

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

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819

Relazione di calcolo scatolare 2x2

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3Z	00	D	26	CL	IN5300	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. S. HI Maggiore 2020 ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD Dott. Ing. Francesco Sestini Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 23472 Sez. A
B	1° AGG. A CONSEGNA CSLLPP	C. INTEGRA	Maggio 2020	M.SALLEOLINI	Maggio 2020	A. BARRECA	Maggio 2020	

File: RS3Z00D26CLIN5300001B

n. Elab.:

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE.....	5
3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	9
5.1 Profondità della falda.....	9
6. ANALISI DEI CARICHI	10
6.1 Pesì propri.....	10
6.2 Permanenti non strutturali.....	10
6.3 Carichi mobili (traffico ferroviario).....	11
6.4 Azione di avviamento / frenatura	14
6.5 Azione di serpeggio	14
6.6 Azione del sisma.....	14
6.7 Ritiro del calcestruzzo	17
6.8 Variazione termica.....	17
6.9 Spinta statica del terreno.....	17
6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	18
6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche	18
7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	19
8. VERIFICHE STRUTTURALI	21
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....	21
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	21
8.3 Verifica agli stati limite d’esercizio.....	23
9. ANALISI STRUTTURALE	24
9.1 Modellazione strutturale : Scatolare	24

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



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

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	3 di 57

1. PREMESSA

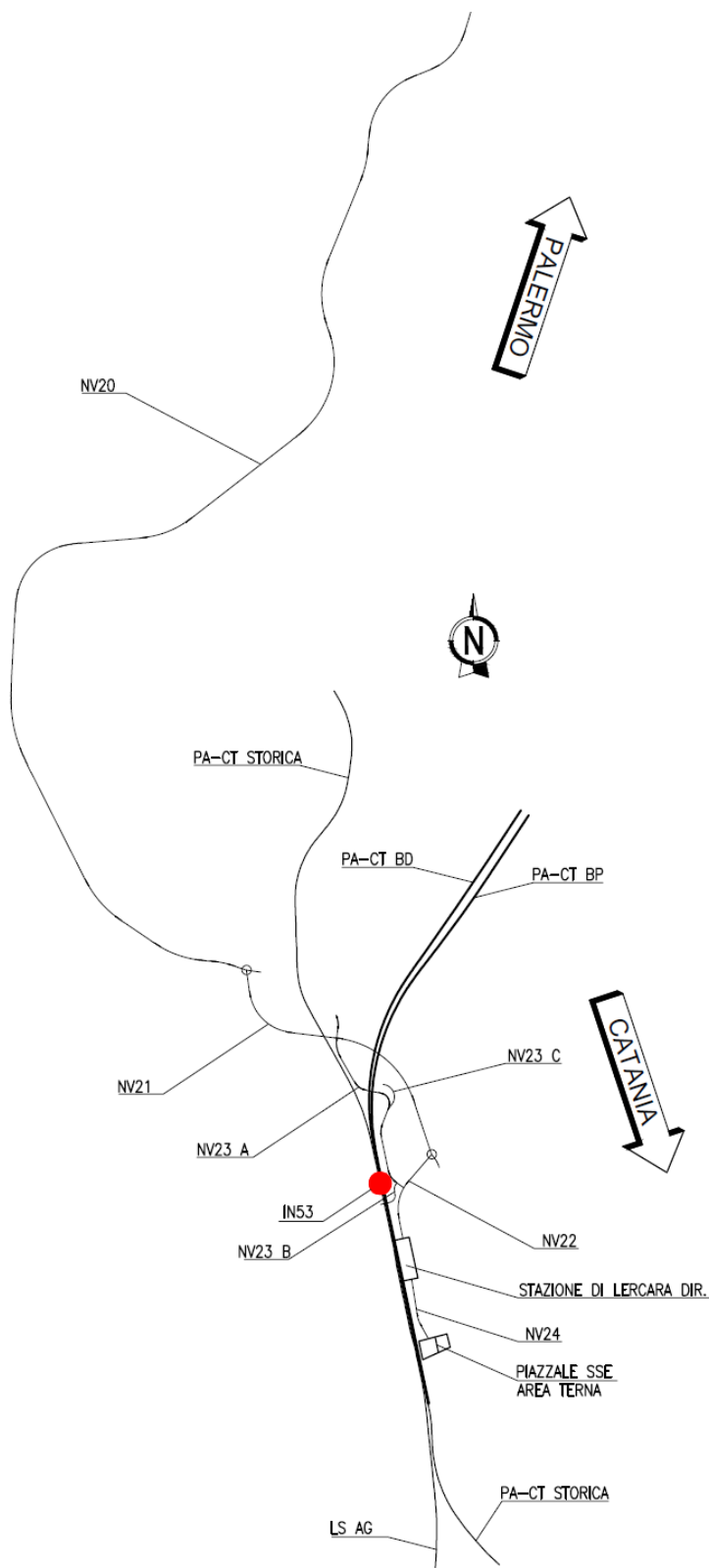
Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del collegamento Palermo-Catania, raddoppio tratta Fiumetorto-Lercara Diramazione, appartenente alla Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo.

La presente relazione descrive il tombino di linea IN53 alla progr. 28+819 avente sezione interna *2.0x2.0m*.

Segue l'ubicazione dell'opera.

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	4 di 57



2. DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale dell'opera scatolare IN53 alla progressiva 28+819, utilizzabile per attraversamenti ferroviari, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	2.60	m
Altezza totale	Htot	2.60	m
Spessore soletta superiore	ss	0.30	m
Spessore piedritti	sp	0.30	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.30	m
Luce libera	Lint	2.00	m
Altezza libera	Hint	2.00	m

Il tombino presenta un ricoprimento di circa 4.17 m in asse binario di progetto.

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

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.77	m
Ricoprimento	Hsc	4.12	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												
IN53 – Nuovo tombino al km 28+819 <i>Relazione di calcolo scatolare 2x2</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>CLIN5300001</td> <td>B</td> <td>6 di 57</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	6 di 57
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	6 di 57								

3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l’applicazione dell’“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture

Riferimenti STI:

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

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

MAGRONE - C12/15

Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza cubica a compressione	R_{ck}		N/mm 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	α_{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

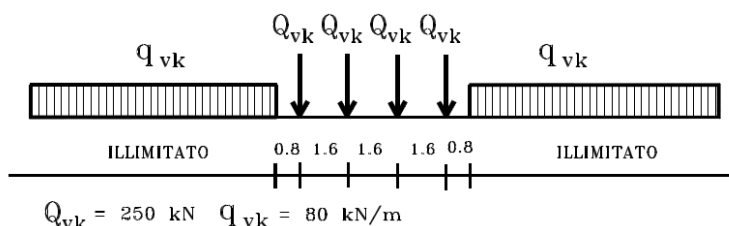
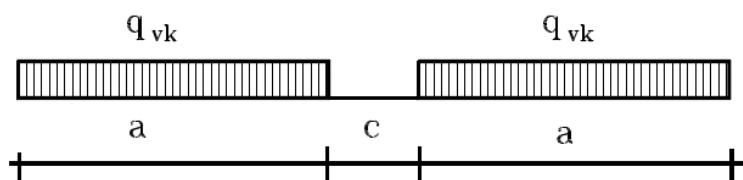


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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:

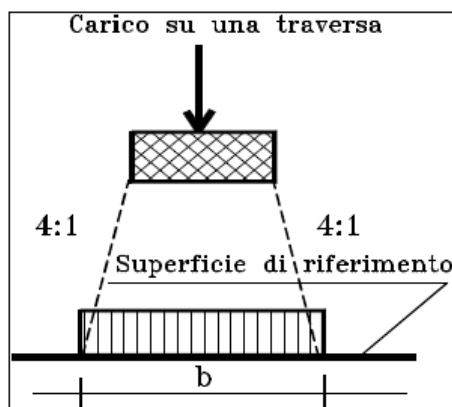
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

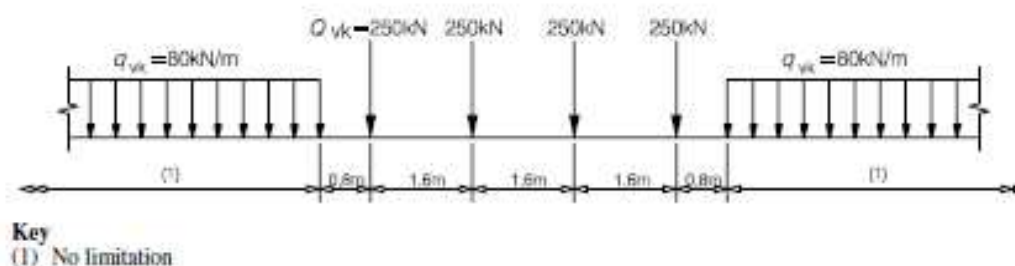
L_Φ rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

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.



