

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI08 - Nuovo ponte sulla Roggia Barona Km 18+960,11

Relazione di calcolo spalle

SCALA:

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

N M 0 Z 1 0 D 2 6 C L V I 0 8 0 4 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	CONSORZIO INTEGRA	Novembre 2018	F.Coppini/A.Maran 	Novembre 2018	S. Borelli 	Novembre 2018	F. Borelli Novembre 2018 	

ITALFERR - UC INFRASTRUTTURE NORD
Dott. Ing. Francesco Borelli
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
n. 25172 Sez. A

File: NM0Z10D26CLVI0804001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	6
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	9
2.1	NORMATIVA E ISTRUZIONI	9
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	10
3.1	CALCESTRUZZO	10
3.2	ACCIAIO.....	10
3.2.1	<i>Acciaio per cemento armato.....</i>	<i>10</i>
4	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	11
5	CARATTERISTICHE DELLE SPALLE.....	12
5.1	GEOMETRIA DELLE SPALLE	12
5.2	CARATTERISTICHE DEL TERRENO DEL RILEVATO A TERGO SPALLA.....	12
6	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO	13
6.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI (G1).....	16
6.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2).....	16
6.3	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO.....	16
6.3.1	<i>Treno di carico LM 71.....</i>	<i>17</i>
6.3.2	<i>Treno di carico SW.....</i>	<i>18</i>
6.3.3	<i>Treno scarico.....</i>	<i>19</i>
6.3.4	<i>Schemi di carico adottati.....</i>	<i>19</i>
6.3.5	<i>Effetti dinamici</i>	<i>20</i>
6.4	AZIONE LATERALE DI SERPEGGIO.....	21
6.5	AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA	21
6.6	AZIONE DEL VENTO.....	22
6.7	AZIONE SISMICA	26
6.7.1	<i>Vita nominale</i>	<i>26</i>

6.7.2	Classe d'uso	26
6.7.3	Periodo di riferimento	27
6.7.4	Valutazione dei parametri di pericolosità sismica	27
6.7.5	Caratterizzazione sismica del terreno	28
6.7.5.1	Categorie di Sottosuolo.....	28
6.7.5.2	Condizioni topografiche.....	29
6.7.5.3	Amplificazione Stratigrafica e Topografica	29
6.7.6	Parametri sismici di calcolo.....	30
6.7.7	Definizione delle azioni sismiche derivanti dall'impalcato.....	34
6.8	RIEPILOGO DELLE AZIONI DEL TRAFFICO FERROVIARIO DELL'IMPALCATO.....	35
6.9	SPINTA STATICA DEL TERRENO	38
6.10	SPINTA DOVUTA AL SOVRACCARICO ACCIDENTALE E PERMANENTE	39
6.11	SOVRASPINTA SISMICA.....	39
6.12	FORZE DI INERZIA DOVUTE AL SISMA	40
6.13	RIEPILOGO DELLE AZIONI DERIVANTI DALLA SPALLA RISPETTO AL BARICENTRO DELLA FONDAZIONE	41
6.13.1	Pesi propri spalla	41
6.13.2	Spinte spalla.....	41
6.13.3	Pesi + spinte spalla.....	41
6.13.4	Inerzie ed incremento di spinta sismica.....	42
6.14	RIEPILOGO DELLE AZIONI DERIVANTI DALL'IMPALCATO.....	42
6.14.1	Azioni ad intradosso baggiolo.....	42
6.14.2	Azioni a baricentro intradosso plinto.....	44
6.15	RIEPILOGO COMPLESSIVO DELLE AZIONI A BARICENTRO INTRADOSSO PLINTO.....	47
7	COMBINAZIONI DI CARICO	50
7.1	COMBINAZIONI SLU	52
7.1.1	Combinazioni SLU STR.....	52
7.1.2	Combinazioni SLU GEO	53
7.2	COMBINAZIONI SLE.....	53

