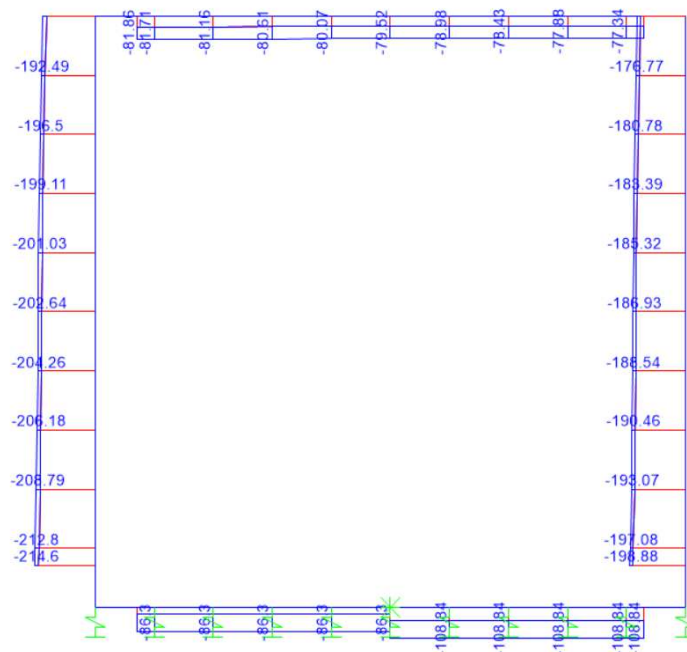


Figura 9.7 - Sforzo Normale – Involuppo SLE-Rara

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	37 di 59

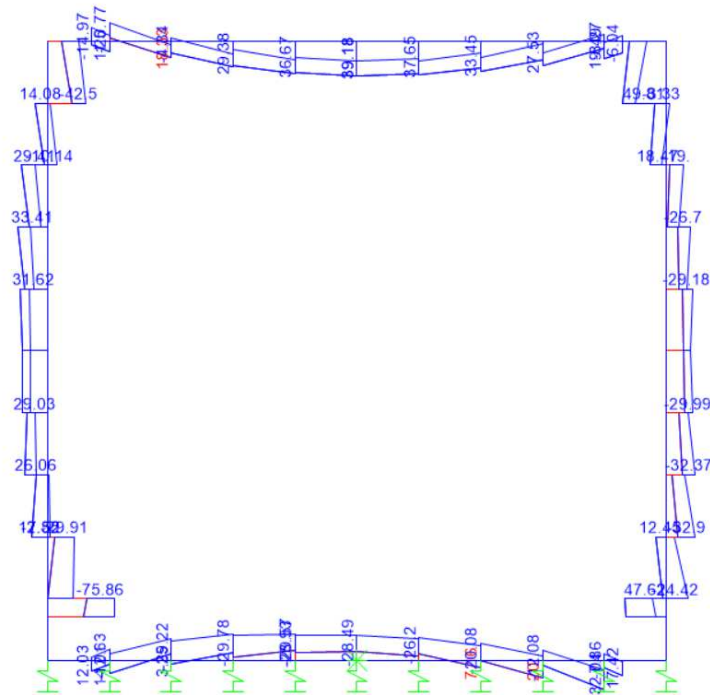


Figura 9.8 - Momento flettente – Involuppo SLE-Rara

9.5 Verifiche strutturali

9.5.1 Verifica piedritti

- **Sezione di mezzeria (Pied-Mezz): 30.7 x 100 cm**

Armatura a flessione:

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

- **Sezione allo spiccato (Pied.Spicc): 70.6 x 100 cm**

Armatura a flessione:

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

Armatura a taglio:

Non necessarie ai fini del calcolo. Si inseriscono comunque Spille φ 10/40x40 cm.

IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	39 di 59

• Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{ik} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 200000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$

Calcestruzzo	
Tipo	C30/37
R_{ck}	37 N/mm ²
f_{ck}	30.71 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	20.5 N/mm ²
f_{cc}	17.4 N/mm ²

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

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione h	= 76.4 cm
Base della sezione b	= 100 cm
Copriferro d'	= 7.7 cm
Altezza utile della sezione d	= 68.7 cm