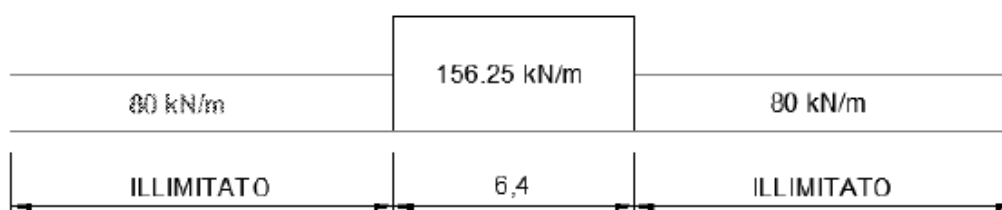
Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.



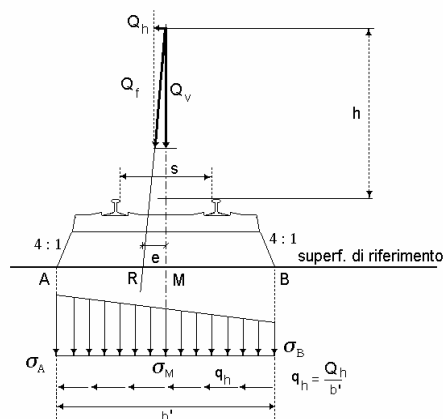
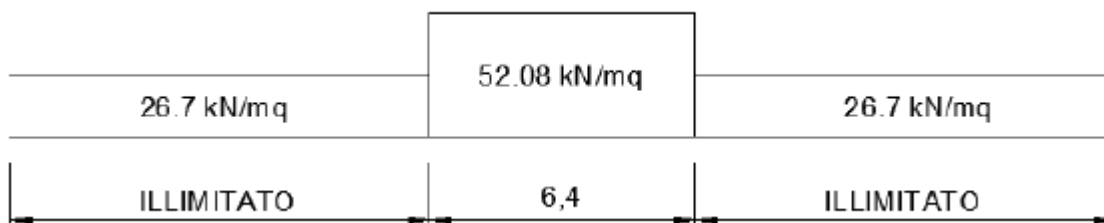
Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

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

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



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



6.4 Azione di avviamento / frenatura

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

I valori caratteristici considerati sono i seguenti:

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

6.5 Azione di serpeggio

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

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

6.6 Azione del sisma

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

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

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

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

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

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate
 LONGITUDINE: 13.6057
 LATITUDINE: 37.748

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

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito


Reticolo di riferimento


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

Interpolazione:
 superficie rigata

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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

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

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE:

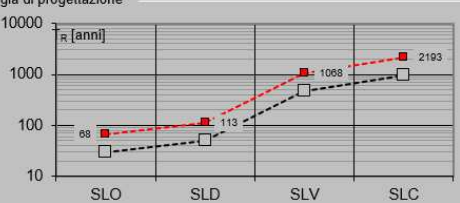
SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>

Stati limite ultimi - SLU:

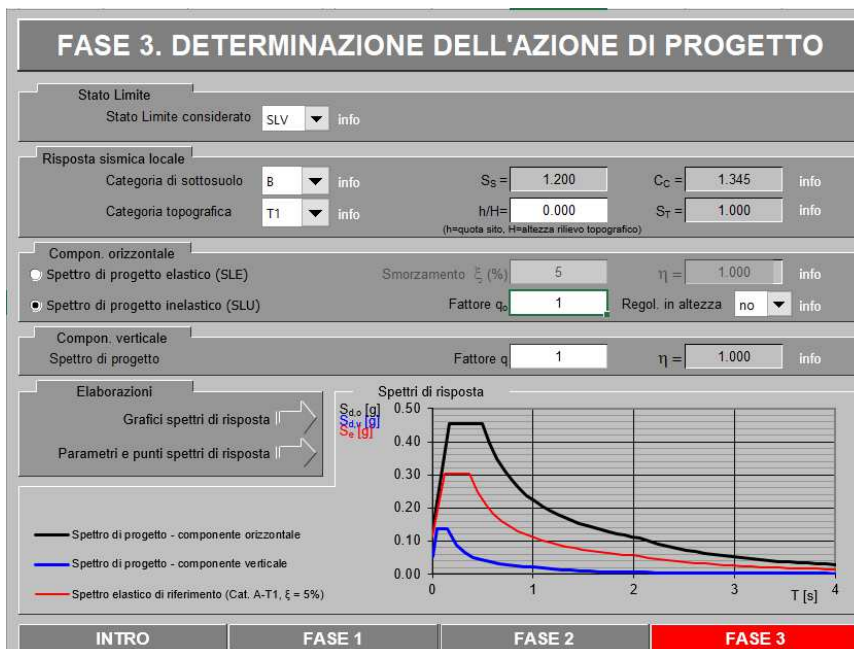
SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

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

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

Strategia di progettazione


INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3



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

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

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

Parametri dipendenti	
S	1.200
η_1	1.250
T_p	0.164 s
T_c	0.492 s
T_0	2.056 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_s \cdot S_t$ (NTC-09 Eq. 3.2.5)
 $\eta_1 = \sqrt{10 \cdot (\xi + 5)} \geq 0.55; \eta = 1/q$ (NTC-09 Eq. 3.2.4, 3.2.3.5)
 $T_0 = T_c / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.4)
 $T_c = C_c \cdot T_c^*$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)
 $T_0 = 4.0 \cdot a_s / g + 1.6$ (NTC-07 Eq. 3.2.4)

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

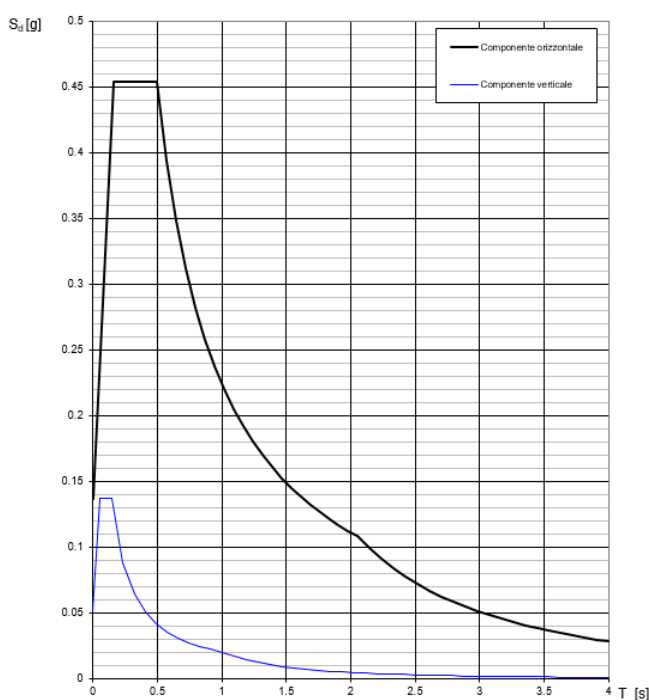
$0 \leq T < T_0$ $S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta_1 \cdot E_s \left[\frac{T}{T_0} + \frac{1}{\eta_1 \cdot E_s} \left(1 - \frac{T}{T_0} \right) \right]$
 $T_0 \leq T < T_c$ $S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta_1 \cdot E_s$
 $T_c \leq T < T_p$ $S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta_1 \cdot E_s \left(\frac{T_c}{T}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

La spettro di progetto $S_d(T)$ per lo Stato Limite Ultimo è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ moltiplicandoli con η_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	0.283
0.865	0.258
0.939	0.233
1.013	0.220
1.088	0.205
1.162	0.192
1.237	0.180
1.311	0.170
1.386	0.161
1.460	0.153
1.535	0.146
1.609	0.129
1.684	0.122
1.758	0.127
1.832	0.126
1.907	0.117
1.982	0.113
2.056	0.109
2.149	0.099
2.241	0.091
2.334	0.084
2.426	0.078
2.519	0.072
2.611	0.067
2.704	0.063
2.797	0.059
2.889	0.055
2.982	0.052
3.074	0.049
3.167	0.046
3.259	0.042
3.352	0.041
3.445	0.039
3.537	0.037
3.630	0.035
3.722	0.033
3.815	0.032
3.907	0.030
4.000	0.029

