

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

LOTTO 9: Opere Civili e Impianti Tecnologici di Piazzale per il completamento del raddoppio della linea Ponte SP – Bergamo e per lo spostamento provvisorio della linea Treviglio - Bergamo.

FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE

Relazione di calcolo vasca

SCALA:



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

N B 1 R 0 9 D 2 6 C L F A 0 6 B 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESCUTIVA	G. Grimaldi 	Febbraio 2021	A. Maran 	Febbraio 2021	M. Berlingeri 	Febbraio 2021	A. Perego Febbraio 2021



File: NB1R02D26CLFA06B0001A

n. Elab.:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE.....	4
3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
5. PARAMETRI GEOTECNICI	10
5.1 Profondità della falda.....	10
6. ANALISI DEI CARICHI	11
6.1 Pesì propri.....	11
6.2 Permanenti non strutturali.....	11
6.3 Carichi mobili (carico stradale)	11
6.4 Azione del sisma.....	12
6.5 Ritiro del calcestruzzo	16
6.6 Variazione termica.....	16
6.7 Spinta statica del terreno.....	16
6.8 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	17
6.9 Incremento di Spinta in condizione sismiche	17
7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	18
8. VERIFICHE STRUTTURALI	20
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....	20
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	20
8.3 Verifica agli stati limite d’esercizio.....	22
9. ANALISI STRUTTURALE	23
9.1 Modellazione strutturale : Scatolare	23
9.2 Analisi dei carichi.....	25
9.3 Combinazioni.....	28

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

9.4 Sollecitazioni	30
9.5 Verifiche strutturali.....	35
9.5.1 Verifica piedritti	35
9.5.2 Verifica soletta superiore.....	41
9.5.3 Verifica soletta inferiore.....	47
10.INCIDENZA SCATOLARE	53
11.DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2)	54
11.1 Tipo di analisi svolte.....	54
11.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo.....	54
11.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	54

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

1. PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito del progetto definitivo del raddoppio ferroviario San Pietro – Bergamo – Montello, Lotto 9, ed è ubicata alla progressiva 1+230 circa.

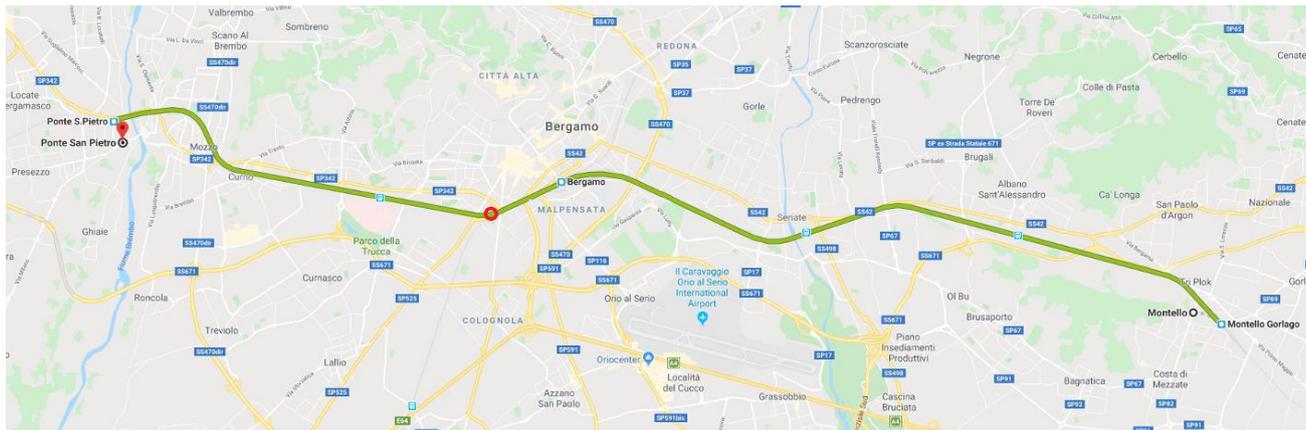


Figura 1.1– Ubicazione del tracciato

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale della vasca di laminazione denominata FA06B, posta in prossimità della sede ferroviaria al di sotto del piazzale TE in progetto.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

2. DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale della vasca di laminazione FA06B, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	6.90	m
Altezza totale	Htot	4.90	m
Spessore soletta superiore	ss	0.60	m
Spessore piedritti	sp	0.60	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.60	m
Luce libera	Lint	5.70	m
Altezza libera media	Hint	3.70	m

Si riportano, di seguito, la sezioni e la pianta della struttura.

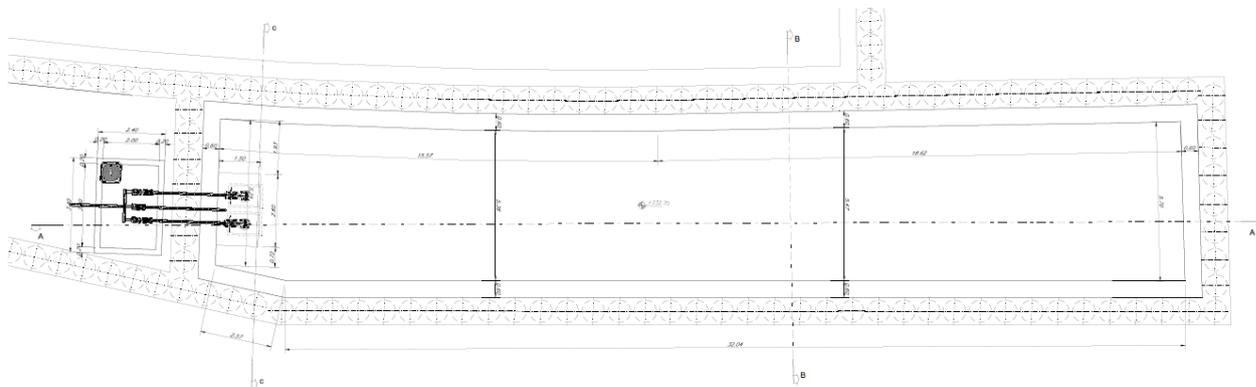


Figura 2.1 - Pianta vasca di laminazione

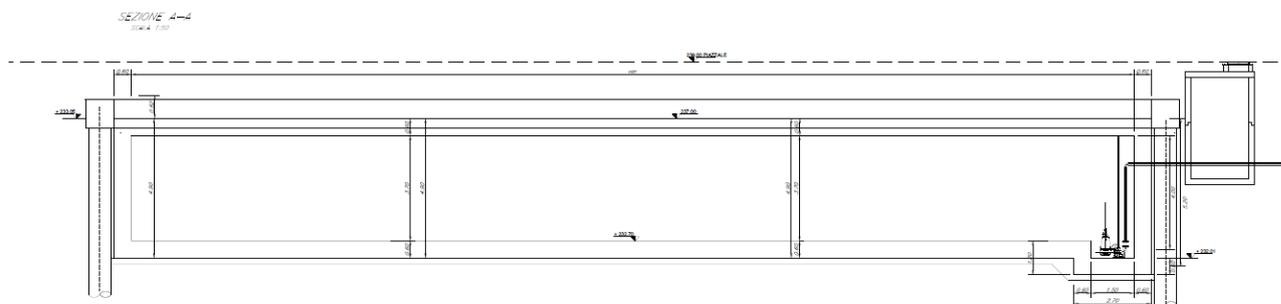


Figura 2.2 – Sezione longitudinale vasca di laminazione

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO					
	LOTTO 9					
	FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
Relazione di calcolo vasca	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1R	09D26	CL	FA06B0001	A	5 di 55

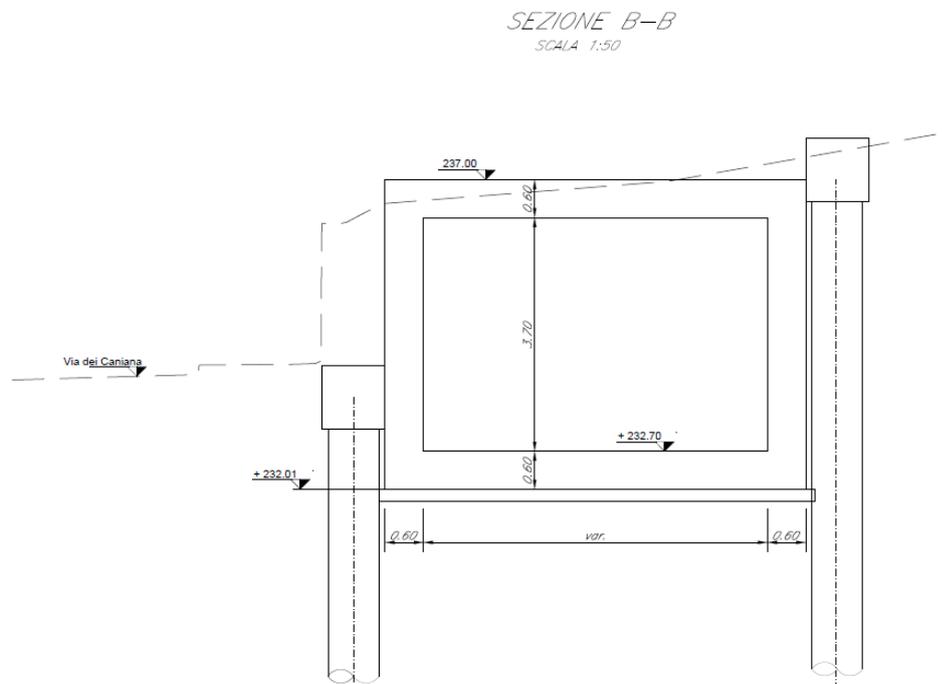


Figura 2.3 – Sezione trasversale vasca di laminazione

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

Geometria del Ricoprimento			
Pacchetto stradale	Hp	0.11	m
Ricoprimento	Hr	2.00	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.05	m

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca					
	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A	FOGLIO 6 di 55