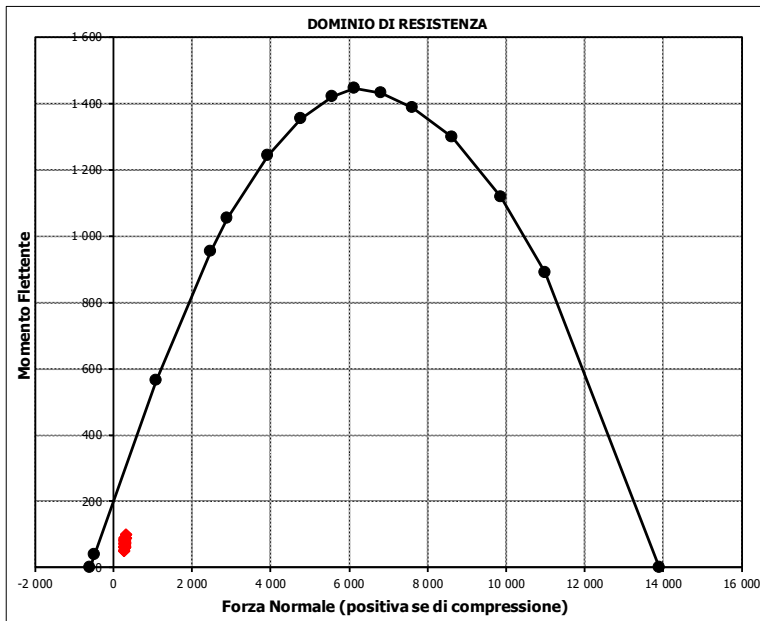
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		7.70	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		7.70	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_26St_57	316	103
(Nmin)	Fr_26St_82	203	89
(Mmax)	Fr_26St_71	249	156
(Mmin)	Fr_26St_2C	274	51

Caratteristiche di sollecitazioni

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	302	76	53S3-11M	304	79
02S1-11T	302	76	54S3-11T	304	79
03S1-12M	302	72	55S3-12M	304	75
04S1-12T	302	72	56S3-12T	304	75
05S1-13M	313	100	57S3-13M	316	103
06S1-13T	313	100	58S3-13T	316	103
07S1-14	274	61	59S3-14S	301	78
08S1-15	286	90	60S3-15S	301	75
09S1-16S	299	75	61S3-16S	309	95
10S1-17S	299	72	62S3-21M	304	68
11S1-18S	307	92	63S3-21T	304	68
12S1-19S	274	63	64S3-22M	304	64
13S1-20S	282	82	65S3-22T	304	64
14S1-21M	302	65	66S3-23M	315	91
15S1-21T	302	65	67S3-23T	315	91
16S1-22M	302	61	68S3-24S	301	67
17S1-22T	302	61	69S3-25S	301	64
18S1-23M	313	89	70S3-26S	309	84
19S1-23T	313	89	71SSS1--	249	156
20S1-24	274	51	72SSS2--	244	154
21S1-25	286	79	73SSS3--	223	95
22S1-26S	299	64	74SSS4--	204	90
23S1-27S	299	61	75SSS5--	249	148
24S1-28S	307	81	76SSS6--	244	146
25S1-29S	274	52	77SSS7--	223	87
26S1-30S	282	72	78SSS8--	204	82
27S1T11M	298	76	79SSS9S	248	155
28S1T11T	298	76	80SSS10S	243	153
29S1T12M	298	73	81SSS11S	222	94
30S1T12T	298	73	82SSS12S	203	89
31S1T13M	309	99	83SSS13S	248	147
32S1T13T	309	99	84SSS14S	243	145
33S1T14	274	62	85SSS15S	222	86
34S1T15	285	88	86SSS16S	203	81
35S1T16S	295	75			
36S1T17S	295	73			
37S1T18S	303	92			
38S1T19S	274	63			
39S1T20S	282	82			
40S1T21M	298	65			
41S1T21T	298	65			
42S1T22M	298	62			
43S1T22T	298	62			
44S1T23M	309	88			
45S1T23T	309	88			
46S1T24	274	51			
47S1T25	285	77			
48S1T26S	295	65			
49S1T27S	295	62			
50S1T28S	303	81			
51S1T29S	274	52			
52S1T30S	282	71			



IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	40 di 59

• Verifica a pressoflessione mezzeria (Pied-Mezz)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 200000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$

Calcestruzzo	
Tipo	C30/37
R_{ck}	37 N/mm ²
f_{ck}	30.71 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	20.5 N/mm ²
f_{cc}	17.4 N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec	10	mm

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 30.7$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 7.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 23$ cm