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



6.7 Ritiro del calcestruzzo

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

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

6.8 Variazione termica

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

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

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

6.9 Spinta statica del terreno

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

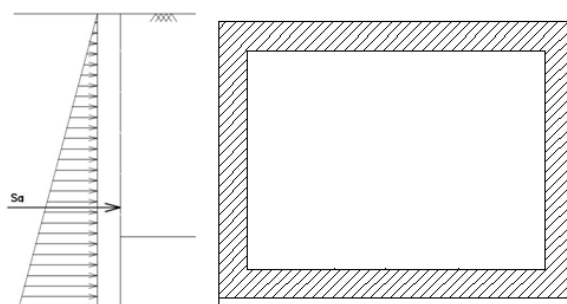


Figura 6.3 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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

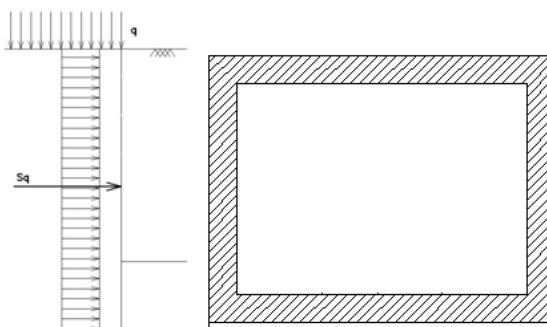


Figura 6.4– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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 $H/2$.

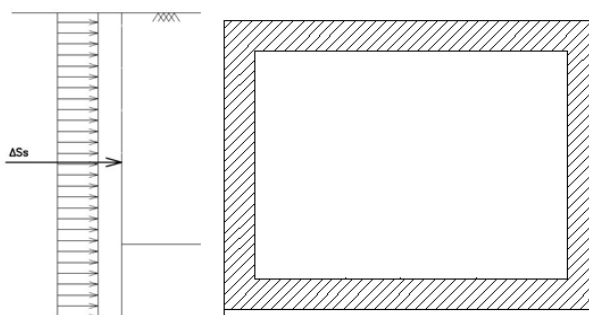


Figura 6.5– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

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:

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

- 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":

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

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	22 di 57

Nelle espressioni precedenti i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

$1 \leq \cot \theta \leq 2.5$ è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

s è il passo delle staffe;

α è l'angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

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

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

8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

$$\sigma_c < 0.55 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.40 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

$$\sigma_s < 0.75 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

Nel secondo caso, si verifica che le aperture delle fessure siano inferiori al valore limite dell'apertura delle fessure nella combinazione caratteristica Rara. I valori nominali di riferimento sono:

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

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

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

9. ANALISI STRUTTURALE

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

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità \emptyset dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria, assumendo però come luce di calcolo quella misurata in parallelo alla linea ferroviaria tra gli assi dei piedritti valutati lungo lo "spessore corrente" (spessore corrente=spessore piedritto/cos \emptyset). In tal caso le stesse verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento allo spessore corrente.

Convenzione assi

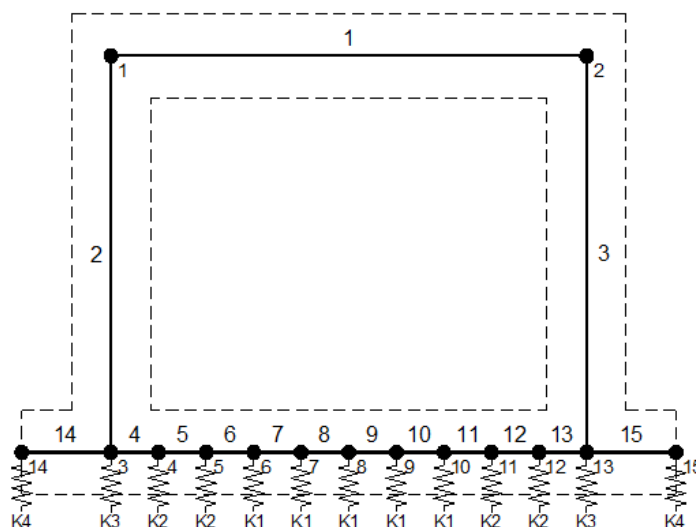
x = asse trasversale dello scatolare

y = asse longitudinale dello scatolare

z = asse verticale dello scatolare

9.1 Modellazione strutturale : Scatolare

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



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

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

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

Per la rigidezza delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale Kw pari a 2500 kN/m³. 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
ν	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

Caratteristiche materiali e terreno

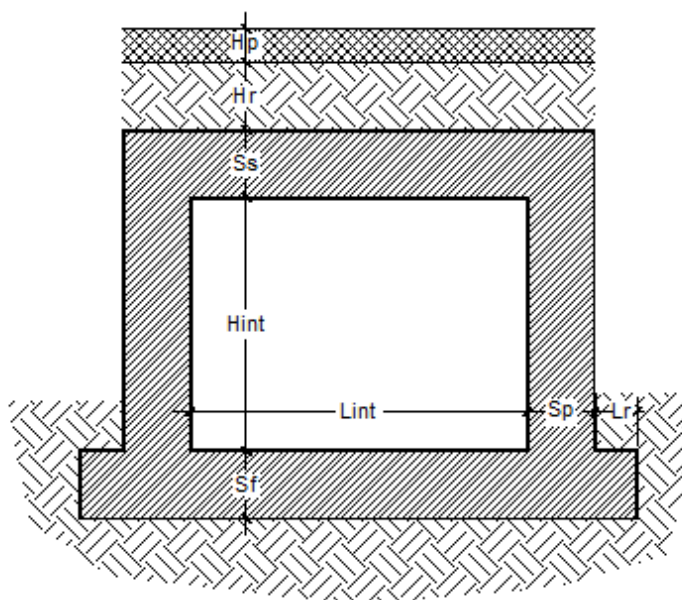
Calcestruzzo armato - Peso specifico	γ		25	kN/m ³
Calcestruzzo armato - Tipo			C30/37	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R_{ck}		37	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f_{ck}	$0.83 \cdot 37 =$	30.7	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E		33000	N/mm ²
Ballast - Peso specifico	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	0.77	m
Spessore medio traversina+binario	H_t	0.40	m
Spessore ballast sotto la traversina		0.37	m
Spessore del rinterro	H_r	4.17	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}	2.00	m
Larghezza netta	L_{int}	2.00	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L_r	0.00	m



Tab. 4: Geometria del modello

Azioni elementari applicate

Carichi permanenti (Condizione *PERM*)

Soletta superiore

Peso ballast	Ps	$0.77 \cdot 18 =$	13.86	kN/m ²
Peso del rinterro	Pr	$4.17 \cdot 20 =$	83.40	kN/m ²
Totale			97.26	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}	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (2.15 + 2.30 + 2.15)$	2.86	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	$2.40 + 2 \times (0.37/4 + 4.17 \times \tan(35^\circ) + 0.30/2) =$	8.72	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)		$1.1 \cdot 1.00 \cdot 1000 / (8.72 \cdot 6.40) =$	19.70	kN/m ²
Carico qvk			80	kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1.1 \cdot 1.00 \cdot 80 / 8.72 =$	10.09	kN/m ²

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)		$1 \cdot 1.00 \cdot 150 / 8.72 =$	17.19	kN/m ²

Per il calcolo della lunghezza caratteristica si fa riferimento a:

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

Avviamento e frenatura (Condizione AVV)

Q1ak (= 33 / Ld1) $33 / 8.72 =$ **3.78 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	$0.426 \cdot 97.26 =$	41.47	kN/m ²
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.426 \cdot (97.26 + 20 \cdot 0.30/2) =$	42.75	kN/m²
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [97.26 + 20 \cdot (0.30+2.00+0.30/2)] =$	62.37	kN/m²
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [97.26 + 20 \cdot (0.30+2.00+0.30)] =$	63.65	kN/m ²
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(41.47+42.75)/2 \cdot 0.30/2$	6.32	kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(62.37+63.65)/2 \cdot 0.30/2$	9.45	kN/m

Spinta del carico accidentale LM71 (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)

Spinta dovuta al q1 $p \quad 0.426 \cdot 1.1 \cdot 1000 / (8.72 \cdot 6.40) =$ **8.40 kN/m²**

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

Spinta dovuta al q1 $p \quad 0.426 \cdot 1 \cdot 150 / (8.72 \cdot 6.40) =$ **1.15 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	$=S_s \cdot S_t$	1.200	
accelerazione orizzontale max	a_{max}/g	$=a_g/g \cdot S$	0.137	
Fattore di struttura	q		1.00	
Coeff. sismico orizzontale	k_h	$=a_{max}/g$	0.137	
Coeff. sismico verticale	k_v	$= \pm 0.5 \cdot k_h$	0.068	