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 C32/40				
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza cubica a compressione	R_{ck}		N/mm ²	40.0
Resistenza cilindrica a compressione	f_{ck}	$0.83 * R_{ck}$	N/mm ²	33.2
Resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm}	$f_{ck} + 8$	N/mm ²	41.2
Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli	α_{cc} ($t > 28$ gg)		-	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	18.8
Resistenza cilindrica media a trazione	f_{ctm}	$0.3 * (f_{ck})^{2/3}$	N/mm ²	3.1
Resistenza cilindrica media a trazione	f_{ctk}	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm ²	2.2
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	f_{ctk} / γ_c	N/mm ²	1.4
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctfm}	$1.2 * f_{ctm}$	N/mm ²	3.7
Resistenza cilindrica caratteristica a trazione	f_{ctk}	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm ²	2.6
Modulo elastico	E_{cm}	$22000 * (f_{cm} / 10)^{0.3}$	N/mm ²	33643
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	4.9
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	f_{bd}	f_{bk} / γ_c	N/mm ²	3.3
Tensioni di progetto del cls allo S.L.E.				
Massima tensione di compressione in combinazione di carico RARA	σ_c	$0.60 * f_{ck}$	N/mm ²	18.3
Massima tensione di compressione in combinazione di carico PERMANENTE	σ_c	$0.45 * f_{ck}$	N/mm ²	13.3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
Relazione di calcolo vasca	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1R	09D26	CL	FA06B0001	A	8 di 55

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	$f_{y\ d}$	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	$0.80 * f_{yk}$	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 \geq Co	Cmin \leq C<Co	C \geq Co	Cmin \leq C<Co	C \geq Co	Cmin \leq C<Co	C \geq Co	Cmin \leq 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 riportata nel prospetto seguente:

Classe di esposizione: XC4

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

Il valore limite di apertura delle fessure calcolato secondo le combinazioni agli SLE (frequente e quasi permanente) è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$w_1 = 0.2$ mm

$w_2 = 0.3$ mm

$w_3 = 0.4$ mm

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

5. PARAMETRI GEOTECNICI

Gli elaborati di riferimento sono:

Relazione geotecnica generale	N	B	1	R	0	9	D	2	6	G	E	G	E	0	0	0	5	0	0	1
-------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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

Strato	Profondità media	Profondità media	Descrizione
	Da [m da p.c.]	A [m da p.c.]	
Ug1	0	24.5	S(G), S,G Sabbia ghiaiosa e sabbia con ghiaia
Ug3b	24.5	27.8	A(S), A,S Argilla sabbiosa e argilla con sabbia
Ug4	27.8	30.2	S(G), S,G Sabbia ghiaiosa e sabbia con ghiaia
Ug3b	30.2	32.5	A(S), A,S Argilla sabbiosa e argilla con sabbia
Ug4	32.5	-	S(G), S,G Sabbia ghiaiosa e sabbia con ghiaia

Strato	Parametri di resistenza					Parametri di deformabilità					
	γ_n	K_0	φ'	c'	c_u	G_0	E_0	E_{op1}	E_{op2}	ν'	k_v (*)
	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]
Ug1	20	0.42	35	0	-	50 - 120	125 - 300	10 - 30	15 - 40	0.25	1.00E-06
Ug3b	19	0.60	24	0	100	150	375	30	50	0.25	1.00E-10
Ug4	20	0.38	38	0	-	220	550	60	80	0.25	1.00E-06
Ug3b	19	0.60	24	0	110	160	400	40	60	0.25	1.00E-10
Ug4	20	0.38	38	0	-	250	625	80	100	0.25	1.00E-06

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 a 20 m dal p.c.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca					
	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A	FOGLIO 11 di 55

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 Pesi propri

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

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

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

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

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

Pacchetto stradale: $\gamma_{pac} = 24.00 \text{ kN/m}^3$

6.2 Permanenti non strutturali

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta superiore:

- Strato di usura;
- Binder;
- Strato di base;
- Strato di fondazione di inerti stabilizzati all'acqua e compattati.

6.3 Carichi mobili (carico stradale)

Per quanto attiene il sovraccarico stradale si considerano a favore di sicurezza 20 kN/m^2 agenti sul piazzale al di sopra della vasca di laminazione.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

6.4 Azione del sisma

Per le opere d'arte di progetto afferenti la ferrovia vengono utilizzati, a vantaggio di sicurezza, i seguenti valori: $V_N=50$ anni e classe d'uso II a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1.0$.

La vita di riferimento V_R è quindi pari a 50 anni.

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

- Classe d'uso: II
- Coefficiente d'uso $C_U = 1.0$
- Vita nominale $V_N = 50$ 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.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

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: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, a "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 - $P_{VR} = 81\%$
 SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU { SLV - $P_{VR} = 10\%$
 SLC - $P_{VR} = 5\%$

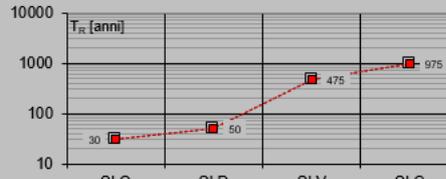
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

--- Strategie per costruzioni ordinarie

--- Strategie scelte

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV/
a_g	0.105 g
F_0	2.419
T_C	0.271 s
S_S	1.200
C_C	1.428
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.129 s
T_C	0.387 s
T_D	2.020 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_l \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{\beta(5+\beta)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6, §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_q(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_q(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_q(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

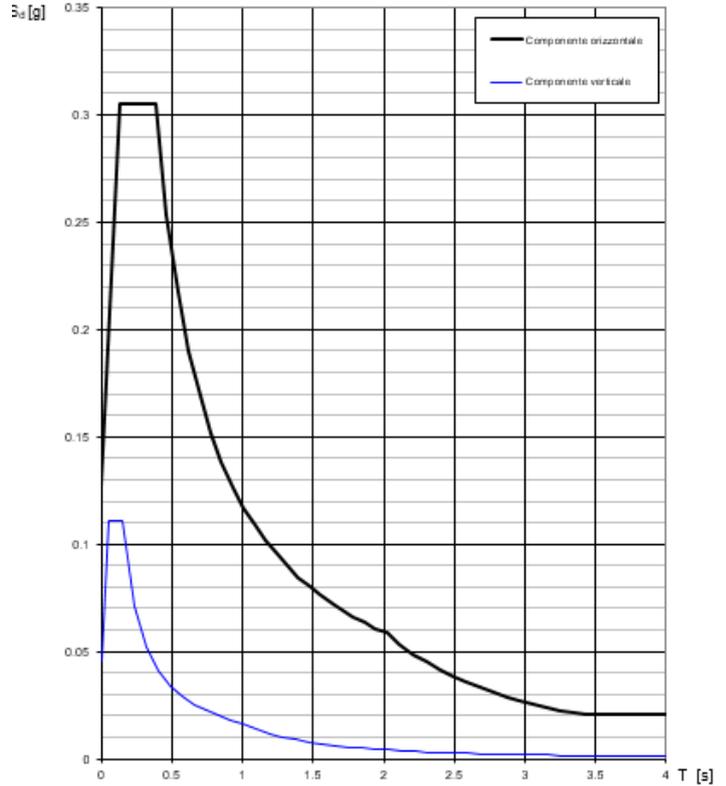
$$T_D \leq T \quad S_q(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_q(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.126
0.129	0.305
0.387	0.305
0.465	0.254
0.543	0.218
0.621	0.190
0.698	0.169
0.776	0.152
0.854	0.138
0.932	0.127
1.009	0.117
1.087	0.109
1.165	0.101
1.243	0.095
1.320	0.089
1.398	0.084
1.476	0.080
1.554	0.076
1.631	0.072
1.709	0.069
1.787	0.066
1.865	0.063
1.942	0.061
2.020	0.058
2.114	0.053
2.209	0.049
2.303	0.045
2.397	0.042
2.491	0.038
2.586	0.036
2.680	0.033
2.774	0.031
2.869	0.029
2.963	0.027
3.057	0.026
3.151	0.024
3.246	0.023
3.340	0.021
3.434	0.021
3.529	0.021
3.623	0.021
3.717	0.021
3.811	0.021
3.906	0.021
4.000	0.021

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



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

6.5 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.

6.6 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:

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

6.7 Spinta statica del terreno

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

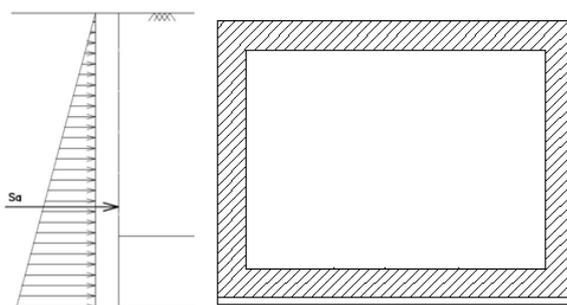


Figura 6.1 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca					
COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A	FOGLIO 17 di 55	

6.8 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

E' considerato un carico di 10 kN/m^2 a tergo, per tener conto di un eventuale passaggio dei mezzi di manutenzione. 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.

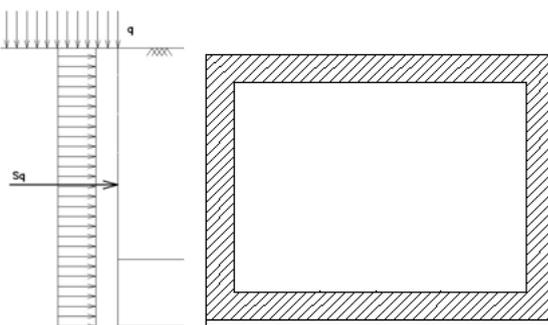


Figura 6.2– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

6.9 Incremento di Spinta in condizione sismiche

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

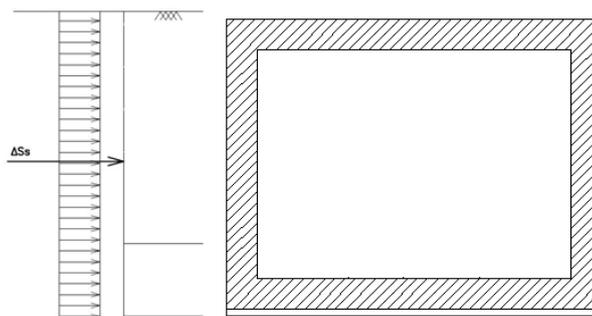


Figura 6.3– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

7. COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione Rara (SLE irreversibile):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Frequente (SLE reversibile):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella tabella seguente.