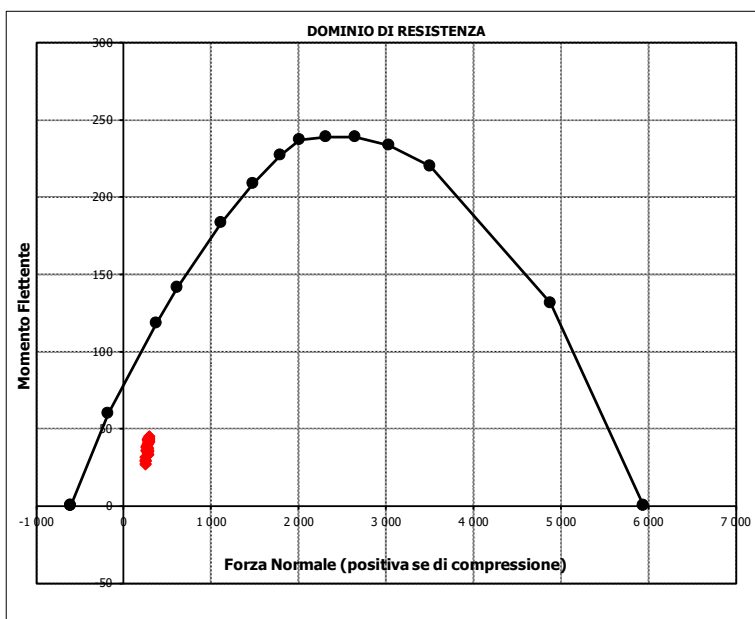
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	cm ²
5	14	7.70	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		7.70	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	cm ²
5	14	7.70	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		7.70	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_31St_57	297	46
(Nmin)	Fr_31St_82	190	28
(Mmax)	Fr_31St_57	297	46
(Mmin)	Fr_31St_86	190	26

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	284	44	53S3-11M	286	45
02S1-11T	284	44	54S3-11T	286	45
03S1-12M	284	36	55S3-12M	286	37
04S1-12T	284	36	56S3-12T	286	37
05S1-13M	295	45	57S3-13M	297	46
06S1-13T	295	45	58S3-13T	297	46
07S1-14-	256	29	59S3-14S	282	44
08S1-15-	267	39	60S3-15S	282	38
09S1-16S	280	43	61S3-16S	291	45
10S1-17S	280	37	62S3-21M	286	42
11S1-18S	288	44	63S3-21T	286	42
12S1-19S	256	32	64S3-22M	286	35
13S1-20S	264	38	65S3-22T	286	35
14S1-21M	284	41	66S3-23M	297	43
15S1-21T	284	41	67S3-23T	297	43
16S1-22M	284	33	68S3-24S	282	41
17S1-22T	284	33	69S3-25S	282	36
18S1-23M	295	43	70S3-26S	290	42
19S1-23T	295	43	71SSS1--	236	36
20S1-24-	256	27	72SSS2--	230	35
21S1-25-	267	36	73SSS3--	210	33
22S1-26S	280	41	74SSS4--	191	28
23S1-27S	280	35	75SSS5--	236	34
24S1-28S	288	42	76SSS6--	230	33
25S1-29S	256	29	77SSS7--	210	31
26S1-30S	264	36	78SSS8--	191	26
27S1T11M	280	43	79SSS9S	235	36
28S1T11T	280	43	80SSS10S	229	35
29S1T12M	280	36	81SSS11S	209	33
30S1T12T	280	36	82SSS12S	190	28
31S1T13M	291	44	83SSS13S	235	34
32S1T13T	291	44	84SSS14S	229	33
33S1T14-	256	30	85SSS15S	209	31
34S1T15-	266	39	86SSS16S	190	26
35S1T16S	277	43			
36S1T17S	277	37			
37S1T18S	285	43			
38S1T19S	256	32			
39S1T20S	264	38			
40S1T21M	280	41			
41S1T21T	280	41			
42S1T22M	280	33			
43S1T22T	280	33			
44S1T23M	291	42			
45S1T23T	291	42			
46S1T24-	256	27			
47S1T25-	266	36			
48S1T26S	277	40			
49S1T27S	277	34			
50S1T28S	285	41			
51S1T29S	256	29			
52S1T30S	264	36			



IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	41 di 59

- 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		230
R_{ck}	37 N/mm ²	N_{Ed}	kN		0
f_{ck}	30.7 N/mm ²	Armatura a taglio			
γ_c	1.5	Diametro	mm		10
α_{cc}	0.85	Numero barre			2.5
f_{cd}	17.4 N/mm ²	A_{sw}	cm ²		1.96
Acciaio		Passo s	cm		40
f_{tk}	540 N/mm ²	Angolo α	°		90
f_{yk}	450 N/mm ²	Armatura longitudinale			
γ_s	1.15	n_1			5
f_{yd}	391 N/mm ²	\varnothing_1	mm		14
		n_2			-
		\varnothing_2	mm		-
		Asl	cm ²		7.70
		Sezione			
		b_w	cm		100
		H	cm		76.4
		c	cm		7.7
		d	cm		68.7
		k	N/mm ²		1.54
		v_{min}	N/mm ²		0.37
		ρ			0.0011
		σ_{cp}	N/mm ²		0.00
		α_c			1.00
		Resistenza senza armatura a taglio			
		V_{Rd}	kN		255