Carico accidentale totale gravante sulla cop. $1.1 \cdot 1000 / (8.72 \cdot 6.40) \cdot 2.60 + 1.1 \cdot 80 / 8.72 \cdot 2.60 =$ **77.4 kN/m**

Forza orizz. sulla sol. di cop.	FHs	$0.137 \cdot (0.30 \cdot 25 + 97.26 + 0.2 \cdot 77.4 / 2.30) / 1.00 =$	15.25	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. $FVs \quad 0.068 \cdot (0.30 \cdot 25 + 97.26 + 0.2 \cdot 77.4 / 2.30) / 1.00 =$ **7.63 kN/m²**

Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSPDX)

Risultante della spinta sismica	ΔS_E	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.137 \cdot 20 \cdot 7.54^2$	155.5	kN/m
Pressione risultante	Δp_E	$= \Delta S_E / H = 155.5 / 2.30$	67.63	kN/m²

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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	0.00	0.00	0.00	
28	28S1T11T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	1.16	1.16	
39	39S1T20S	1.35	1.5	0	0	0	1.00	1.35	0	0	1.5	0	0	0	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3Z 00 D 26 CLIN5300001 B 30 di 57

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

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819

Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	31 di 57

- SPTDx** : spinta del terreno sulla parete dx
SPQSx71 : spinta del carico accidentale LM71 sulla parete sx
SPQDx71 : spinta del carico accidentale LM71 sulla parete dx
TERM : termica
RITIRO : ritiro
SISMAH : azione sismica
SISDX : incremento sismico della spinta del terreno
SPQSxSW : spinta del carico accidentale SW/2 sulla parete sx
SPQDxSW : spinta del carico accidentale SW/2 sulla parete dx