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLVI0804001	A	4 di 99

7.2.1	Combinazioni SLE RARA	54
7.2.2	Combinazioni SLE FREQUENTE	54
7.2.3	Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE	54
7.3	COMBINAZIONI SISMICHE	55
7.3.1	Combinazioni SLV STR	55
7.3.2	Combinazioni SLV GEO	55
7.4	SOLLECITAZIONI COMBinate	56
8	CALCOLO SOLLECITAZIONI SUI SINGOLI PALI DI FONDAZIONE	60
9	VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE	67
9.1	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ALLO SLU	67
9.2	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ALLO SLE	69
9.2.1	Stato limite di formazione delle fessure	72
9.2.2	Verifica delle tensioni di esercizio	73
9.3	VERIFICA A TAGLIO	73
10	VERIFICA PLINTO DI FONDAZIONE	76
10.1	SOLLECITAZIONI	76
10.2	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE	77
10.2.1	SLU	78
10.2.2	SLE	80
10.2.2.1	Stato limite di formazione delle fessure	80
10.2.2.2	Verifica delle tensioni di esercizio	80
10.3	VERIFICA A TAGLIO	81
11	VERIFICA DEL MURO FRONTALE	82
11.1	SOLLECITAZIONI AL PIEDE PARAMENTO	82
11.2	SOLLECITAZIONI AL PIEDE PARAMENTO COMBinate	85
11.3	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE	89
11.3.1	SLU	89

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	5 di 99

11.3.2	<i>SLE</i>	91
11.3.2.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure</i>	91
11.3.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio</i>	91
11.4	VERIFICA A TAGLIO.....	92
12	VERIFICA DEI MURI ANDATORI.....	94
12.1	SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAMENTO.....	94
12.2	SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAMENTO COMBinate	95
12.3	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE	96
12.3.1	<i>SLU</i>	96
12.3.2	<i>SLE</i>	97
12.3.2.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure</i>	97
12.3.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio</i>	98
12.4	VERIFICA A TAGLIO.....	98

1 PREMESSA

Nell’ambito degli interventi di potenziamento della linea Milano – Genova, si prevede il quadruplicamento della linea ferroviaria nella tratta Milano Rogoredo-Pavia; in prima fase il quadruplicamento interesserà il tratto di linea compreso fra le stazioni di Milano Rogoredo e Pieve Emanuele, per essere esteso in fase successiva fino a Pavia.

Il quadruplicamento in oggetto, a partire dall’uscita della stazione Milano Rogoredo, prosegue in affiancamento alla linea storica e su una nuova sede e si sviluppa a sud di Milano, estendendosi per circa 30 km lungo l’attuale linea ferroviaria tra i nodi di Milano Rogoredo e Pavia.

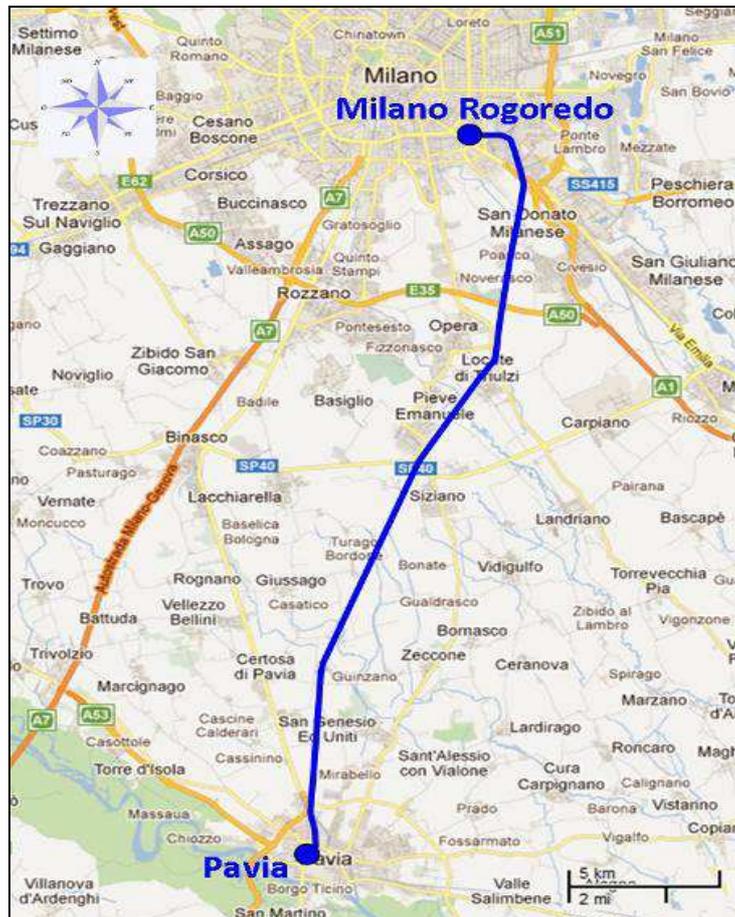


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell’opera in progetto

La presente relazione si riferisce alla WBS VI08 (VI08 - Nuovo ponte sulla Roggia Barona) sulla tratta ferroviaria Milano Rogoredo – Pavia dal Km. 18+960,11 al Km 18+968,11.