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	†	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

		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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
Relazione di calcolo vasca	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1R	09D26	CL	FA06B0001	A	20 di 55

8. VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

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

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

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

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

8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

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

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

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

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

- Resistenza di progetto a “taglio trazione”:

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

- Resistenza di progetto a “taglio compressione”:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

Nelle espressioni precedenti i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

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

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

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

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:

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

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

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

9. ANALISI STRUTTURALE

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

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità \emptyset dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria, 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

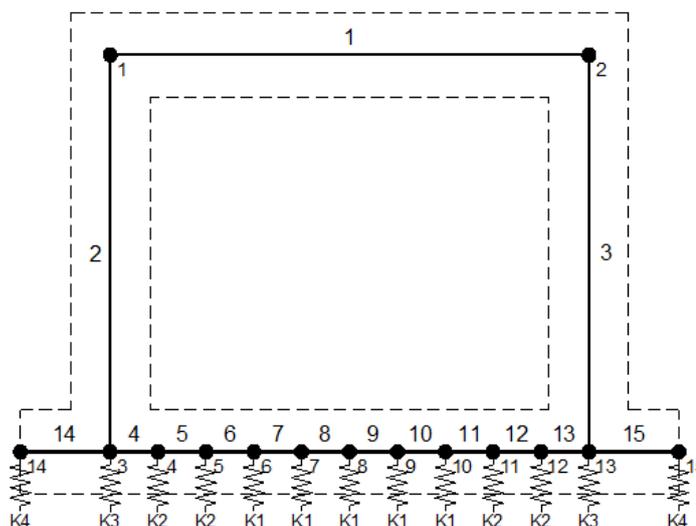
x = asse trasversale dello scatolare

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.



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

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 0.

Per la rigidità delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale K_w pari a **2231 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:

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

Dove:

E	modulo elastico del terreno
ν	coefficiente di Poisson
B	larghezza della fondazione
L	lato maggiore della fondazione
c_t	fattore di forma (Bowles, 1960)
K_w	coefficiente di sottofondo alla Winkler

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

Rigidezze molle

Interasse molle	i	$(0.60/2 + 5.70 + 0.60/2) / 10 =$	0.63 m
Molle centrali	K1	$2231 \cdot 0.63 =$	1 406 kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 2231 \cdot 0.63 =$	2 108 kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 2231 \cdot (0.63/2 + 0.60/2) =$	2 744 kN/m
Molle risolto	K4	-	0 kN/m

La rigidità 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

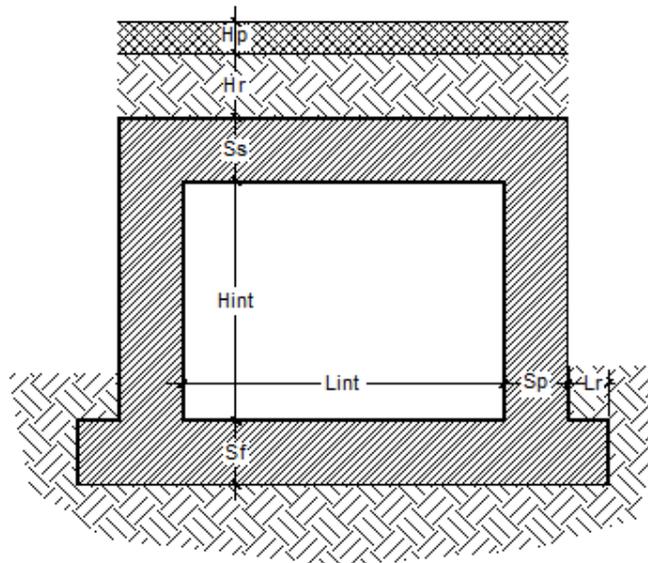
Calcestruzzo armato - Peso specifico	γ	25	kN/m ³
Calcestruzzo armato - Tipo		C32/40	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R_{ck}	40	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f_{ck}	33.2	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E	33600	N/mm ²
Pacchetto stradale - Peso specifico	γ	24	kN/m ³
Terreno del rilevato - Peso specifico	γ	19	kN/m ³
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ	35	°
Terreno di fondazione	K_w	2231	kN/m ³
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione		aggressive	

Ricoprimento

Spessore pacchetto stradale	H_p	0.11	m
Spessore del rinterro	H_r	2.00	m

Geometria

Spessore soletta superiore	S_s	0.60	m
Spessore soletta di fondazione	S_f	0.60	m
Spessore piedritti	S_p	0.60	m
Altezza netta	H_{int}	3.70	m
Larghezza netta	L_{int}	5.70	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L_r	0.00	m



Tab. 4: Geometria del modello

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

Azioni elementari applicate

Carichi permanenti

Soletta superiore			
Peso pacchetto stradale	Ps	$0.11 \cdot 24 =$	2.64 kN/m ²
Peso del rinterro	Pr	$2.00 \cdot 19 =$	38.00 kN/m ²
Totale			40.64 kN/m²

Carichi accidentali sulla copertura

Carico distribuito			
	q _{1k}		20.00 kN/m²

Azione termica

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

Ritiro (applicato alla soletta superiore)

ΔT_R		-10 °
--------------	--	-------

Spinta del terreno

K0		$1 - \text{sen}(35^\circ) =$	0.426
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.426 \cdot 40.64 =$	17.33 kN/m ²
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.426 \cdot (40.64 + 19 \cdot 0.60/2) =$	19.76 kN/m²
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [40.64 + 19 \cdot (0.60/2 + 3.70 + 0.60/2)] =$	54.60 kN/m²
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [40.64 + 19 \cdot (0.60/2 + 3.70 + 0.60)] =$	57.03 kN/m ²
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(17.33 + 19.76) / 2 \cdot 0.60 / 2 =$	5.56 kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(54.60 + 57.03) / 2 \cdot 0.60 / 2 =$	16.74 kN/m

Spinta del carico accidentale

Spinta dovuta al q ₁	p		4.26 kN/m²
---------------------------------	---	--	------------------------------

Sisma orizzontale

Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV
Vita nominale	V _N		50 anni
Classe d'uso	C _u		II
Coefficiente C _u	C _u		1
Periodo di riferimento	V _R		50 anni
accelerazione orizzontale	a _g /g		0.105
amplificazione spettrale	F _o		2.419
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	B
Coeff. Amplificazione stratigrafica	S _s		1.200
Coeff. Amplificazione topografica	S _t		1
Coefficiente S	S	= S _s · S _t	1.200
accelerazione orizzontale max	a _{max} /g	= a _g /g · S	0.126
Fattore di struttura	q		1.00
Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc.	FH _s	$0.126 \cdot (0.60 \cdot 25 + 40.64 + 0.2 \cdot 20.00) / 1.00 =$	7.51 kN/m²
Forza orizz. sui piedritti	FH _p	$0.126 \cdot (0.60 \cdot 25) / 1.00 =$	1.89 kN/m²

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

Spinta del terreno in fase sismica

Coefficiente sismico orizzontale	k_h	$= a_{max}/g$	0.126
Coefficiente sismico verticale	k_v	$= \pm 0.5 \cdot k_h$	0.063
Risultante della spinta sismica	ΔS_E	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot [(H_{int} + S_s + S_f + H_r)^2]$	114.0 kN/m
Pressione risultante	Δp_E	$= \Delta S_E / [(H_{int} + S_s/2 + S_f/2)]$	18.1 kN/m²

9.3 Combinazioni

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

N	PERM	PERM-G2	Q1-M	Q1-T	Q2	Q3	SPTSX	SPTDX	SPACCSX	SPACCDX	TERM	RITIRO	SISMAH	SPSDX	
59	59Q1-11-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
60	60Q1-12-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
61	61Q1-13-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
62	62Q1-21-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
63	63Q1-22-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
64	64Q1-23-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
65	65F1-11M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
66	66F1-11T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
67	67F1-12M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
68	68F1-12T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
69	69F1-13M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
70	70F1-13T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
71	71F1-14-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
72	72F1-15-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
73	73F1-21M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
74	74F1-21T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
75	75F1-22M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
76	76F1-22T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
77	77F1-23M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
78	78F1-23T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
79	79F1-24-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
80	80F1-25-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
81	81C025-	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	1.00	0.00	1.00	0.6	1.0	0.0	0.0
82	82C025-	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	1.00	0.00	1.00	-0.6	1.0	0.0	0.0
83	83C025-	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	1.0	1.00	1.00	0.00	0.75	0.6	1.0	0.0	0.0
84	84C025-	1	1.00	0.75	0	0.4	1	1	1	0	0.75	-0.6	1	0	0

dove:

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

9.4 Sollecitazioni

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

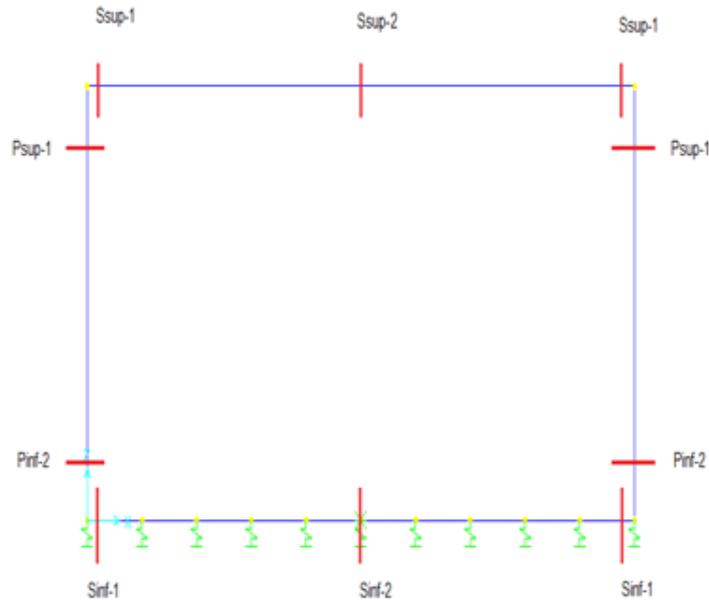


Figura 9.1 - Sezioni di verifica

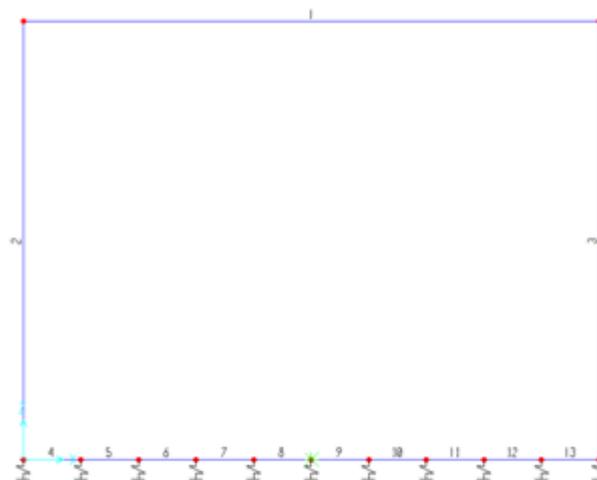


Figura 9.2 - Nomenclatura frame

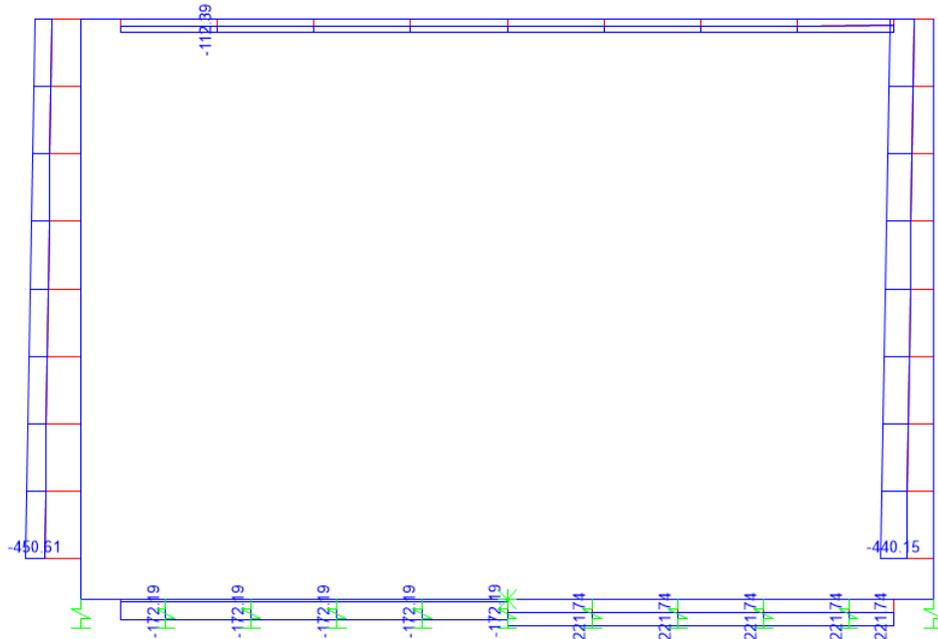


Figura 9.3 - Sforzo Normale – Inviluppo SLU

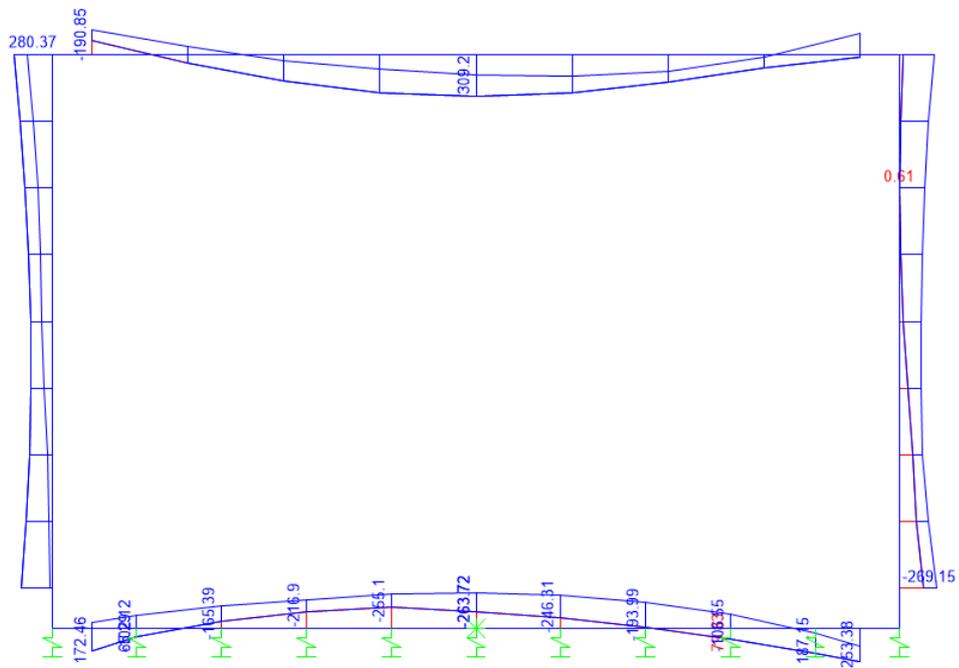


Figura 9.4 - Momento flettente – Inviluppo SLU

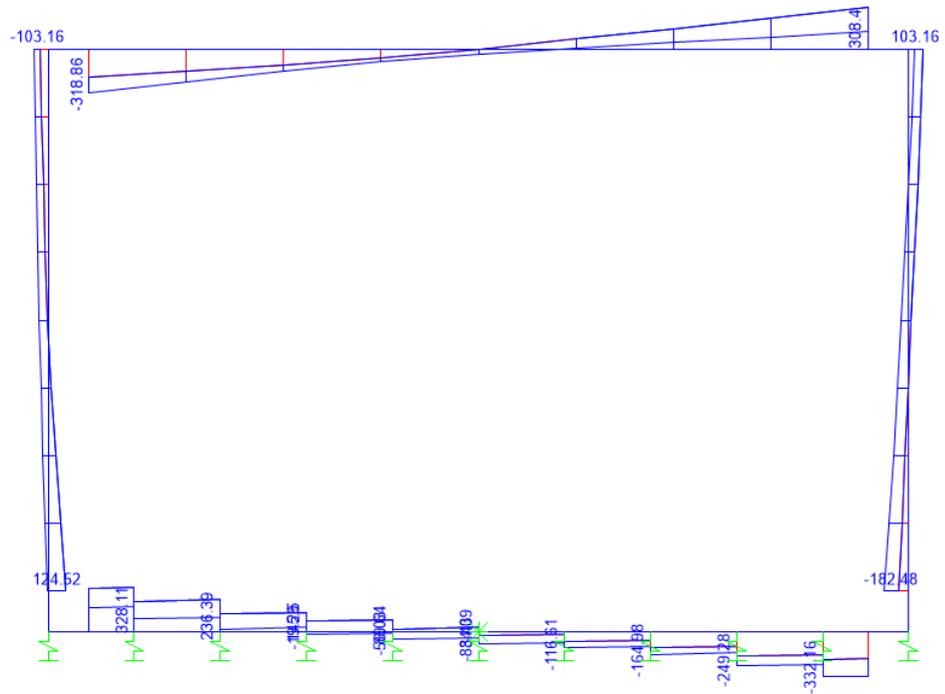


Figura 9.5 - Taglio – Inviluppo SLU

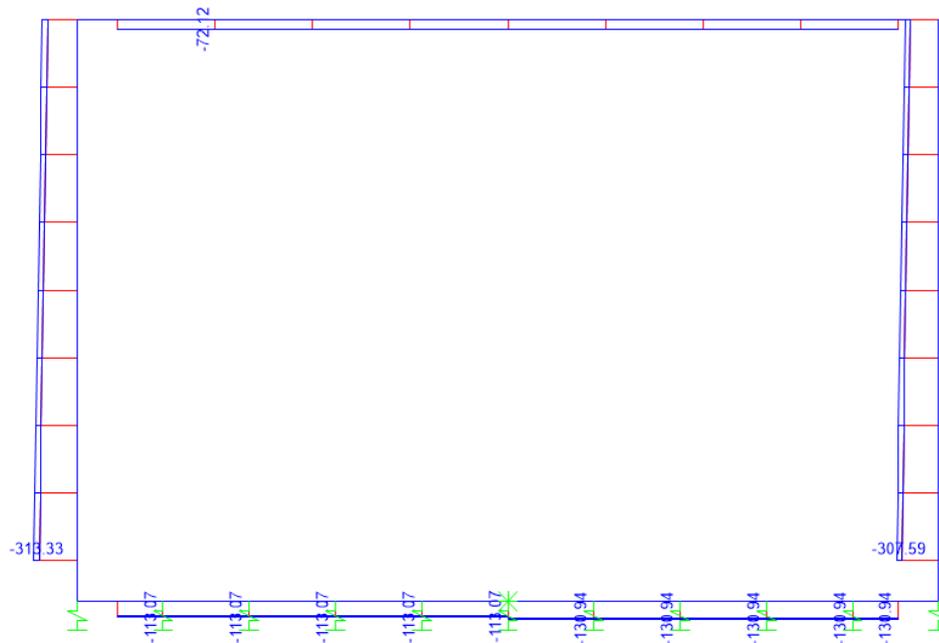


Figura 9.6 - Sforzo Normale – Inviluppo SLE Rara

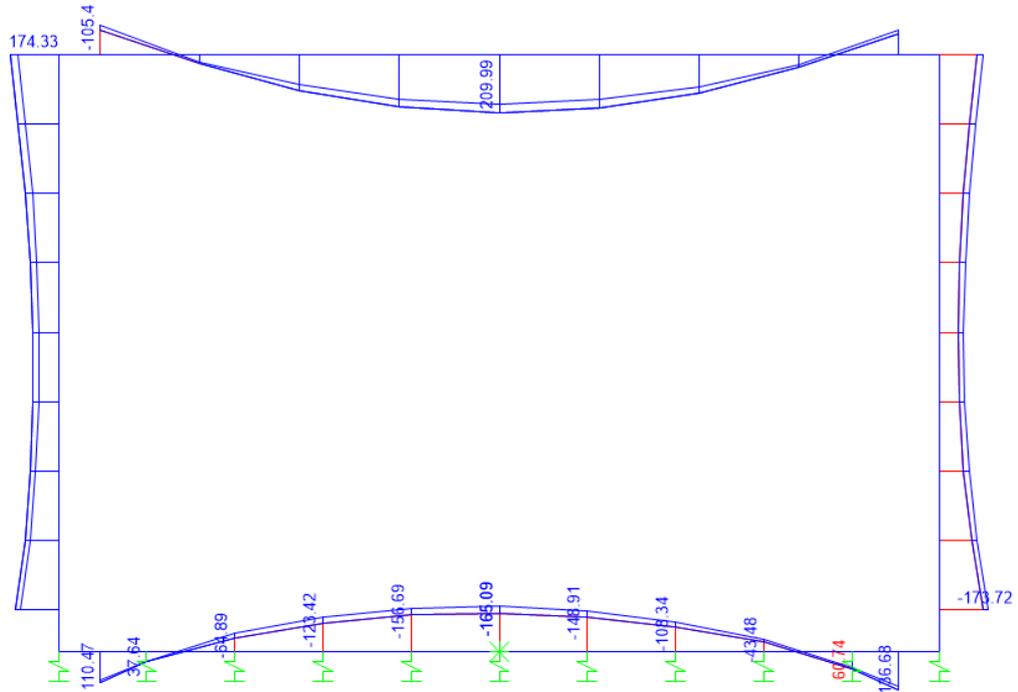


Figura 9.7 - Momento flettente – Involuppo SLE Rara

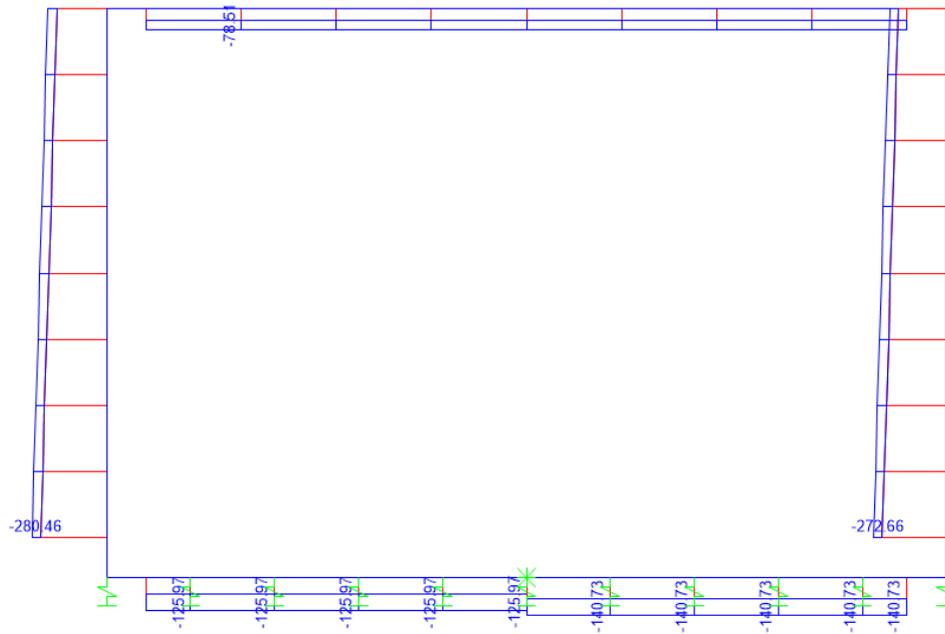


Figura 9.8 - Sforzo Normale – Involuppo SLE Frequente

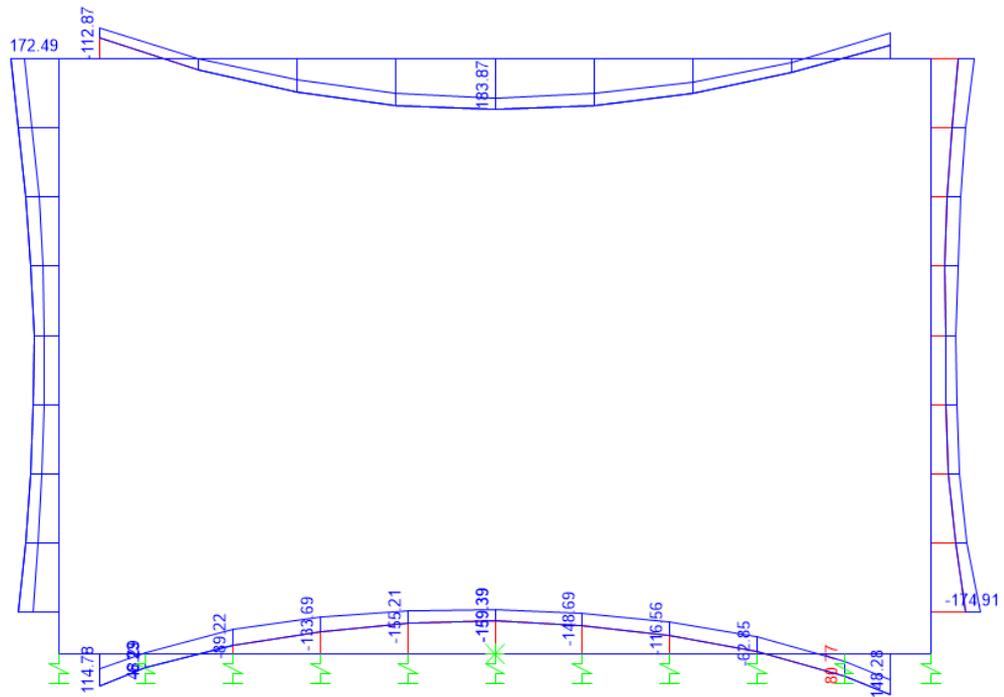


Figura 9.9 - Momento flettente – Involuppo SLE Frequente

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

9.5 Verifiche strutturali

9.5.1 Verifica piedritti

Sezione: 60 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 12/20x40 cm.

• Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

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	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{ctd}	22.1 N/mm ²
f_{ctc}	18.8 N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec.	12	mm