9.4 Sollecitazioni

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

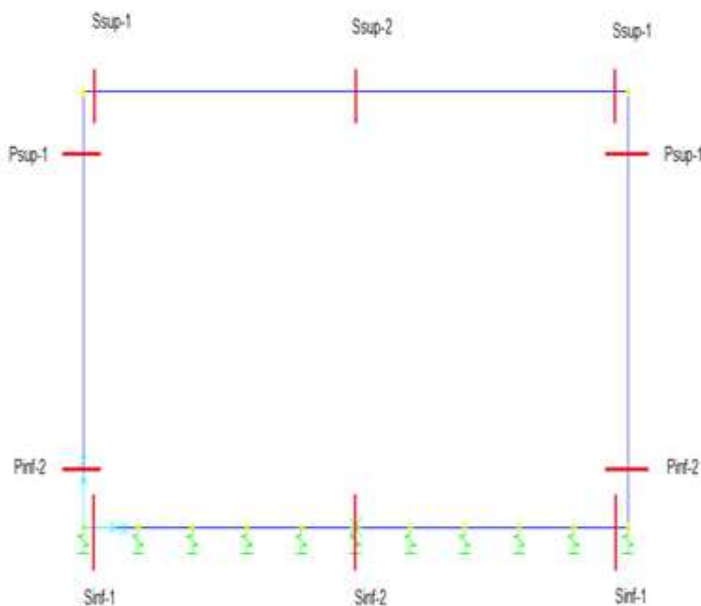


Figura 9.1 - Sezioni di verifica

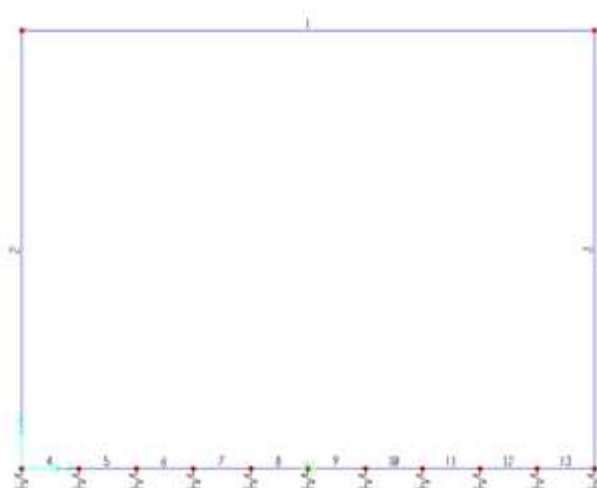


Figura 9.2 - Nomenclatura frame

IN53 - Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	33 di 57

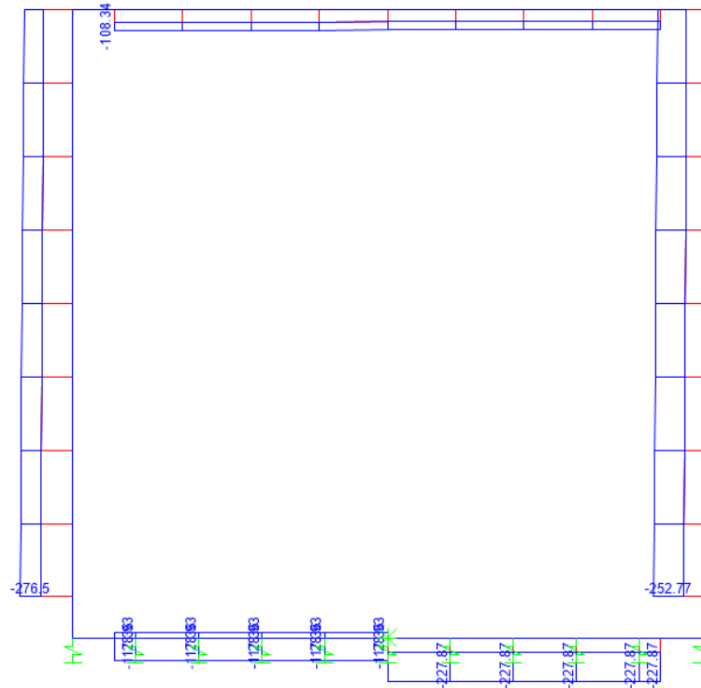


Figura 9.3 - Sforzo Normale - Involuppo SLU

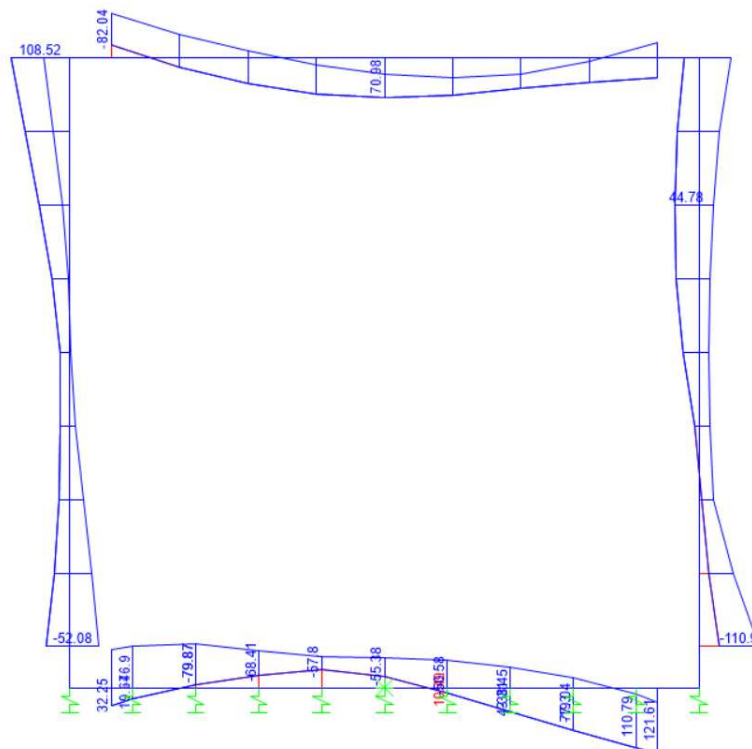


Figura 9.4 - Momento flettente - Involuppo SLU

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	34 di 57

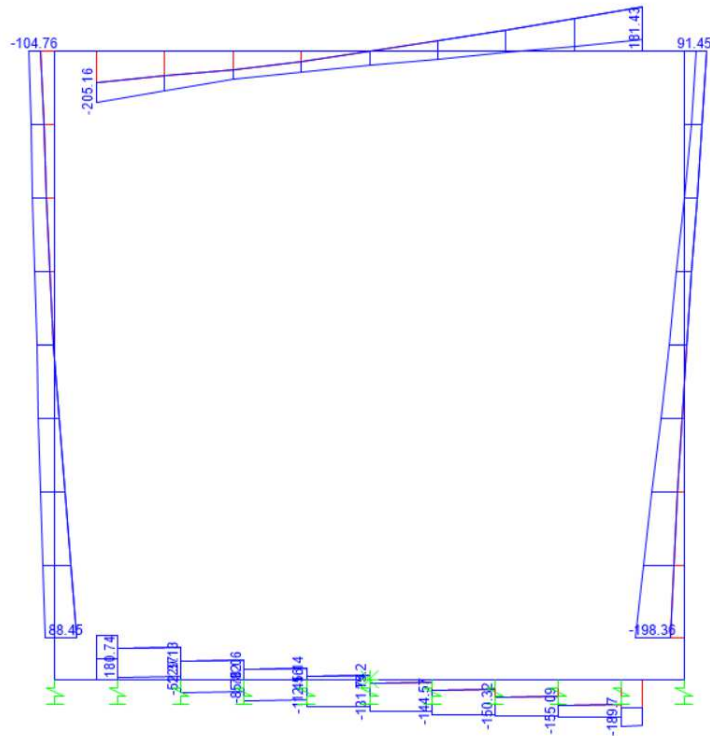


Figura 9.5 - Taglio – Involuppo SLU

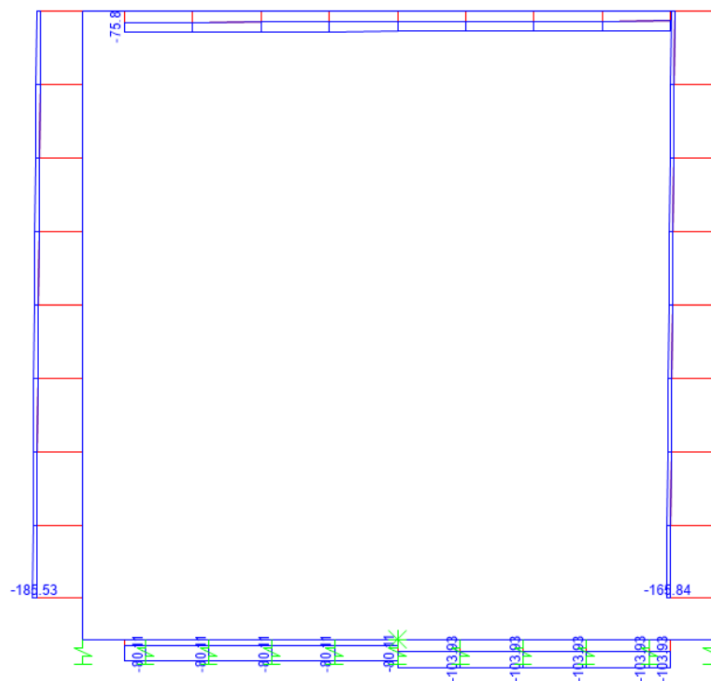


Figura 9.6 - Sforzo Normale – Involuppo SLE-Rara

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	35 di 57

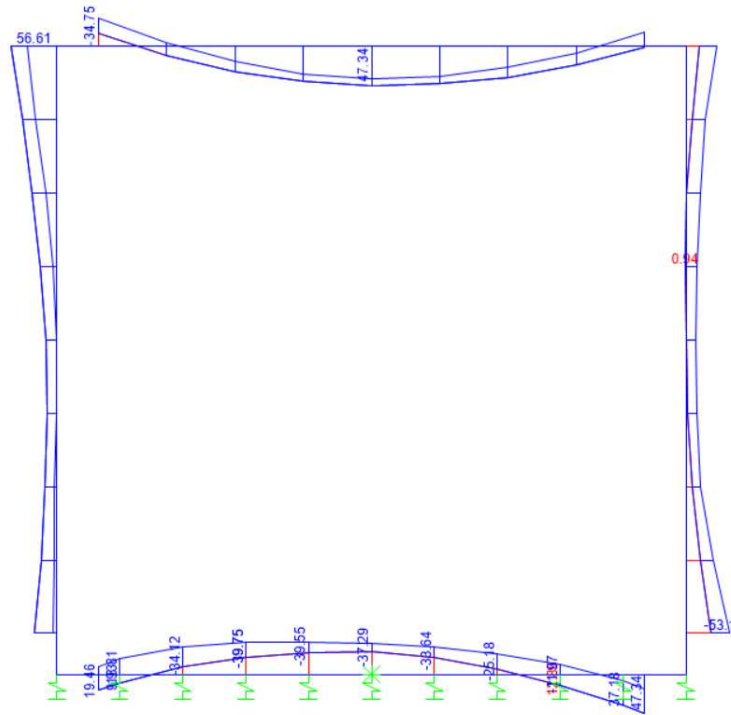


Figura 9.7 - Momento flettente – Involuppo SLE-Rara

9.5 Verifiche strutturali

9.5.1 Verifica piedritti

Sezione: 30 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:

Spille φ 12/40x20 cm.

IN53 - Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	37 di 57

• Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

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

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	$h = 30 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 8 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 22 \text{ cm}$

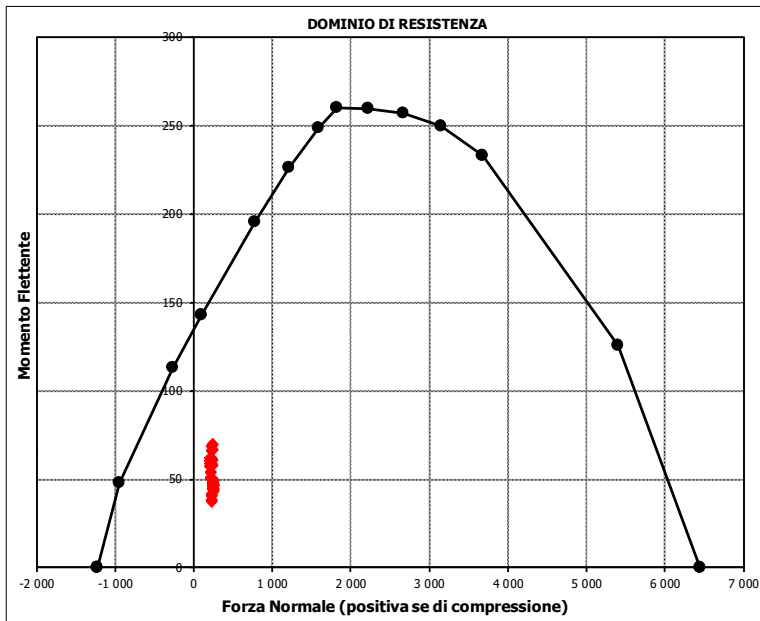
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm^2
		0.00	cm^2
		0.00	cm^2
		15.71	cm^2

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm^2
		0.00	cm^2
		0.00	cm^2
		15.71	cm^2

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax) Fr_3St_01	253	44	
(Nmin) Fr_3St_72	96	108	
(Mmax) Fr_3St_75	101	111	
(Mmin) Fr_3St_38	223	38	

Caratteristiche di sollecitazioni

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	253	44	53S3-11M	250	47
02S1-11T	253	44	54S3-11T	250	47
03S1-12M	253	46	55S3-12M	250	49
04S1-12T	253	46	56S3-12T	250	49
05S1-13M	238	67	57S3-13M	235	70
06S1-13T	238	67	58S3-13T	235	70
07S1-14	223	38	59S3-14S	245	47
08S1-15	209	59	60S3-15S	245	48
09S1-16S	249	43	61S3-16S	236	61
10S1-17S	249	45	62S3-21M	250	50
11S1-18S	240	58	63S3-21T	250	50
12S1-19S	223	38	64S3-22M	250	52
13S1-20S	214	51	65S3-22T	250	52
14S1-21M	253	47	66S3-23M	237	71
15S1-21T	253	47	67S3-23T	237	71
16S1-22M	253	49	68S3-24S	245	50
17S1-22T	253	49	69S3-25S	245	51
18S1-23M	238	70	70S3-26S	237	64
19S1-23T	238	70	71SSS1--	101	109
20S1-24	223	42	72SSS2--	96	108
21S1-25	209	62	73SSS3--	140	63
22S1-26S	249	47	74SSS4--	123	60
23S1-27S	249	48	75SSS5--	101	111
24S1-28S	240	61	76SSS6--	96	110
25S1-29S	223	41	77SSS7--	140	65
26S1-30S	214	54	78SSS8--	123	63
27S1T11M	244	45	79SSS9S	101	107
28S1T11T	244	45	80SSS10S	96	107
29S1T12M	244	47	81SSS11S	140	62
30S1T12T	244	47	82SSS12S	123	59
31S1T13M	231	66	83SSS13S	101	110
32S1T13T	231	66	84SSS14S	96	109
33S1T14	223	38	85SSS15S	140	64
34S1T15	210	57	86SSS16S	123	61
35S1T16S	241	45			
36S1T17S	241	46			
37S1T18S	232	59			
38S1T19S	223	38			
39S1T20S	214	51			
40S1T21M	244	48			
41S1T21T	244	48			
42S1T22M	244	50			
43S1T22T	244	50			
44S1T23M	231	69			
45S1T23T	231	69			
46S1T24	223	41			
47S1T25	210	60			
48S1T26S	241	48			
49S1T27S	241	49			
50S1T28S	232	62			
51S1T29S	223	41			
52S1T30S	214	54			