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo delle spalle dell’opera.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	7 di 99

L'impalcato è costituito da due vasche in acciaio su ciascuna delle quali trova sede un binario.

Il ponte a singola campata in semplice appoggio.

La luce della campata del ponte misurata tra gli appoggi è pari a 8m.

La lunghezza complessiva dell'impalcato è pari a 8.85m.

Ciascuna palificata è costituita da n.6 pali di diametro 1.2m e lunghezza 35m.

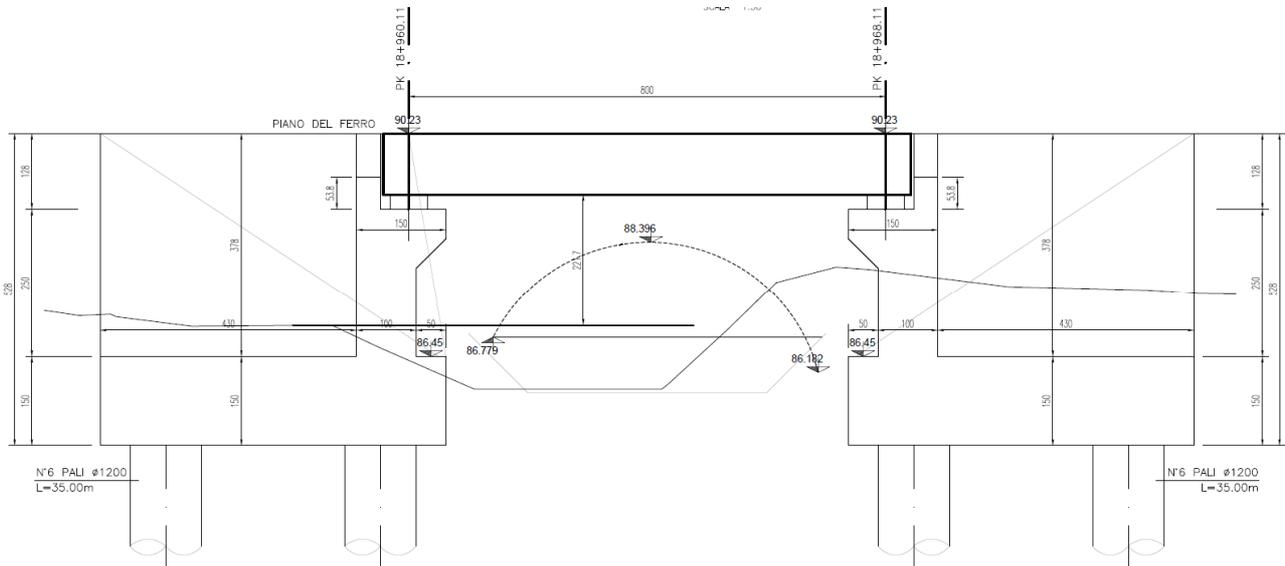
Il plinto di fondazione presenta un'altezza di 1.5m e dimensioni in pianta di 10.35m x 5.80m.

Le dimensioni delle strutture in elevazione delle spalle sono le seguenti:

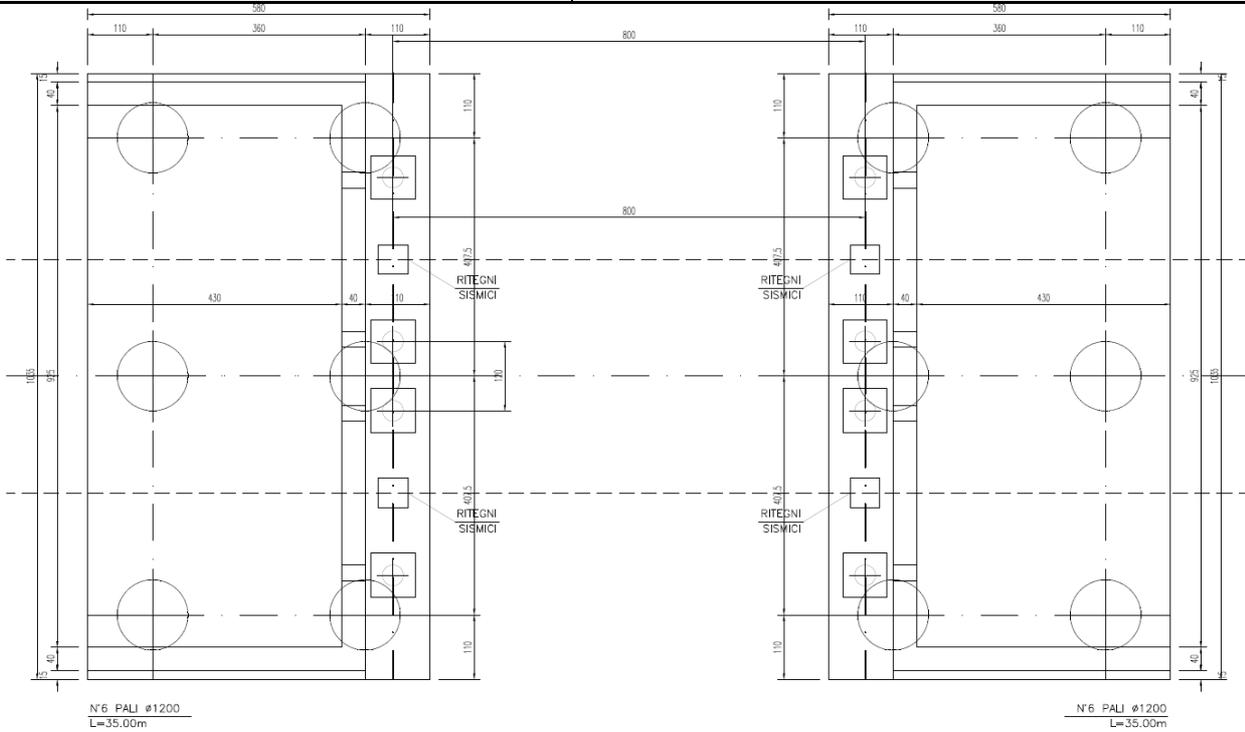
paramento di testata: spessore: 1.00m altezza: 2.50m lunghezza: 10.05m

muro paraghiaia: spessore: 0.40m altezza: 1.30m circa lunghezza: 10.05m

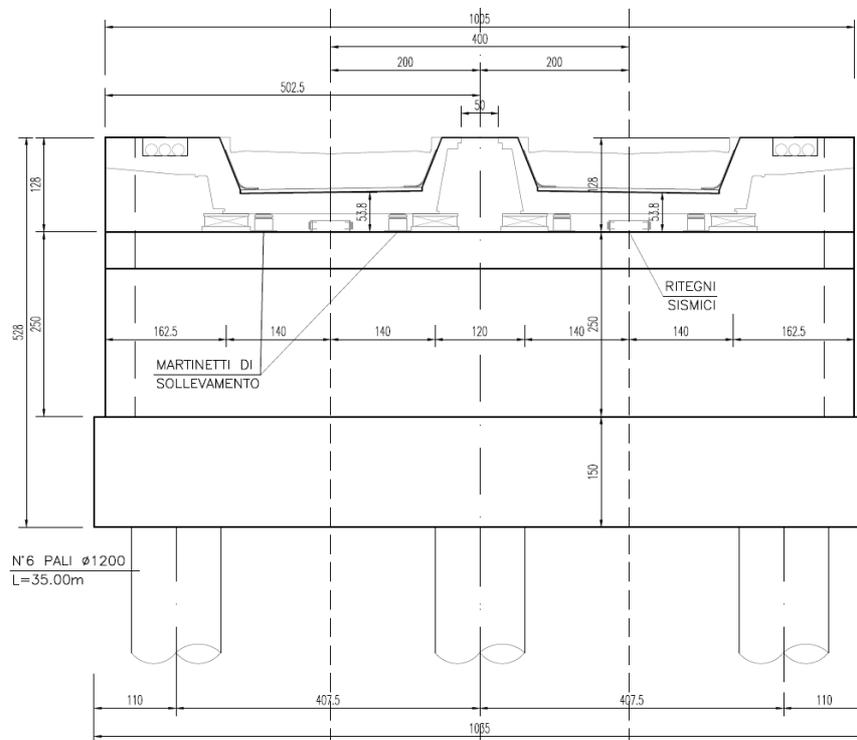
muri andatori: spessore: 0.40m altezza: 3.80m circa lunghezza: 4.30m



Sezione longitudinale



Pianta delle fondazioni



Prospetto frontale

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO-PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0804001	REV. A

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 Normativa e istruzioni

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

Ferrovie dello Stato hanno emanato nel tempo varie normative e linee guida riguardanti sia i sovraccarichi che le prescrizioni relative ai ponti ferroviari.

Le normative rilevanti per la redazione del progetto di messa in sicurezza sono ovviamente le normative ora vigenti per le strutture, e per i ponti ferroviari in particolare, elencate nel seguito.