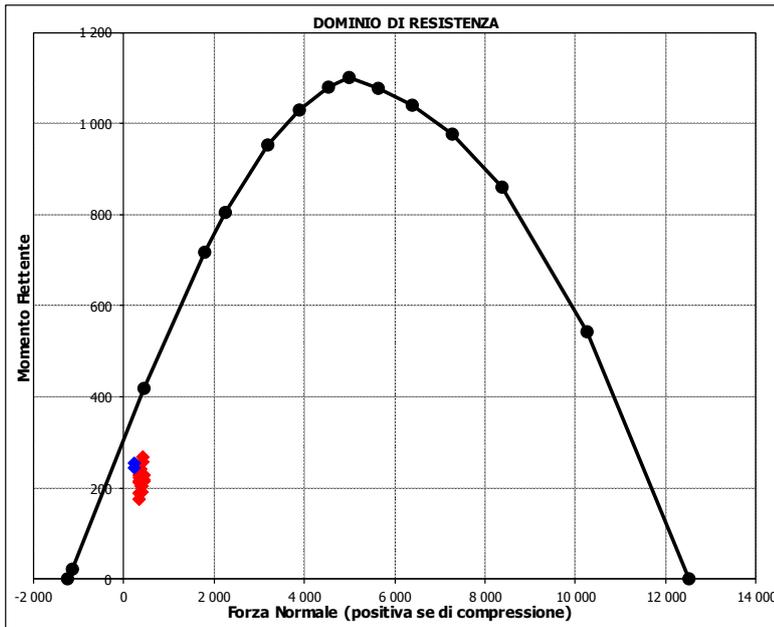
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 60$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.4$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 51.6$ cm

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	Msd
(Nmax)	11M_0.3	440
(Nmin)	1_0.3	225
(Mmax)	23M_0.3	0
(Mmin)	14_0.3	0

Caratteristiche di sollecitazione		
01S1-11M	440	216
02S1-11T	440	216
03S1-12M	440	217
04S1-12T	440	217
05S1-13M	430	257
06S1-13T	430	257
07S1-14-	355	175
08S1-15-	345	215
09S1-21M	440	229
10S1-21T	440	229
11S1-22M	440	229
12S1-22T	440	229
13S1-23M	430	269
14S1-23T	430	269
15S1-24-	355	188
16S1-25-	345	228
17S1T11M	389	191
18S1T11T	389	191
19S1T12M	389	192
20S1T12T	389	192
21S1T13M	380	228
22S1T13T	380	228
23S1T14-	355	175
24S1T15-	346	212
25S1T21M	389	204
26S1T21T	389	204
27S1T22M	389	204
28S1T22T	389	204
29S1T23M	380	241
30S1T23T	380	241
31S1T24-	355	188
32S1T25-	346	224
33S2-11M	389	191
34S2-11T	389	191
35S2-12M	389	192
36S2-12T	389	192
37S2-13M	380	228
38S2-13T	380	228
39S2-21M	389	204
40S2-21T	389	204
41S2-22M	389	204
42S2-22T	389	204
43S2-23M	380	241
44S2-23T	380	241
45S2T11M	389	191
46S2T11T	389	191
47S2T12M	389	192
48S2T12T	389	192
49S2T13M	380	228
50S2T13T	380	228
51S2T21M	389	204
52S2T21T	389	204
53S2T22M	389	204
54S2T22T	389	204
55S2T23M	380	241
56S2T23T	380	241
57SED1-	225	244
58SED2-	225	255