IN53 - Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	38 di 57

• Verifica a pressoflessione sommità (Pied-Sommità)

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	$h = 30$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 22$ cm

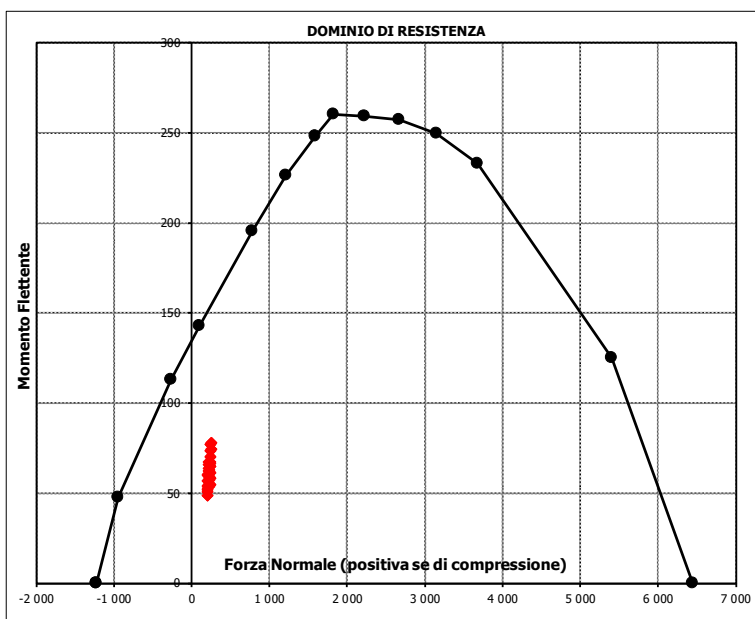
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	cm ²
5	20	15.71	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		15.71	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	cm ²
5	20	15.71	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		15.71	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_2St_57S	255	82
(Nmin)	Fr_2St_82S	154	62
(Mmax)	Fr_2St_71S	199	109
(Mmin)	Fr_2St_51S	201	49

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd		
01S1-11M	237	58	53S3-11M	240 62
02S1-11T	237	58	54S3-11T	240 62
03S1-12M	237	65	55S3-12M	240 69
04S1-12T	237	65	56S3-12T	240 69
05S1-13M	252	78	57S3-13M	255 82
06S1-13T	252	78	58S3-13T	255 82
07S1-14-	201	54	59S3-14S	236 61
08S1-15-	216	67	60S3-15S	236 65
09S1-16S	233	57	61S3-16S	245 73
10S1-17S	233	62	62S3-21M	240 58
11S1-18S	242	70	63S3-21T	240 58
12S1-19S	201	52	64S3-22M	240 65
13S1-20S	210	60	65S3-22T	240 65
14S1-21M	237	55	66S3-23M	254 76
15S1-21T	237	55	67S3-23T	254 76
16S1-22M	237	62	68S3-24S	236 57
17S1-22T	237	62	69S3-25S	236 62
18S1-23M	252	75	70S3-26S	245 70
19S1-23T	252	75	71SSS1-	199 109
20S1-24-	201	51	72SSS2-	194 107
21S1-25-	216	64	73SSS3-	173 67
22S1-26S	233	54	74SSS4-	155 63
23S1-27S	233	58	75SSS5-	199 106
24S1-28S	242	66	76SSS6-	194 105
25S1-29S	201	49	77SSS7-	173 64
26S1-30S	210	57	78SSS8-	155 60
27S1T11M	233	59	79SSS9S	198 107
28S1T11T	233	59	80SSS10S	193 106
29S1T12M	233	65	81SSS11S	171 66
30S1T12T	233	65	82SSS12S	154 62
31S1T13M	246	77	83SSS13S	198 105
32S1T13T	246	77	84SSS14S	193 104
33S1T14-	201	54	85SSS15S	171 63
34S1T15-	214	66	86SSS16S	154 59
35S1T16S	229	58		
36S1T17S	229	63		
37S1T18S	238	71		
38S1T19S	201	52		
39S1T20S	210	60		
40S1T21M	233	55		
41S1T21T	233	55		
42S1T22M	233	62		
43S1T22T	233	62		
44S1T23M	246	74		
45S1T23T	246	74		
46S1T24-	201	50		
47S1T25-	214	62		
48S1T26S	229	55		
49S1T27S	229	59		
50S1T28S	238	67		
51S1T29S	201	49		
52S1T30S	210	57		



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

Calcestruzzo		Sollecitazioni		Piedritto	
Tipo	C30/37	V_{Ed}	kN		198
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		12
α_{cc}	0.85	Numero barre			5
f_{cd}	17.4 N/mm ²	A_{sw}	cm ²		5.65
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		20
		n_2			-
		\varnothing_2	mm		-
		Asl	cm ²		15.71
Sezione					
b_w	cm				100
H	cm				30
c	cm				8
d	cm				22
k	N/mm ²				1.95
v_{min}	N/mm ²				0.53
ρ					0.0071
σ_{cp}	N/mm ²				0.00
α_c					1.00
Resistenza senza armatura a taglio					
V_{Rd}	kN				144
Resistenza con armatura a taglio					
Inclinazione puntone θ	°				21.8
V_{RSd}	kN				274
V_{RCd}	kN				594
V_{Rd}	kN				274

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	40 di 57

• Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spice)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	53.10	kN m
Sforzo normale	N	153	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	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS ₁ '	15.71	cm ²	5 Ø 20	C _{s1} = 8.0 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS ₂ '	0.00	cm ²	0 Ø 0	C _{s2} = 9.0 cm
Armatura tesa (2° strato)	AS ₂	0.00	cm ²	0 Ø 0	C _{t2} = 9.0 cm
Armatura tesa (1° strato)	AS ₁	15.71	cm ²	5 Ø 20	C _{t1} = 8.0 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ _c	6.6	N/mm ²	< σ _{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ _s	123.7	N/mm ²	< σ _{samm}

Eccentricità	e (M)	34.7	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	19.7	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	9.7	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A _{id}	3440	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J _{id}	248090.706	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J _{id*}	66962.28343	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f _{ctk})	M _{fess*}	46	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f _{ctm})	M _{fess}	63	kN m	
Eccentricità per M=M _{fess}	e (M _{fess})	41.1	cm	
	u (M _{fess})	26.1	cm	
Compressione max nel cls. per M=M _{fess}	σ _{cr}	7.8		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per M=M _{fess}	σ _{sr}	155.7	N/mm ²	
Posizione asse neutro per M=M _{fess}	y (M _{fess})	9.5	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k _t	0.6		
Altezza efficace	h _{c,eff}	6.85	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α _e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS _{eff}	15.71	cm ²	
Area efficace	AC _{eff}	684.98	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ _{eff}	0.0229	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ε _{sm}	0.000311436	-	
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}	20.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs _{max}	318.2637143	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs _m	187.2139496	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w _m	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w _d	0.10	mm	

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	41 di 57

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	56.61	kN m
Sforzo normale	N	169	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_{amm}	337.5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	30	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = 8.0$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = 9.0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = 9.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{t1} = 8.0$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	7.0	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	129.8	N/mm ²	< σ_{amm}

Eccentricità	e (M)	33.4	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	18.4	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	9.8	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	3440	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	248090.706	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	67309.92385	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	47	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	64	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	37.6	cm	
	u (M_{fess})	22.6	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	7.9	N/mm ²	
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	152.9	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	9.6	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	6.80	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	15.71	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	680.06	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0231	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000305819	-	
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}	20.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	317.1987562	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	186.5875036	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.10	mm	



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

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	42 di 57

9.5.2 Verifica soletta superiore

Sezione: 30 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:

Spille ϕ 12/40x20 cm.