- *Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2008 (NTC-2008);*
- *Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;*
- *RFI DTC SI PS MA IFS 001 A "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI. PARTE II – SEZIONE 2. PONTI E STRUTTURE"*
- *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;*
- *Regolamento (UE) N. 1300/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l’accessibilità del sistema ferroviario dell’Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta;*
- *Regolamento (UE) N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “energia” del sistema ferroviario dell’Unione europea;*
- *Regolamento (UE) N. 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità concernente la “sicurezza nelle gallerie ferroviarie” del sistema ferroviario dell’Unione europea;*
- *Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi “controllo-comando e segnalamento” del sistema ferroviario nell’Unione europea.*

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

I materiali utilizzati nella realizzazione delle strutture in funzione della utilizzazione sono descritti in seguito.

3.1 Calcestruzzo

Classe C32/40 (Elevazione spalle)

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 32 \cdot 0,85 / 1,5 = 18,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,02 \text{ N/mm}^2$$

Classe C25/30 (pali di fondazione; zattera di fondazione delle spalle)

$$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 24,9 \cdot 0,85 / 1,5 = 14,11 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

3.2 Acciaio

3.2.1 Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

acciaio	B450C
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$;
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$;
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$;
modulo elastico	$E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2$.

4 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Per l'opera in esame si ha quanto segue:

ZONA	SONDAGGIO DI RIFERIMENTO	PROFONDITA'	UNITA' TERRENO	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_d [kN/m ³]	ϕ' [°]		ϕ' [°]	ϕ' [°]
						max	min		
12	S2	da 0 a 3m	S	16	10	27	27		27
		da 3m a 5m	Sg	16	10	30	30		30
		da 5m a 10m	S	16	10	30	29		29
		da 10m a 30m	S	20	14	30	29		29

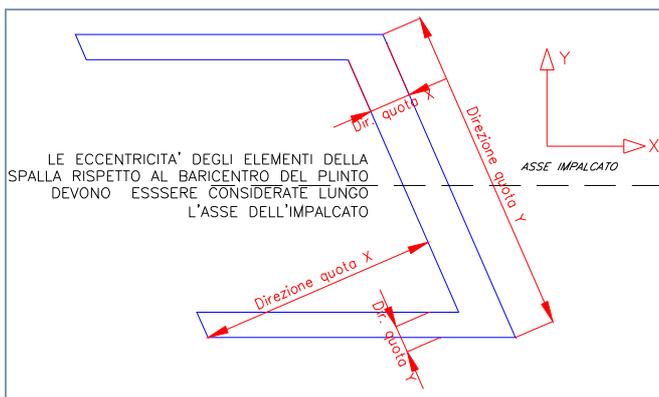
PROFONDITA'	UNITA' TERRENO	E'_{op} [MPa]		Vs [m/s]		categoria terreno	G_0 [MPa]	
		max	min	max	min		max	min
da 0 a 3m	S	12	12	162	162	C	43	43
da 3m a 5m	Sg	18	18	149	149		37	37
da 5m a 10m	S	64	16	397	226		260	84
da 10m a 30m	S	64	16	397	226		260	84

5 CARATTERISTICHE DELLE SPALLE

5.1 Geometria delle spalle

Inclinazione spalla rispetto all'asse dell'impalcato: 36°.

	b [x]	L [y]	H [z]	Eccentricità rispetto a baricentro plinto/palificata		
				e _x	e _y	e _z
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Paraghiaia	0.4	10.05	1.3	1.6	0.0	4.65
Paramento di testata	1	10.05	2.5	1.9	0.0	2.75
Muri andatori parte sup. DX	4.3	0.40	1.3	-0.75	-4.8	4.65
Muri andatori parte inf. DX	4.3	0.40	2.5	-0.75	-4.8	2.75
Orecchia DX	0	0.00	0	0	0.0	
Muri andatori parte sup. SX	4.3	0.40	1.3	-0.75	4.8	4.65
Muri andatori parte inf. SX	4.3	0.40	2.5	-0.75	4.8	2.75
Orecchia SX	0	0.00	0		0.0	
Plinto	5.8	10.35	1.5	0	0.0	0.75
Rinterro interno	4.30	9.3	3.8	-0.75	0.0	3.40
Rinterro laterale	5.80	0.30	1.285	0	0.0	2.14
Rinterro anteriore	0.50	10.05	1.5	2.65	0.0	2.25