• Verifica a pressoflessione sommità (Pied-Sommità)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{yk} = 540$ 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	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{cc}	18.8 N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec.	12	mm

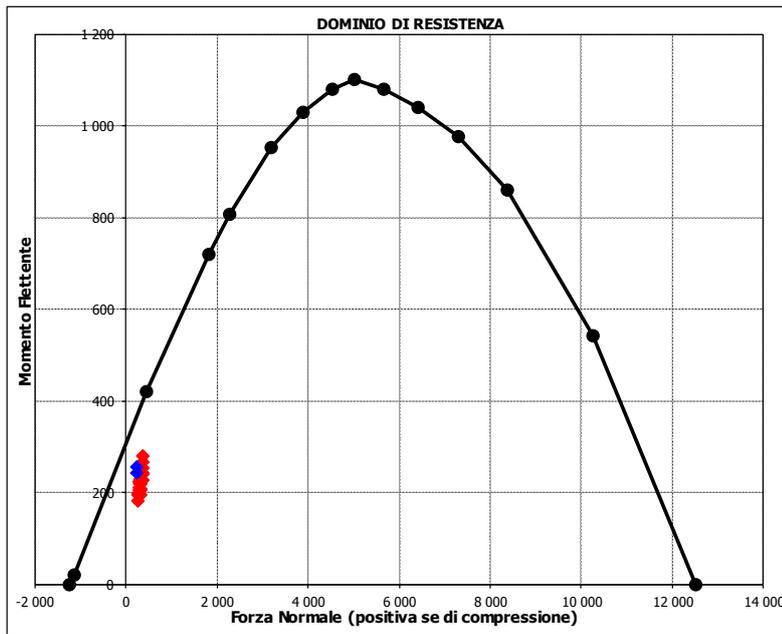
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 60$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.4$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 51.6$ cm

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	Msd	
(Nmax)	13M_4.3	370	280
(Nmin)	1_4.3	235	255
(Mmax)	13M_4.3	0	280
(Mmin)	24_4.3	0	182

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
01S1-11M	359	242	
02S1-11T	359	242	
03S1-12M	359	253	
04S1-12T	359	253	
05S1-13M	370	280	
06S1-13T	370	280	
07S1-14-	274	197	
08S1-15-	285	224	
09S1-21M	359	228	
10S1-21T	359	228	
11S1-22M	359	239	
12S1-22T	359	239	
13S1-23M	370	266	
14S1-23T	370	266	
15S1-24-	274	183	
16S1-25-	285	210	
17S1T11M	308	208	
18S1T11T	308	208	
19S1T12M	308	218	
20S1T12T	308	218	
21S1T13M	318	243	
22S1T13T	318	243	
23S1T14-	274	196	
24S1T15-	284	220	
25S1T21M	308	194	
26S1T21T	308	194	
27S1T22M	308	204	
28S1T22T	308	204	
29S1T23M	318	229	
30S1T23T	318	229	
31S1T24-	274	182	
32S1T25-	284	206	
33S2-11M	308	208	
34S2-11T	308	208	
35S2-12M	308	218	
36S2-12T	308	218	
37S2-13M	318	243	
38S2-13T	318	243	
39S2-21M	308	194	
40S2-21T	308	194	
41S2-22M	308	204	
42S2-22T	308	204	
43S2-23M	318	229	
44S2-23T	318	229	
45S2T11M	308	208	
46S2T11T	308	208	
47S2T12M	308	218	
48S2T12T	308	218	
49S2T13M	318	243	
50S2T13T	318	243	
51S2T21M	308	194	
52S2T21T	308	194	
53S2T22M	308	204	
54S2T22T	308	204	
55S2T23M	318	229	
56S2T23T	318	229	
57SED1-	235	255	
58SED2-	235	243	



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

Calcestruzzo

Tipo	C32/40	
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

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

Sollecitazioni

		Piedritto sx	Piedritto dx
V_{Ed}	kN	125	182
N_{Ed}	kN	0	0

Armatura a taglio

Diametro	mm	12	12
Numero barre		2.5	2.5
A_{sw}	cm ²	2.83	2.83
Passo s	cm	20	20
Angolo α	°	90	90

Armatura longitudinale

n_1		5	5
\varnothing_1	mm	20	20
n_2			
\varnothing_2	mm		
Asl	cm ²	15.71	15.71

Sezione

b_w	cm	100	100
H	cm	60	60
c	cm	8.4	8.4
d	cm	51.6	51.6
k	N/mm ²	1.62	1.62
v_{min}	N/mm ²	0.42	0.42
ρ		0.0030	0.0030
σ_{cp}	N/mm ²	0.00	0.00
α_c		1.00	1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	217	217
----------	----	-----	-----

Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone θ	°	21.8	21.8
V_{RSd}	kN	642	642
V_{RCd}	kN	1506	1506
V_{Rd}	kN	642	642

Relazione di calcolo vasca

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	09D26	CL	FA06B0001	A	39 di 55

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spice)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione rara	M_R	173.72	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	N_R	307.59	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	174.91	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	264.86	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	33.20	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	19.92	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.46	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.42	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.89	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	60.00	cm		
Larghezza sezione	B	100.00	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = 8.4$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = 9.4$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{t1} = 8.4$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = 9.4$ cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	56.48	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	26.48	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	18.14	cm		
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	6439.82	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2019861.22	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	485210.16	cm ⁴		

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.13	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	141.95	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	66.04	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	36.04	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	17.20	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	6439.82	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2019861.22	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	466735.47	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	221.95	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------

Relazione di calcolo vasca

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	09D26	CL	FA06B0001	A	40 di 55

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione rara	M_R	174.33	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	N_R	253.33	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	172.49	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	220.46	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	33.20	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	19.92	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.46	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.42	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.89	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	60.00	cm		
Larghezza sezione	B	100.00	cm		
Armadura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = \mathbf{8.4}$ cm
Armadura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \mathbf{9.4}$ cm
Armadura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{t1} = \mathbf{8.4}$ cm
Armadura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = \mathbf{9.4}$ cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	68.82	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	38.82	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	16.99	cm		
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	6439.82	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2019861.22	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	463069.62	cm ⁴		

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.19	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	158.50	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	78.24	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	48.24	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	16.39	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	6439.82	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2019861.22	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	453947.81	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	217.31	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

9.5.2 Verifica soletta superiore

Sezione: 60 x 100 cm

Armatura a flessione:

- Appoggio (Solsup-App)

Armatura tesa

φ 24/20 cm

Armatura compressa

φ 24/20 cm

- Campata (Solsup-Camp)

Armatura tesa

φ 24/20 cm

Armatura compressa

φ 24/20 cm

Armatura a taglio:

Spille φ 12/20x40 cm.

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

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

Calcestruzzo			
Tipo	C32/40		
R_{ck}	40	N/mm ²	
f_{ck}	33.2	N/mm ²	
γ_c	1.5		
f_{ctd}	22.1	N/mm ²	
f_{cc}	18.8	N/mm ²	

copriferro	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec.	12	mm

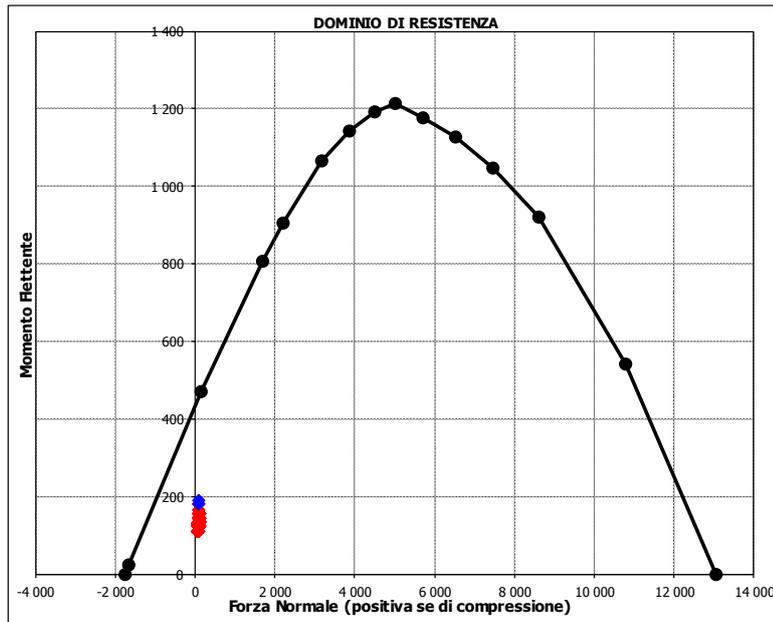
Geometria della sezione			
Altezza geometrica della sezione	h	=	60 cm
Base della sezione	b	=	100 cm
Copriferro	d'	=	8.6 cm
Altezza utile della sezione	d	=	51.4 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		22.62	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		22.62	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	12M_0.3	112	156
(Nmin)	21M_0.3	64	111
(Mmax)	1_0.3	0	191
(Mmin)	24_0.3	0	109

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
01S1-11M	73	144	
02S1-11T	73	144	
03S1-12M	112	156	
04S1-12T	112	156	
05S1-13M	93	180	
06S1-13T	93	180	
07S1-14-	109	123	
08S1-15-	89	147	
09S1-21M	66	130	
10S1-21T	66	130	
11S1-22M	106	142	
12S1-22T	106	142	
13S1-23M	86	166	
14S1-23T	86	166	
15S1-24-	102	110	
16S1-25-	82	134	
17S1T11M	71	125	
18S1T11T	71	125	
19S1T12M	107	136	
20S1T12T	107	136	
21S1T13M	89	157	
22S1T13T	89	157	
23S1T14-	105	123	
24S1T15-	87	144	
25S1T21M	64	111	
26S1T21T	64	111	
27S1T22M	100	122	
28S1T22T	100	122	
29S1T23M	82	143	
30S1T23T	82	143	
31S1T24-	98	109	
32S1T25-	80	130	
33S2-11M	71	125	
34S2-11T	71	125	
35S2-12M	107	136	
36S2-12T	107	136	
37S2-13M	89	157	
38S2-13T	89	157	
39S2-21M	64	111	
40S2-21T	64	111	
41S2-22M	100	122	
42S2-22T	100	122	
43S2-23M	82	143	
44S2-23T	82	143	
45S2T11M	71	125	
46S2T11T	71	125	
47S2T12M	107	136	
48S2T12T	107	136	
49S2T13M	89	157	
50S2T13T	89	157	
51S2T21M	64	111	
52S2T21T	64	111	
53S2T22M	100	122	
54S2T22T	100	122	
55S2T23M	82	143	
56S2T23T	82	143	
57SED1-	101	191	
58SED2-	96	179	