IN53 - Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	43 di 57

• 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	$\gamma_s = 1.15$
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 caratteristica	$R_{ck} = 37$ N/mm ²
Resistenza di calcolo	$f_{ck} = 30.71$ N/mm ²
Coef. di variazione	$V_c = 1.5$
Resistenza di calcolo	$f_{cd} = 20.5$ N/mm ²
Resistenza caratteristica	$f_{cc} = 17.4$ N/mm ²

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

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 30$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 22$ cm

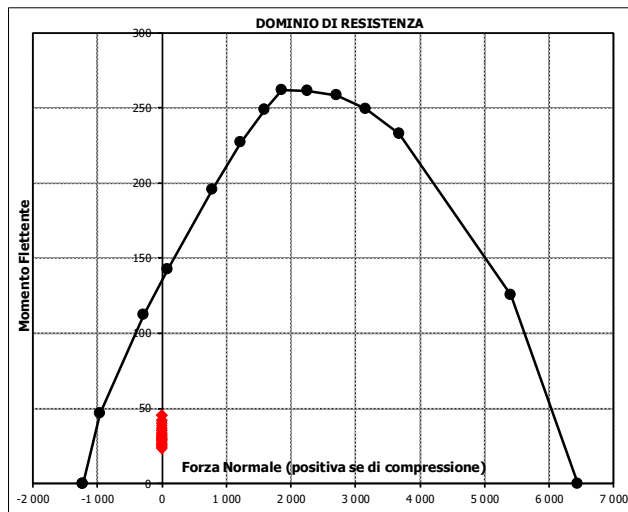
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
15.71 cm²			

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
15.71 cm²			

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_1St_01 \leq	0	28
(Nmin)	Fr_1St_01 \leq	0	28
(Mmax)	Fr_1St_71 \leq	0	82
(Mmin)	Fr_1St_51 \leq	0	23

Caratteristiche di sollecitazione

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



IN53 - Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	44 di 57

• 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
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 _{ct}	17.4 N/mm ²

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

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 30$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.0$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 22$ cm

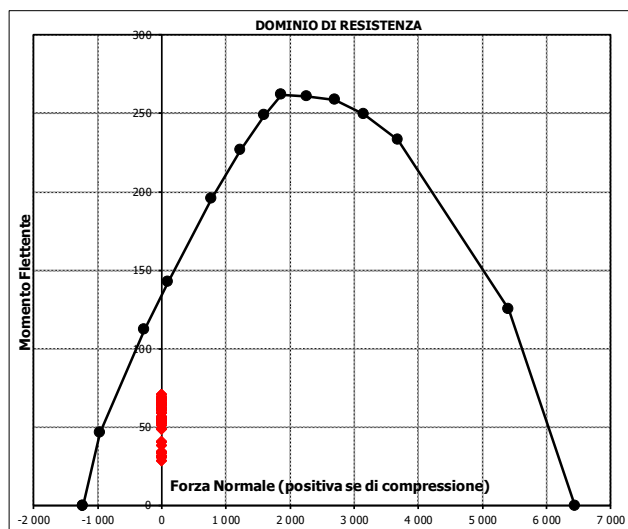
Armatura tesa		
N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm ²
		0.00 cm ²
		0.00 cm ²
15.71 cm²		

Armatura compressa		
N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm ²
		0.00 cm ²
		0.00 cm ²
15.71 cm²		

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]
(Nmax) Fr_1St_01S	0	68
(Nmin) Fr_1St_01S	0	68
(Mmax) Fr_1St_14S	0	71
(Mmin) Fr_1St_80S	0	29

Caratteristiche di sollecitazione

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



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

Calcestruzzo		Sollecitazioni		Soletta sup	
Tipo	C30/37	V_{Ed}	kN		205
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		12
α_{cc}	0.85	Numero barre			5
f_{cd}	17.4 N/mm ²	A_{sw}	cm ²		5.65
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		20
		n_2			-
		\varnothing_2	mm		-
		Asl	cm ²		15.71
		Sezione			
		b_w	cm		100
		H	cm		30
		c	cm		8
		d	cm		22
		k	N/mm ²		1.95
		v_{min}	N/mm ²		0.53
		ρ			0.0071
		σ_{cp}	N/mm ²		0.00
		α_c			1.00
		Resistenza senza armatura a taglio			
		V_{Rd}	kN		144
		Resistenza con armatura a taglio			
		Inclinazione puntone θ	°		21.8
		V_{RSd}	kN		274
		V_{RCd}	kN		594
		V_{Rd}	kN		274

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	46 di 57

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	34.75	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	30	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = \mathbf{8.0}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{i2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{i1} = \mathbf{8.0}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.4	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	114.7	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	8.1	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	3440	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	248090.706	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	63240.43535	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	39	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

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	48 di 57

9.5.3 Verifica soletta inferiore

Sezione: 30 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:

Spille ϕ 12/40x20 cm.

IN53 - Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	49 di 57

• 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	$h = 30$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 22$ cm

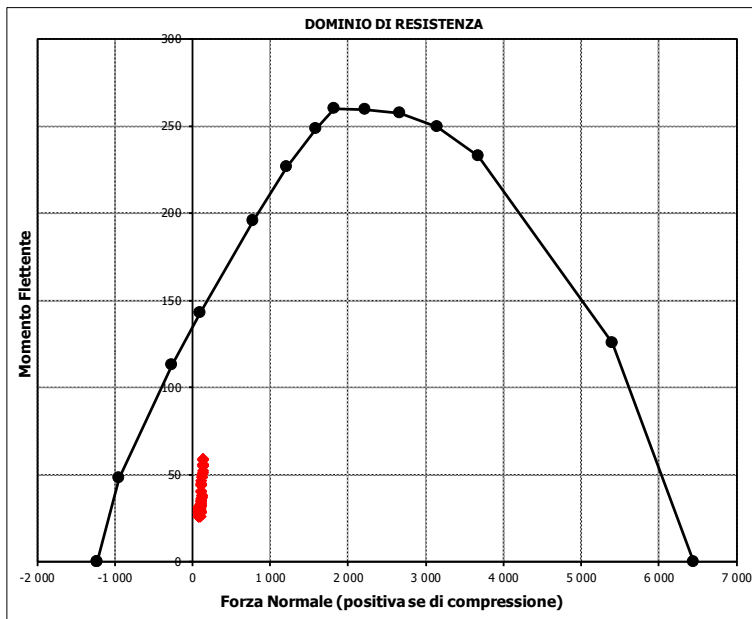
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	cm ²
5	20	15.71	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		15.71	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	cm ²
5	20	15.71	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		15.71	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_13St_76	228	121
(Nmin)	Fr_13St_01	75	26
(Mmax)	Fr_13St_75	228	122
(Mmin)	Fr_13St_05	75	26

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd		
01S1-11M	75	26	53S3-11M	78 30
02S1-11T	75	26	54S3-11T	78 30
03S1-12M	116	33	55S3-12M	120 37
04S1-12T	116	33	56S3-12T	120 37
05S1-13M	135	56	57S3-13M	138 59
06S1-13T	135	56	58S3-13T	138 59
07S1-14-	114	29	59S3-14S	78 29
08S1-15-	133	51	60S3-15S	106 34
09S1-16S	75	26	61S3-16S	118 49
10S1-17S	103	31	62S3-21M	81 33
11S1-18S	115	45	63S3-21T	81 33
12S1-19S	101	26	64S3-22M	119 40
13S1-20S	113	41	65S3-22T	119 40
14S1-21M	78	29	66S3-23M	137 60
15S1-21T	78	29	67S3-23T	137 60
16S1-22M	119	37	68S3-24S	81 33
17S1-22T	119	37	69S3-25S	109 38
18S1-23M	138	59	70S3-26S	120 52
19S1-23T	138	59	71SSS1-	225 119
20S1-24-	117	32	72SSS2-	226 119
21S1-25-	136	55	73SSS3-	130 61
22S1-26S	78	29	74SSS4-	130 60
23S1-27S	106	34	75SSS5-	228 122
24S1-28S	118	48	76SSS6-	228 121
25S1-29S	104	30	77SSS7-	132 63
26S1-30S	116	44	78SSS8-	132 63
27S1T11M	77	28	79SSS9S	223 118
28S1T11T	77	28	80SSS10S	223 117
29S1T12M	115	35	81SSS11S	127 59
30S1T12T	115	35	82SSS12S	127 59
31S1T13M	133	55	83SSS13S	225 120
32S1T13T	133	55	84SSS14S	225 120
33S1T14-	111	28	85SSS15S	129 62
34S1T15-	128	49	86SSS16S	130 61
35S1T16S	77	28		
36S1T17S	105	33		
37S1T18S	116	47		
38S1T19S	100	26		
39S1T20S	112	40		
40S1T21M	80	31		
41S1T21T	80	31		
42S1T22M	118	38		
43S1T22T	118	38		
44S1T23M	136	59		
45S1T23T	136	59		
46S1T24-	114	32		
47S1T25-	131	52		
48S1T26S	80	31		
49S1T27S	108	36		
50S1T28S	119	50		
51S1T29S	103	30		
52S1T30S	115	44		