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	42 di 59

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spice)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	75.86	kN m
Sforzo normale	N	213	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	30.71	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33019.43	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	16.9	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.4	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.3	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	200000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	337.5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	76.4	cm	
Larghezza sezione	B	100	cm	
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	7.70	cm ²	5 Ø 14 $C_{s1} =$ 7.7 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{s2} =$ 8.4 cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{i2} =$ 8.4 cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	7.70	cm ²	5 Ø 14 $C_{i1} =$ 7.7 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	1.6	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	32.4	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	35.6	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	-2.6	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	28.8	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	7856	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	3930999.159	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	1031112.342	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	270	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	43 di 59

- Verifica a fessurazione mezzeria (Pied-Mezz)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	31.62	kN m
Sforzo normale	N	201	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	30.71	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33019.43	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	16.9	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.4	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.3	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	200000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	337.5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	30.7	cm	
Larghezza sezione	B	100	cm	
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	7.70	cm ²	5 Ø 14 $C_{s1} =$ 7.7 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{s2} =$ 8.4 cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{i2} =$ 8.4 cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	7.70	cm ²	5 Ø 14 $C_{i1} =$ 7.7 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.1	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	61.2	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	15.7	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	0.4	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	11.5	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	3286	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	254633.6168	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	67261.14946	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	49	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	----	------	----------------------------

9.5.2 Verifica soletta superiore

- **Sezione di mezzeria (Solsup-Camp): 30.7 x 100 cm**

Armatura a flessione:

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

- **Sezione appoggio (Solsup-App): 70.6 x 100 cm**

Armatura a flessione:

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

Armatura a taglio:

Non necessarie ai fini del calcolo. Si inseriscono comunque Spille φ 10/40x40 cm.

IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	45 di 59

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

Acciaio

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

Calcestruzzo

Tipo	C30/37
R_{ck}	37 N/mm ²
f_{ck}	30.71 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	20.5 N/mm ²
f_{cc}	17.4 N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec	10	mm

Geometria della sezione

Altezza geometrica della sezione	h	=	76.4	cm
Base della sezione	b	=	100	cm
Copriferro	d'	=	7.7	cm
Altezza utile della sezione	d	=	68.7	cm

Armatura tesa

N° ferri	Diametro	Area
5	14	7.70 cm ²
		0.00 cm ²
		0.00 cm ²
		7.70 cm²

Armatura compressa

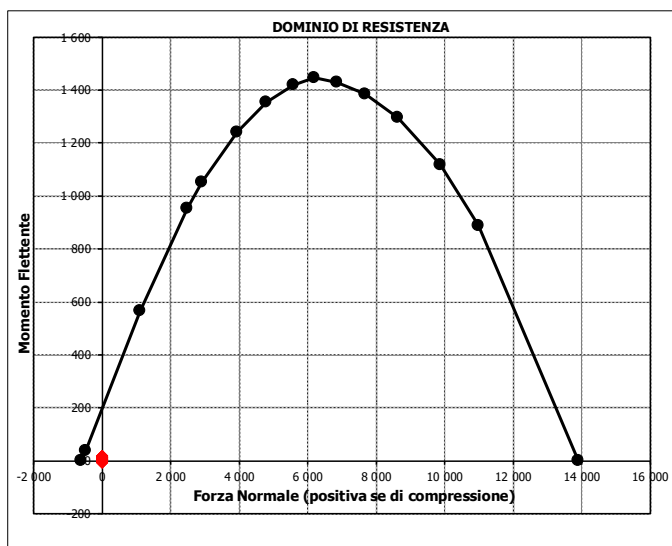
N° ferri	Diametro	Area
5	14	7.70 cm ²
		0.00 cm ²
		0.00 cm ²
		7.70 cm²

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Nmax)	Fr_16St_01	0 12
(Nmin)	Fr_16St_01	0 12
(Mmax)	Fr_16St_71	0 39
(Mmin)	Fr_16St_20	0 -8