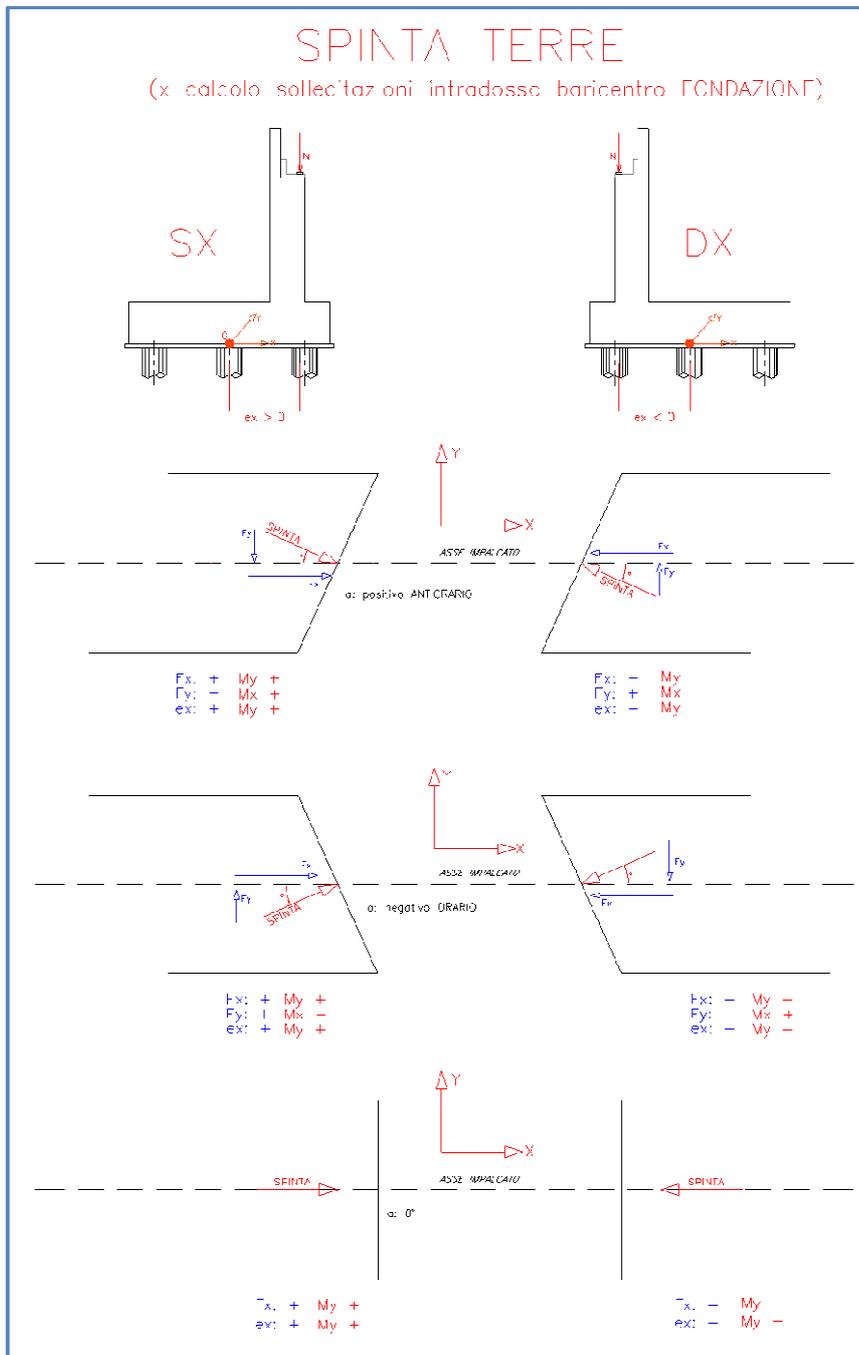


5.2 Caratteristiche del terreno del rilevato a tergo spalla

Densità di peso del cls	γ_{cls}	25	kN/m ³
Densità di peso del terreno	$\gamma_{terreno}$	20	kN/m ³
angolo d'attrito	$\phi_{t, STR}$	38°	
coefficiente di spinta	K_0	0.384	