• 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
	$\epsilon_{vd} =$	0.00191

Calcestruzzo		
Tipo	C32/40	
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
f_{cd}	22.1	N/mm ²
f_{cc}	18.8	N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec.	12	mm

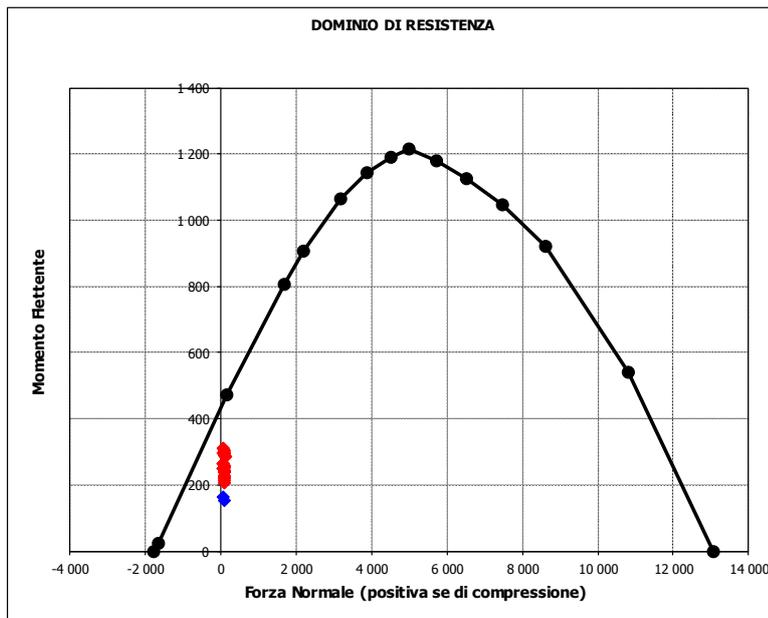
Geometria della sezione		
Altezza geometrica della sezione	$h =$	60 cm
Base della sezione	$b =$	100 cm
Copriferro	$d' =$	8.6 cm
Altezza utile della sezione	$d =$	51.4 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
			22.62 cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
			22.62 cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	12M_3.15	112	284
(Nmin)	21M_3.15	64	263
(Mmax)	21M_3.15	0	309
(Mmin)	1-_3.15	0	151

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	73	295
02S1-11T	73	295
03S1-12M	112	284
04S1-12T	112	284
05S1-13M	93	289
06S1-13T	93	289
07S1-14-	109	206
08S1-15-	89	212
09S1-21M	66	309
10S1-21T	66	309
11S1-22M	106	298
12S1-22T	106	298
13S1-23M	86	303
14S1-23T	86	303
15S1-24-	102	220
16S1-25-	82	226
17S1T11M	71	249
18S1T11T	71	249
19S1T12M	107	238
20S1T12T	107	238
21S1T13M	89	244
22S1T13T	89	244
23S1T14-	105	207
24S1T15-	87	213
25S1T21M	64	263
26S1T21T	64	263
27S1T22M	100	252
28S1T22T	100	252
29S1T23M	82	257
30S1T23T	82	257
31S1T24-	98	221
32S1T25-	80	227
33S2-11M	71	249
34S2-11T	71	249
35S2-12M	107	238
36S2-12T	107	238
37S2-13M	89	244
38S2-13T	89	244
39S2-21M	64	263
40S2-21T	64	263
41S2-22M	100	252
42S2-22T	100	252
43S2-23M	82	257
44S2-23T	82	257
45S2T11M	71	249
46S2T11T	71	249
47S2T12M	107	238
48S2T12T	107	238
49S2T13M	89	244
50S2T13T	89	244
51S2T21M	64	263
52S2T21T	64	263
53S2T22M	100	252
54S2T22T	100	252
55S2T23M	82	257
56S2T23T	82	257
57SED1-	80	151
58SED2-	74	163



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se $V_{Ed} < VR_{d1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < VR_{d2}$ la verifica è soddisfatta.

Calcestruzzo

Tipo	C32/40	
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

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

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	319
N_{Ed}	kN	0

Soletta sup

Armatura a taglio

Diametro	mm	12
Numero barre		2.5
A_{sw}	cm ²	2.83
Passo s	cm	20
Angolo α	°	90

Armatura longitudinale

n_1		5
\varnothing_1	mm	24
n_2		
\varnothing_2	mm	
Asl	cm ²	22.62

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	60
c	cm	8.6
d	cm	51.4
k	N/mm ²	1.62
v_{min}	N/mm ²	0.42
ρ		0.0044
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	245
----------	----	------------

Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone θ	°	21.8
V_{RSd}	kN	640
V_{RCd}	kN	1500
V_{Rd}	kN	640

Relazione di calcolo vasca

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	09D26	CL	FA06B0001	A	45 di 55

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione rara	M_R	105.40	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	N_R	72.12	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	112.87	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	43.50	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	33.20	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	19.92	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.46	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.42	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.89	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	60.00	cm		
Larghezza sezione	B	100.00	cm		
Armadura compressa (1° strato)	AS_1'	22.62	cm ²	5 Ø 24	$C_{s1} = \blacktriangleleft$ 8.6 cm
Armadura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = \blacktriangleleft$ 9.8 cm
Armadura tesa (1° strato)	AS_1	22.62	cm ²	5 Ø 24	$C_{t1} = \blacktriangleright$ 8.6 cm
Armadura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = \blacktriangleright$ 9.8 cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	146.15	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	116.15	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	16.48	cm		
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	6633.35	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2110764.33	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	583989.90	cm ⁴		

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	2.70	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	85.79	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	259.51	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	229.51	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	15.58	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	6633.35	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2110764.33	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	577941.31	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	207.62	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------

Relazione di calcolo vasca

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	09D26	CL	FA06B0001	A	46 di 55

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione rara	M_R	209.99	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	N_R	72.12	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	183.87	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	43.50	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	33.20	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	19.92	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.46	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.42	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.89	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	60.00	cm		
Larghezza sezione	B	100.00	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	22.62	cm ²	5 Ø 24	$c_{s1} = 8.6$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{s2} = 9.8$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	22.62	cm ²	5 Ø 24	$c_{t1} = 8.6$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{t2} = 9.8$ cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	291.18	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	261.18	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	15.46	cm		
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	6633.35	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2110764.33	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id+}	577401.59	cm ⁴		

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.34	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	186.26	N/mm ²	<	σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	422.73	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	392.73	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	15.16	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	6633.35	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2110764.33	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id+}	576333.97	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	207.62	kNm	La sezione è fessurata
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	477.33	cm	
Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$	u (M_{fess})	447.33	cm	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	15.08	cm	
Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cf}	5.26	N/mm ²	
Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sf}	190.19	N/mm ²	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.40	-	
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	14.97	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.09	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	22.62	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	1497.33	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0151	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.0004	-	
Copriferro netto	c'	5.00	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}	24.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	440.08	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	258.87	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.11	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.19	mm	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

9.5.3 Verifica soletta inferiore

Sezione: 60 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 12/20x40 cm.

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

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	$E_s = 205000 \text{ N/mm}^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm^2
f_{ck}	33.2 N/mm^2
γ_c	1.5
f_{ctd}	22.1 N/mm^2
f_{cc}	18.8 N/mm^2

copriferro	50 mm
staffe	12 mm
armat. sec	12 mm

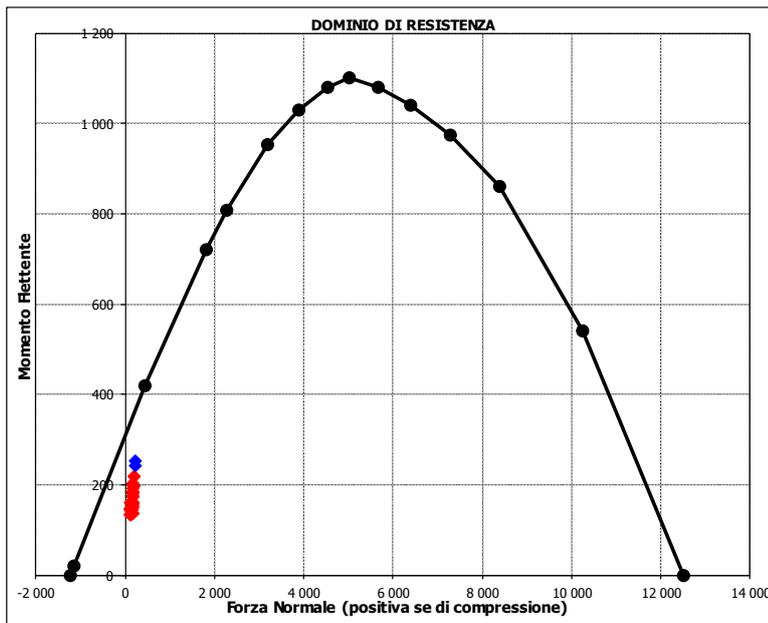
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 60 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 8.4 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 51.6 \text{ cm}$

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	Msd
(Nmax)	2-_0.33	222
(Nmin)	11M_0.33	109
(Mmax)	2-_0.33	0
(Mmin)	11M_0.33	0