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	12	53S3-11M	0	13
02S1-11T	0	12	54S3-11T	0	13
03S1-12M	0	4	55S3-12M	0	5
04S1-12T	0	4	56S3-12T	0	5
05S1-13M	0	18	57S3-13M	0	19
06S1-13T	0	18	58S3-13T	0	19
07S1-14-	0	-1	59S3-14S	0	12
08S1-15-	0	14	60S3-15S	0	7
09S1-16S	0	11	61S3-16S	0	17
10S1-17S	0	6	62S3-21M	0	6
11S1-18S	0	16	63S3-21T	0	6
12S1-19S	0	2	64S3-22M	0	-2
13S1-20S	0	12	65S3-22T	0	-2
14S1-21M	0	4	66S3-23M	0	12
15S1-21T	0	4	67S3-23T	0	12
16S1-22M	0	-3	68S3-24S	0	5
17S1-22T	0	-3	69S3-25S	0	0
18S1-23M	0	11	70S3-26S	0	10
19S1-23T	0	11	71SSS1--	0	39
20S1-24-	0	-8	72SSS2--	0	38
21S1-25-	0	7	73SSS3--	0	21
22S1-26S	0	4	74SSS4--	0	18
23S1-27S	0	-1	75SSS5--	0	34
24S1-28S	0	9	76SSS6--	0	33
25S1-29S	0	-5	77SSS7--	0	15
26S1-30S	0	5	78SSS8--	0	13
27S1T11M	0	12	79SSS9S	0	39
28S1T11T	0	12	80SSS10S	0	38
29S1T12M	0	4	81SSS11S	0	20
30S1T12T	0	4	82SSS12S	0	18
31S1T13M	0	18	83SSS13S	0	33
32S1T13T	0	18	84SSS14S	0	33
33S1T14-	0	0	85SSS15S	0	15
34S1T15-	0	13	86SSS16S	0	13
35S1T16S	0	11			
36S1T17S	0	6			
37S1T18S	0	16			
38S1T19S	0	2			
39S1T20S	0	12			
40S1T21M	0	5			
41S1T21T	0	5			
42S1T22M	0	-3			
43S1T22T	0	-3			
44S1T23M	0	11			
45S1T23T	0	11			
46S1T24-	0	-7			
47S1T25-	0	6			
48S1T26S	0	4			
49S1T27S	0	-1			
50S1T28S	0	9			
51S1T29S	0	-5			
52S1T30S	0	5			



IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	46 di 59

• Verifica a pressoflessione campata (Solsup-Camp)

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

Calcestruzzo	
Tipo	C30/37
Resistenza di calcolo	$R_{ck} = 37$ N/mm ²
Resistenza di calcolo	$f_{ck} = 30.71$ N/mm ²
Resistenza di calcolo	$\gamma_c = 1.5$
Resistenza di calcolo	$f_{cd} = 20.5$ N/mm ²
Resistenza di calcolo	$f_{ctc} = 17.4$ N/mm ²

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

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 30.7$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 7.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 23$ cm

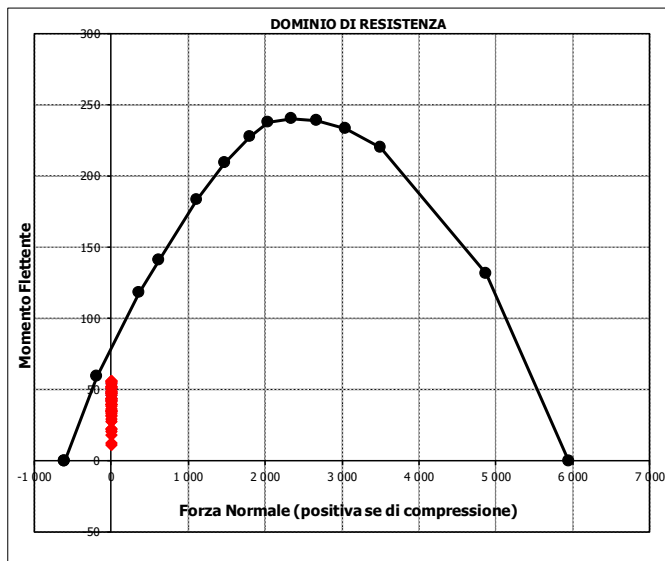
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		7.70	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		7.70	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_20St_01	0	44
(Nmin)	Fr_20St_01	0	44
(Mmax)	Fr_20St_1c	0	56
(Mmin)	Fr_20St_7z	0	11

Caratteristiche di sollecitazione

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



IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	47 di 59

- 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		214
R_{ck}	37 N/mm ²	N_{Ed}	kN		0
f_{ck}	30.7 N/mm ²	Armatura a taglio			
γ_c	1.5	Diametro	mm		10
α_{cc}	0.85	Numero barre			2.5
f_{cd}	17.4 N/mm ²	A_{sw}	cm ²		1.96
Acciaio		Passo s	cm		40
f_{tk}	540 N/mm ²	Angolo α	°		90
f_{yk}	450 N/mm ²	Armatura longitudinale			
γ_s	1.15	n_1			5
f_{yd}	391 N/mm ²	\varnothing_1	mm		14
		n_2			-
		\varnothing_2	mm		-
		Asl	cm ²		7.70
		Sezione			
		b_w	cm		100
		H	cm		76.4
		c	cm		7.7
		d	cm		68.7
		k	N/mm ²		1.54
		v_{min}	N/mm ²		0.37
		ρ			0.0011
		σ_{cp}	N/mm ²		0.00
		α_c			1.00
		Resistenza senza armatura a taglio			
		V_{Rd}	kN		255

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	48 di 59

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	14.97	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	30.71	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33019.43	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	16.9	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.4	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.3	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	337.5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	76.4	cm	
Larghezza sezione	B	100	cm	
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	7.70	cm ²	5 Ø 14 $C_{s1} =$ 7.7 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{s2} =$ 8.4 cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{i2} =$ 8.4 cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	7.70	cm ²	5 Ø 14 $C_{i1} =$ 7.7 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	0.4	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	30.0	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	11.2	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	7856	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	3930999.159	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	429962.4305	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	242	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	49 di 59