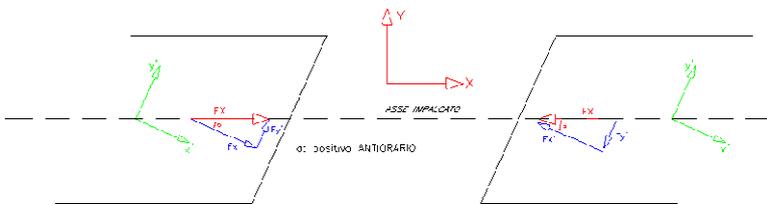
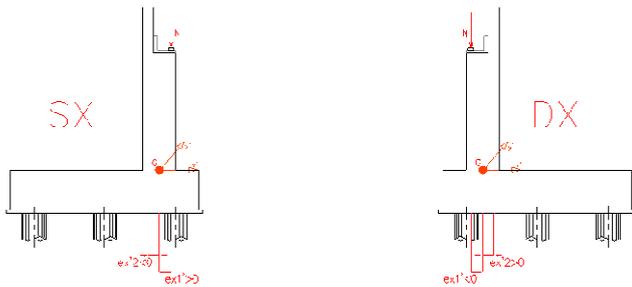
6 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

Si riporta di seguito la convenzione utilizzata per le sollecitazioni e relativi segni.



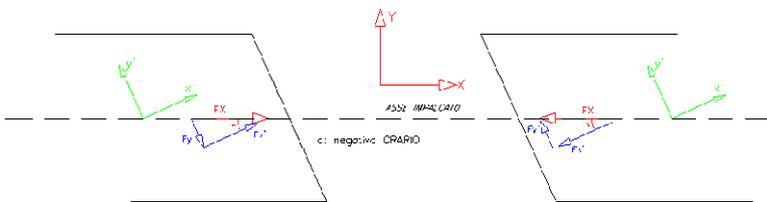
FRENAURA, ATRITO SISMA LONGITUDINALE

(x calcole sollecitazioni PARAMENTIO)



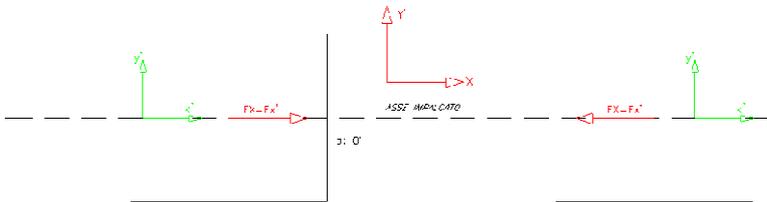
$$\begin{aligned} Fx' &: + & My' &: + \\ Fy' &: + & Mx' &: - \\ ex'1 &: + & My &: - \\ ex'2 &: - & My &: - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fx' &: - & My' &: - \\ Fy' &: - & Mx' &: + \\ ex'1 &: - & My &: - \\ ex'2 &: + & My &: - \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} Fx' &: + & My' &: + \\ Fy' &: - & Mx' &: + \\ ex'1 &: + & My &: + \\ ex'2 &: - & My &: - \end{aligned}$$

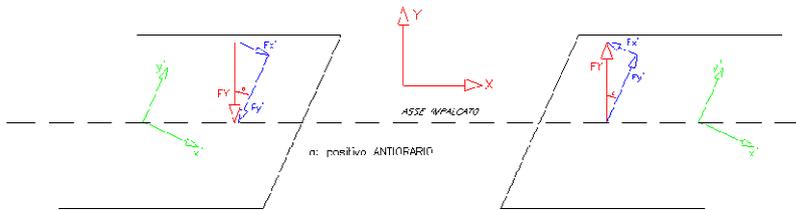
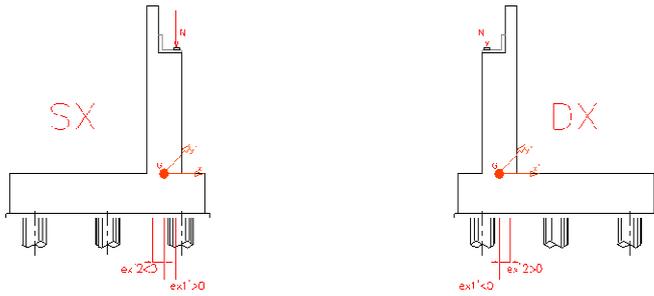
$$\begin{aligned} Fx' &: - & My' &: - \\ Fy' &: - & Mx' &: - \\ ex'1 &: - & My &: - \\ ex'2 &: + & My &: - \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} Fx' &: + & My' &: + \\ ex'1 &: + & My &: + \\ ex'2 &: - & My &: - \end{aligned}$$