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	109	145
02S1-11T	109	145
03S1-12M	162	158
04S1-12T	162	158
05S1-13M	181	203
06S1-13T	181	203
07S1-14-	166	137
08S1-15-	185	181
09S1-21M	116	160
10S1-21T	116	160
11S1-22M	168	172
12S1-22T	168	172
13S1-23M	188	217
14S1-23T	188	217
15S1-24-	172	151
16S1-25-	192	196
17S1T11M	111	132
18S1T11T	111	132
19S1T12M	161	144
20S1T12T	161	144
21S1T13M	178	185
22S1T13T	178	185
23S1T14-	162	136
24S1T15-	180	176
25S1T21M	118	147
26S1T21T	118	147
27S1T22M	167	159
28S1T22T	167	159
29S1T23M	185	199
30S1T23T	185	199
31S1T24-	169	150
32S1T25-	187	191
33S2-11M	111	132
34S2-11T	111	132
35S2-12M	161	144
36S2-12T	161	144
37S2-13M	178	185
38S2-13T	178	185
39S2-21M	118	147
40S2-21T	118	147
41S2-22M	167	159
42S2-22T	167	159
43S2-23M	185	199
44S2-23T	185	199
45S2T11M	111	132
46S2T11T	111	132
47S2T12M	161	144
48S2T12T	161	144
49S2T13M	178	185
50S2T13T	178	185
51S2T21M	118	147
52S2T21T	118	147
53S2T22M	167	159
54S2T22T	167	159
55S2T23M	185	199
56S2T23T	185	199
57SED1-	216	241
58SED2-	222	253



01S1-11M	109	145
02S1-11T	109	145
03S1-12M	162	158
04S1-12T	162	158
05S1-13M	181	203
06S1-13T	181	203
07S1-14-	166	137
08S1-15-	185	181
09S1-21M	116	160
10S1-21T	116	160
11S1-22M	168	172
12S1-22T	168	172
13S1-23M	188	217
14S1-23T	188	217
15S1-24-	172	151
16S1-25-	192	196
17S1T11M	111	132
18S1T11T	111	132
19S1T12M	161	144
20S1T12T	161	144
21S1T13M	178	185
22S1T13T	178	185
23S1T14-	162	136
24S1T15-	180	176
25S1T21M	118	147
26S1T21T	118	147
27S1T22M	167	159
28S1T22T	167	159
29S1T23M	185	199
30S1T23T	185	199
31S1T24-	169	150
32S1T25-	187	191
33S2-11M	111	132
34S2-11T	111	132
35S2-12M	161	144
36S2-12T	161	144
37S2-13M	178	185
38S2-13T	178	185
39S2-21M	118	147
40S2-21T	118	147
41S2-22M	167	159
42S2-22T	167	159
43S2-23M	185	199
44S2-23T	185	199
45S2T11M	111	132
46S2T11T	111	132
47S2T12M	161	144
48S2T12T	161	144
49S2T13M	178	185
50S2T13T	178	185
51S2T21M	118	147
52S2T21T	118	147
53S2T22M	167	159
54S2T22T	167	159
55S2T23M	185	199
56S2T23T	185	199
57SED1-	216	241
58SED2-	222	253

• 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	$E_s = 205000$	N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

Calcestruzzo

Tipo	C32/40	
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
f_{ctd}	22.1	N/mm ²
f_{cc}	18.8	N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec.	12	mm

Geometria della sezione

Altezza geometrica della sezione	$h = 60$	cm
Base della sezione	$b = 100$	cm
Copriferro	$d' = 8.4$	cm
Altezza utile della sezione	$d = 51.6$	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

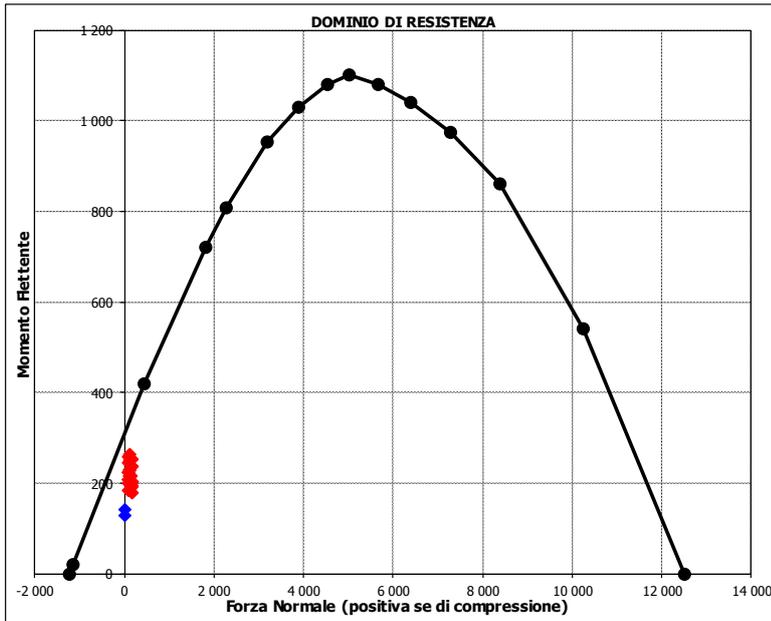
N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm ²
		0.00 cm ²
		0.00 cm ²
		15.71 cm²

Caratteristiche di sollecitazione

	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	24-_0.63	172	178
(Nmin)	1-_0.63	16	141
(Mmax)	11M_0.63	0	264
(Mmin)	2-_0.63	0	129

Caratteristiche di sollecitazione

	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	109	264	
02S1-11T	109	264	
03S1-12M	162	251	
04S1-12T	162	251	
05S1-13M	89	257	
06S1-13T	89	257	
07S1-14-	166	192	
08S1-15-	93	198	
09S1-21M	116	250	
10S1-21T	116	250	
11S1-22M	168	237	
12S1-22T	168	237	
13S1-23M	96	243	
14S1-23T	96	243	
15S1-24-	172	178	
16S1-25-	100	184	
17S1T11M	111	228	
18S1T11T	111	228	
19S1T12M	161	217	
20S1T12T	161	217	
21S1T13M	94	222	
22S1T13T	94	222	
23S1T14-	162	193	
24S1T15-	95	199	
25S1T21M	118	214	
26S1T21T	118	214	
27S1T22M	167	203	
28S1T22T	167	203	
29S1T23M	100	208	
30S1T23T	100	208	
31S1T24-	169	179	
32S1T25-	102	185	
33S2-11M	111	228	
34S2-11T	111	228	
35S2-12M	161	217	
36S2-12T	161	217	
37S2-13M	94	222	
38S2-13T	94	222	
39S2-21M	118	214	
40S2-21T	118	214	
41S2-22M	167	203	
42S2-22T	167	203	
43S2-23M	100	208	
44S2-23T	100	208	
45S2T11M	111	228	
46S2T11T	111	228	
47S2T12M	161	217	
48S2T12T	161	217	
49S2T13M	94	222	
50S2T13T	94	222	
51S2T21M	118	214	
52S2T21T	118	214	
53S2T22M	167	203	
54S2T22T	167	203	
55S2T23M	100	208	
56S2T23T	100	208	
57SED1-	16	141	
58SED2-	22	129	



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se $V_{Ed} < VR_{d1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < VR_{d2}$ la verifica è soddisfatta.

Calcestruzzo

Tipo	C32/40	
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

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

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	332
N_{Ed}	kN	0

Soletta inf

Armatura a taglio

Diametro	mm	12
Numero barre		2.5
A_{sw}	cm ²	2.83
Passo s	cm	20
Angolo α	°	90

Armatura longitudinale

n_1		5
\varnothing_1	mm	20
n_2		
\varnothing_2	mm	
Asl	cm ²	15.71

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	60
c	cm	8.4
d	cm	51.6
k	N/mm ²	1.62
v_{min}	N/mm ²	0.42
ρ		0.0030
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	217
----------	----	------------

Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone θ	°	21.8
V_{RSd}	kN	642
V_{RCd}	kN	1506
V_{Rd}	kN	642

Relazione di calcolo vasca

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	09D26	CL	FA06B0001	A	51 di 55

- Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione rara	M_R	136.68	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	N_R	130.94	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	148.28	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	139.58	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	33.20	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	19.92	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.46	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.42	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.89	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	60.00	cm		
Larghezza sezione	B	100.00	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$c_{s1} = \mathbf{8.4}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{s2} = \mathbf{9.4}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$c_{t1} = \mathbf{8.4}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{t2} = \mathbf{9.4}$ cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	104.39	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	74.39	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	15.37	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	6439.82	cm ²	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2019861.22	cm ⁴	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	441775.65	cm ⁴	

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.09	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	144.57	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	106.23	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	76.23	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	15.32	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	6439.82	cm ²	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2019861.22	cm ⁴	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	441282.39	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	208.85	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------

Relazione di calcolo vasca

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	09D26	CL	FA06B0001	A	52 di 55

- Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione rara	M_R	165.09	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	N_R	110.06	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	159.39	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	78.52	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	33.20	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	19.92	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.46	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.42	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.89	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	60.00	cm		
Larghezza sezione	B	100.00	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$c_{s1} = \mathbf{8.4}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{s2} = \mathbf{9.4}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$c_{i1} = \mathbf{8.4}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{i2} = \mathbf{9.4}$ cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	150.01	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	120.01	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	14.51	cm		
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	6439.82	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2019861.22	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	434776.92	cm ⁴		

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.94	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	189.43	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	202.99	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	172.99	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	14.03	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	6439.82	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2019861.22	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	432087.67	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	202.47	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
	Relazione di calcolo vasca	COMMESSA NB1R	LOTTO 09D26	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA06B0001	REV. A

10. INCIDENZA SCATOLARE

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

Piedritti	90 kg/mc
Soletta superiore	110 kg/mc
Soletta inferiore	90 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 20% per tener conto della presenza di sovrapposizioni e ancoraggi.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 9 FA06B – VASCA DI LAMINAZIONE ACQUE DI SEDE					
Relazione di calcolo vasca	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1R	09D26	CL	FA06B0001	A	54 di 55

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.

Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.