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	39.18	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	30.71	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33019.43	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	16.9	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.4	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.3	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	337.5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	30.7	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	7.70	cm ²	5 Ø 14	$C_{s1} = 7.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = 8.4$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = 8.4$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	7.70	cm ²	5 Ø 14	$C_{t1} = 7.7$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	6.2	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	239.1	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	6.4	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	3286	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	254633.6168	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	40747.22684	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	39	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	56	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
	u (M_{fess})	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	9.2		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	333.5	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	6.7	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	7.99	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.2	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	7.70	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	799.01	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0096	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000650725	-	
Copriferro netto	c'	5.0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	ϕ_{eq}	14.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	ΔS_{max}	417.0646897	mm	
Distanza media tra le fessure	ΔS_m	245.3321704	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.16	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.27	mm	

9.5.3 Verifica soletta inferiore

- **Sezione di mezzeria (Solinf-Camp): 30.7 x 100 cm**

Armatura a flessione:

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

- **Sezione appoggio (Solinf-App): 70.6 x 100 cm**

Armatura a flessione:

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

Armatura a taglio:

Non necessarie ai fini del calcolo. Si inseriscono comunque Spille φ 10/40x40 cm.

IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	51 di 59

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 200000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$

Calcestruzzo	
Tipo	C30/37
R_{ck}	37 N/mm ²
f_{ck}	30.71 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	20.5 N/mm ²
f_{cc}	17.4 N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec	10	mm

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 76.4$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 7.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 68.7$ cm

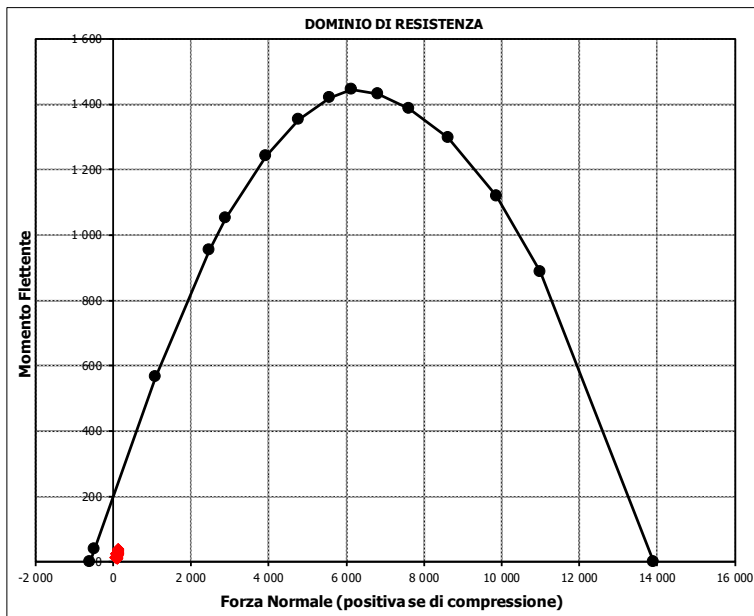
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	cm ²
5	14	7.70	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		7.70	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	cm ²
5	14	7.70	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		7.70	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_12St_76	265	86
(Nmin)	Fr_12St_01	73	14
(Mmax)	Fr_12St_75	265	87
(Mmin)	Fr_12St_07	112	11

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd		
01S1-11M	73	14	53S3-11M	75 16
02S1-11T	73	14	54S3-11T	75 16
03S1-12M	113	14	55S3-12M	115 16
04S1-12T	113	14	56S3-12T	115 16
05S1-13M	131	29	57S3-13M	133 31
06S1-13T	131	29	58S3-13T	133 31
07S1-14-	112	11	59S3-14S	76 16
08S1-15-	130	27	60S3-15S	105 16
09S1-16S	73	14	61S3-16S	117 26
10S1-17S	102	14	62S3-21M	87 26
11S1-18S	115	25	63S3-21T	87 26
12S1-19S	101	11	64S3-22M	125 25
13S1-20S	114	22	65S3-22T	125 25
14S1-21M	85	24	66S3-23M	142 40
15S1-21T	85	24	67S3-23T	142 40
16S1-22M	125	24	68S3-24S	88 26
17S1-22T	125	24	69S3-25S	116 25
18S1-23M	143	39	70S3-26S	129 36
19S1-23T	143	39	71SSS1-	256 79
20S1-24-	124	21	72SSS2-	257 79
21S1-25-	142	37	73SSS3-	139 38
22S1-26S	85	24	74SSS4-	141 38
23S1-27S	114	24	75SSS5-	265 87
24S1-28S	127	34	76SSS6-	265 86
25S1-29S	113	21	77SSS7-	148 45
26S1-30S	126	32	78SSS8-	149 45
27S1T11M	75	15	79SSS9S	254 79
28S1T11T	75	15	80SSS10S	254 79
29S1T12M	112	15	81SSS11S	137 38
30S1T12T	112	15	82SSS12S	138 37
31S1T13M	129	29	83SSS13S	263 86
32S1T13T	129	29	84SSS14S	263 86
33S1T14-	109	11	85SSS15S	146 45
34S1T15-	126	26	86SSS16S	147 44
35S1T16S	75	15		
36S1T17S	104	15		
37S1T18S	116	25		
38S1T19S	101	11		
39S1T20S	113	22		
40S1T21M	87	25		
41S1T21T	87	25		
42S1T22M	124	25		
43S1T22T	124	25		
44S1T23M	141	39		
45S1T23T	141	39		
46S1T24-	121	21		
47S1T25-	138	36		
48S1T26S	87	25		
49S1T27S	115	25		
50S1T28S	128	35		
51S1T29S	113	21		
52S1T30S	125	32		



IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	52 di 59

• Verifica a pressoflessione campata (Solinf-Camp)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 200000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$

Calcestruzzo	
Tipo	C30/37
Resistenza caratteristica	$R_{ck} = 37$ N/mm ²
Resistenza di calcolo	$f_{ck} = 30.71$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_c = 1.5$
Resistenza di calcolo	$f_{cd} = 20.5$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_{cc} = 17.4$ N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec	10	mm

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 30.7$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 7.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 23$ cm

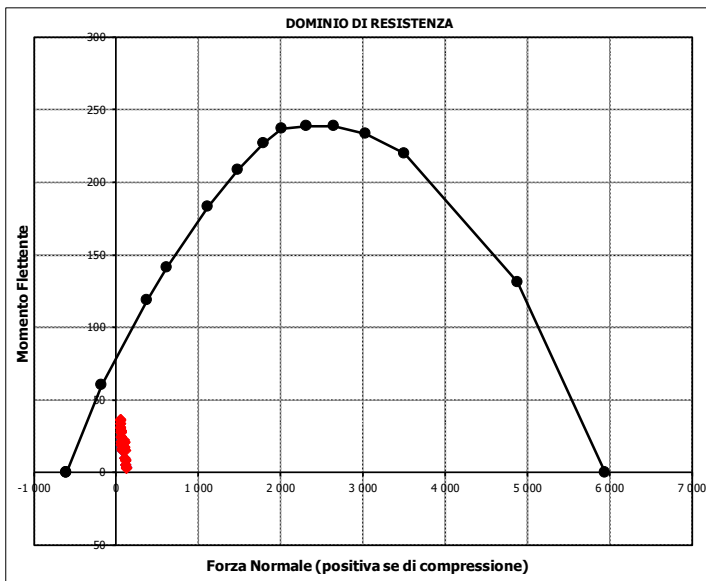
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		7.70	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		7.70	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_7St_20s	124	3
(Nmin)	Fr_7St_71s	-41	58
(Mmax)	Fr_7St_71s	-41	58
(Mmin)	Fr_7St_20s	124	3

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	68	28	53S3-11M	66	29
02S1-11T	68	28	54S3-11T	66	29
03S1-12M	108	20	55S3-12M	105	22
04S1-12T	108	20	56S3-12T	105	22
05S1-13M	50	37	57S3-13M	47	38
06S1-13T	50	37	58S3-13T	47	38
07S1-14	112	15	59S3-14S	66	29
08S1-15	54	31	60S3-15S	95	23
09S1-16S	68	27	61S3-16S	53	35
10S1-17S	97	22	62S3-21M	78	17
11S1-18S	55	34	63S3-21T	78	17
12S1-19S	101	17	64S3-22M	115	10
13S1-20S	59	29	65S3-22T	115	10
14S1-21M	80	16	66S3-23M	61	25
15S1-21T	80	16	67S3-23T	61	25
16S1-22M	120	8	68S3-24S	78	17
17S1-22T	120	8	69S3-25S	106	11
18S1-23M	62	25	70S3-26S	65	23
19S1-23T	62	25	71SSS1--	-41	58
20S1-24	124	3	72SSS2--	-41	58
21S1-25	66	19	73SSS3--	7	36
22S1-26S	80	15	74SSS4--	8	33
23S1-27S	109	10	75SSS5--	-32	49
24S1-28S	67	21	76SSS6--	-32	49
25S1-29S	113	5	77SSS7--	16	27
26S1-30S	71	16	78SSS8--	17	24
27S1T11M	67	28	79SSS9S	-41	58
28S1T11T	67	28	80SSS10S	-40	57
29S1T12M	104	21	81SSS11S	8	35
30S1T12T	104	21	82SSS12S	9	32
31S1T13M	50	36	83SSS13S	-32	49
32S1T13T	50	36	84SSS14S	-31	48
33S1T14	109	16	85SSS15S	17	26
34S1T15	55	31	86SSS16S	18	23
35S1T16S	67	27			
36S1T17S	96	22			
37S1T18S	54	34			
38S1T19S	101	17			
39S1T20S	59	29			
40S1T21M	79	16			
41S1T21T	79	16			
42S1T22M	116	9			
43S1T22T	116	9			
44S1T23M	62	24			
45S1T23T	62	24			
46S1T24	121	3			
47S1T25	67	19			
48S1T26S	79	15			
49S1T27S	108	10			
50S1T28S	66	21			
51S1T29S	113	5			
52S1T30S	71	16			