IN53 - Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	50 di 57

• 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	$h = 30$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 22$ cm

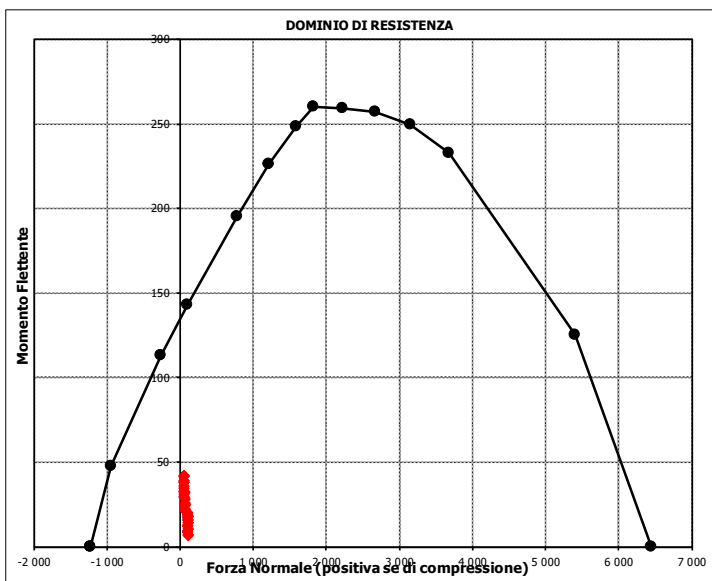
Armatura tesa		
N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm ²
		0.00 cm ²
		0.00 cm ²
15.71 cm²		

Armatura compressa		
N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm ²
		0.00 cm ²
		0.00 cm ²
15.71 cm²		

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd [kN]	Msd [kNm]	
(Nmax)	Fr_5St_20s	117	6
(Nmin)	Fr_5St_71s	-29	80
(Mmax)	Fr_5St_71s	-29	80
(Mmin)	Fr_5St_20s	117	6

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd			
01S1-11M	68	25	53S3-11M	65	28
02S1-11T	68	25	54S3-11T	65	28
03S1-12M	110	18	55S3-12M	107	21
04S1-12T	110	18	56S3-12T	107	21
05S1-13M	49	42	57S3-13M	46	45
06S1-13T	49	42	58S3-13T	46	45
07S1-14	114	10	59S3-14S	65	27
08S1-15	54	35	60S3-15S	93	23
09S1-16S	68	24	61S3-16S	53	38
10S1-17S	97	20	62S3-21M	68	24
11S1-18S	56	35	63S3-21T	68	24
12S1-19S	101	12	64S3-22M	107	18
13S1-20S	60	28	65S3-22T	107	18
14S1-21M	71	21	66S3-23M	51	40
15S1-21T	71	21	67S3-23T	51	40
16S1-22M	113	14	68S3-24S	68	24
17S1-22T	113	14	69S3-25S	96	19
18S1-23M	53	39	70S3-26S	57	35
19S1-23T	53	39	71SSS1--	-29	80
20S1-24	117	6	72SSS2--	-29	79
21S1-25	57	31	73SSS3--	12	43
22S1-26S	71	21	74SSS4--	12	41
23S1-27S	100	16	75SSS5--	-27	77
24S1-28S	59	32	76SSS6--	-27	77
25S1-29S	104	9	77SSS7--	14	41
26S1-30S	64	25	78SSS8--	15	38
27S1T11M	67	26	79SSS9S	-28	79
28S1T11T	67	26	80SSS10S	-28	78
29S1T12M	105	19	81SSS11S	13	42
30S1T12T	105	19	82SSS12S	13	40
31S1T13M	49	42	83SSS13S	-26	76
32S1T13T	49	42	84SSS14S	-26	76
33S1T14	111	11	85SSS15S	15	40
34S1T15	55	33	86SSS16S	16	37
35S1T16S	67	25			
36S1T17S	94	21			
37S1T18S	55	36			
38S1T19S	100	13			
39S1T20S	61	28			
40S1T21M	70	22			
41S1T21T	70	22			
42S1T22M	108	16			
43S1T22T	108	16			
44S1T23M	52	38			
45S1T23T	52	38			
46S1T24	114	7			
47S1T25	58	30			
48S1T26S	70	22			
49S1T27S	97	17			
50S1T28S	58	33			
51S1T29S	103	9			
52S1T30S	64	25			



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

Calcestruzzo		Sollecitazioni		Soletta inf	
Tipo	C30/37	V_{Ed}	kN		190
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		12
α_{cc}	0.85	Numero barre			5
f_{cd}	17.4 N/mm ²	A_{sw}	cm ²		5.65
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		20
		n_2			-
		\varnothing_2	mm		-
		Asl	cm ²		15.71
		Sezione			
		b_w	cm		100
		H	cm		30
		c	cm		8
		d	cm		22
		k	N/mm ²		1.95
		v_{min}	N/mm ²		0.53
		ρ			0.0071
		σ_{cp}	N/mm ²		0.00
		α_c			1.00
		Resistenza senza armatura a taglio			
		V_{Rd}	kN		144
		Resistenza con armatura a taglio			
		Inclinazione puntone θ	°		21.8
		V_{RSd}	kN		274
		V_{RCd}	kN		594
		V_{Rd}	kN		274

IN53 - Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	52 di 57

• Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	47.34	kN m
Sforzo normale	N	104	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_{amm}	337.5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	30	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = 8.0$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = 9.0$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = 9.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{t1} = 8.0$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.9	N/mm ² < σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	121.0	N/mm ² < σ_{amm}

Eccentricità	e (M)	45.5	cm > H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	30.5	cm
Posizione asse neutro	y (M)	9.3	cm
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	3440	cm ²
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	248090.706	cm ⁴
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	65208.47388	cm ⁴

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	44	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	61	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	58.2	cm	
	u (M_{fess})	43.2	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	7.6		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	164.3	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	9.0	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.6		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	7.00	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.1	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	15.71	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	699.76	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0224	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.000328698	-	
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}	20.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	321.4632416	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	189.0960245	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.06	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.11	mm	

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	53 di 57

- Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	39.75	kN m
Sforzo normale	N	23	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	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = \mathbf{8.0}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = \mathbf{9.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{t1} = \mathbf{8.0}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.1	N/mm ²	< σ_{Camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	123.5	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	175.8	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	160.8	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	8.4	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	3440	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	248090.706	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	63348.42507	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

IN53 – Nuovo tombino al km 28+819
Relazione di calcolo scatolare 2x2

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	54 di 57

10. INCIDENZA SCATOLARE

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

Piedritti	130 kg/mc
Soletta superiore	130 kg/mc
Soletta inferiore	130 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												
IN53 – Nuovo tombino al km 28+819 <i>Relazione di calcolo scatolare 2x2</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>CLIN5300001</td> <td>B</td> <td>55 di 57</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	55 di 57
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3Z	00	D 26	CLIN5300001	B	55 di 57								

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

11.1 Tipo di analisi svolte

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

11.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo

Titolo: SAP2000 Ultimate
 Versione: 21.0.2
 Produttore: CSI Computers and Structures, Inc.

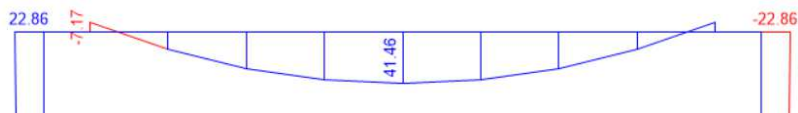
11.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Come carico di confronto è stato utilizzato il carico permanente non strutturale $G_2=97.26$ 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	97.26	kN/m
Luce di calcolo	L	2.3	m
Momento in campata	$M_{1/2}$	64.31	kNm/m
Calcolo analitico_trave incastrata			
Carico uniformemente distribuito	G_2	97.26	kN/m
Luce di calcolo	L	2.3	m
Momento in campata	$M_{1/2}$	21.44	kNm/m
SAP2000			
Momento in campata	$M_{1/2}$	41.46	kNm/m
Momento in campata_trave incastrata			
	Lim.Inf.	21.44	kNm/m
Momento in campata_SAP2000			
		41.46	kNm/m
Momento in campata_trave appoggiata			
	Lim.Sup.	64.31	kNm/m
Momento in campata_trave semi-incastrata			
	$M_{1/2}$	42.88	kNm/m
Errore	e	3.3%	

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 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.