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

Calcestruzzo

Tipo	C30/37	
R_{ck}	37	N/mm ²
f_{ck}	30.7	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	17.4	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	226
N_{Ed}	kN	0

Soletta inf

Armatura a taglio

Diametro	mm	10
Numero barre		2.5
A_{sw}	cm ²	1.96
Passo s	cm	40
Angolo α	°	90

Armatura longitudinale

n_1		5
\varnothing_1	mm	14
n_2		-
\varnothing_2	mm	-
Asl	cm ²	7.70

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	76.4
c	cm	7.7
d	cm	68.7
k	N/mm ²	1.54
v_{min}	N/mm ²	0.37
ρ		0.0011
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	255
----------	----	------------

IN50A - Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	54 di 59

- Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	32.04	kN m
Sforzo normale	N	109	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	30.71	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33019.43	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	16.9	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.4	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.3	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	200000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	337.5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	76.4	cm	
Larghezza sezione	B	100	cm	
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	7.70	cm ²	5 Ø 14 $C_{s1} =$ 7.7 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{s2} =$ 8.4 cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{i2} =$ 8.4 cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	7.70	cm ²	5 Ø 14 $C_{i1} =$ 7.7 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	0.6	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	7.9	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	29.4	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	-8.8	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	36.5	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	7856	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	3930999.159	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	1835174.632	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	256	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	55 di 59

- Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	29.57	kN m
Sforzo normale	N	22	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	30.71	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33019.43	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{Camm}	16.9	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.4	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.3	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	200000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	337.5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	30.7	cm	
Larghezza sezione	B	100	cm	
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	7.70	cm ²	5 Ø 14 $C_{s1} = 7.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{s2} = 8.4$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{t2} = 8.4$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	7.70	cm ²	5 Ø 14 $C_{t1} = 7.7$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.6	N/mm ²	< σ_{Camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	164.6	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	132.4	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	117.1	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	6.8	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	3286	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	254633.6168	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	40868.46444	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	40	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

IN50A – Nuovo tombino al km 28+368
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	56 di 59

10. INCIDENZA SCATOLARE

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

Piedritti	50 kg/mc
Soletta superiore	50 kg/mc
Soletta inferiore	50 kg/mc

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

Pertanto nel calcolo è stata considerata un' armatura longitudinale diffusa $\phi 12/20$ ed un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature e spille.

	PROGETTO DEFINITIVO DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2												
IN50A – Nuovo tombino al km 28+368 <i>Relazione di calcolo tombino Ø1500</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>CLIN50A0001</td> <td>B</td> <td>57 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	57 di 59
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Z	00	D 26	CLIN50A0001	B	57 di 59								

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.

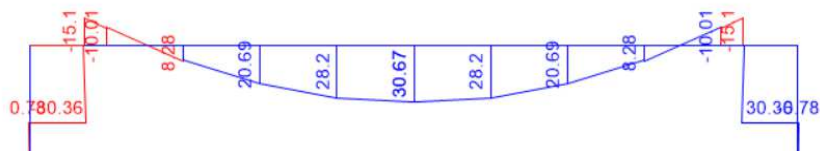
11.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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 $G_2=118.5$ kN/m.

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



Calcolo analitico_trave appoggiata			
Carico uniformemente distribuito	G_2	118.5	kN/m
Luce di calcolo	L	1.8	m
Momento in campata	$M_{1/2}$	47.99	kNm/m
Calcolo analitico_trave incastrata			
Carico uniformemente distribuito	G_2	118.5	kN/m
Luce di calcolo	L	1.8	m
Momento in campata	$M_{1/2}$	16.00	kNm/m
SAP2000			
Momento in campata	$M_{1/2}$	30.67	kNm/m
Momento in campata_trave incastrata			
	Lim.Inf.	16.00	kNm/m
Momento in campata_SAP2000			
		30.67	kNm/m
Momento in campata_trave appoggiata			
	Lim.Sup.	47.99	kNm/m
Momento in campata_trave semi-incastrata			
	$M_{1/2}$	32.00	kNm/m
Errore	e	4.1%	

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-incastri alle estremità.

Dal confronto numerico delle deformati 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.