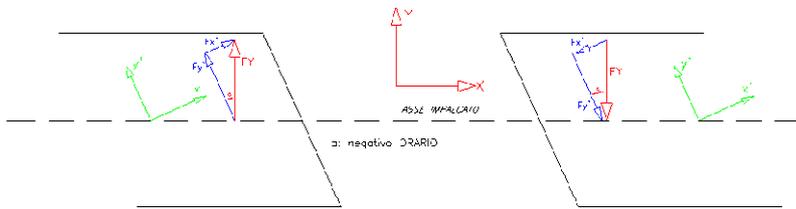
$$\begin{aligned} Fx' &: - & My' &: - \\ ex'1 &: - & My &: - \\ ex'2 &: + & My &: - \end{aligned}$$

VENTO
SISMA TRASVERSALE
(x calcolo sollecitazioni PARAMENTO)



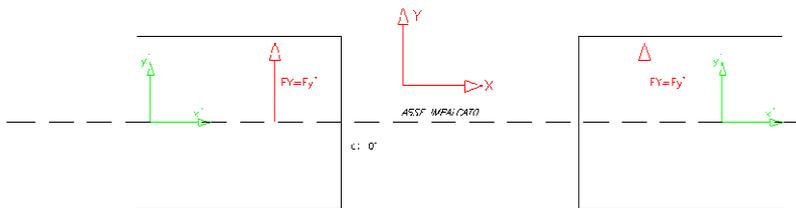
$$\begin{matrix} Fx': + & My': + \\ Fy': - & Mx': + \\ ex'1: + & My': + \\ ex'2: - & My': - \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} Fx': - & My': - \\ Fy': + & Mx': - \\ ex'1: - & My': - \\ ex'2: + & My': + \end{matrix}$$



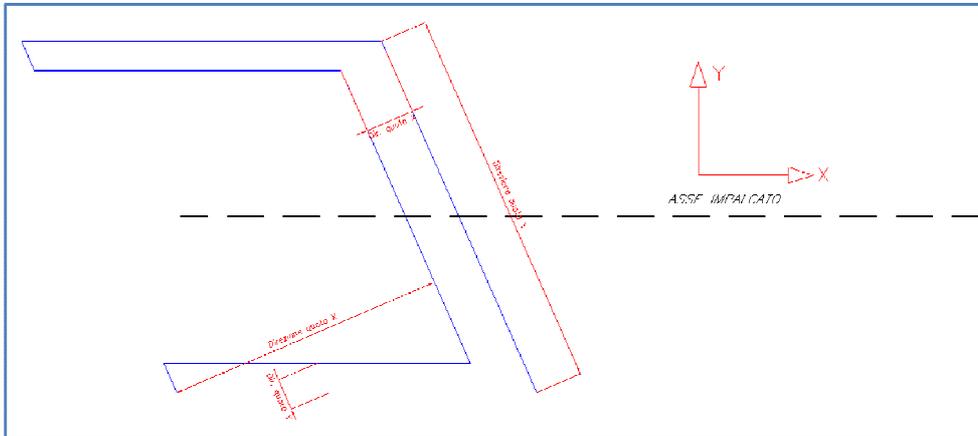
$$\begin{matrix} Fx': + & My': + \\ Fy': + & Mx': + \\ ex'1: + & My': + \\ ex'2: - & My': - \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} Fx': - & My': - \\ Fy': - & Mx': - \\ ex'1: - & My': - \\ ex'2: + & My': + \end{matrix}$$



$$\begin{matrix} Fy': + & Mx': - \\ ex'1: + & My': + \\ ex'2: - & My': - \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} Fy': + & Mx': - \\ ex'1: - & My': - \\ ex'2: + & My': + \end{matrix}$$



6.1 Carichi permanenti strutturali (g1)

Questa categoria di carichi comprende il peso proprio degli elementi strutturali, sia della spalla (calcolato considerando un peso specifico del calcestruzzo di 25kN/mc) che i carichi trasmessi dall'impalcato.

Il peso a metro lineare della singola vasca dell'impalcato, comprensivo di irrigidimenti e sostegno passerella, è pari a: 20.5 kN/m.

6.2 Carichi permanenti non strutturali (g2)

Questa categoria di carichi comprende il peso proprio degli elementi non strutturali:

- peso del terreno tra i muri andatori;
- carico dei permanenti non strutturali dell'impalcato (massicciata, rivestimento in calcestruzzo, parapetto, grigliato passerella).

Il peso a metro lineare del permanente non strutturale della singola vasca dell'impalcato è pari a: 68.44 kN/m.

6.3 Azioni variabili da traffico

I carichi verticali sono definiti per mezzo di modelli di carico. Sono previsti due modelli di carico distinti:

LM71 - modello di carico rappresentativo del traffico normale;

SW - modello di carico rappresentativo del traffico pesante.

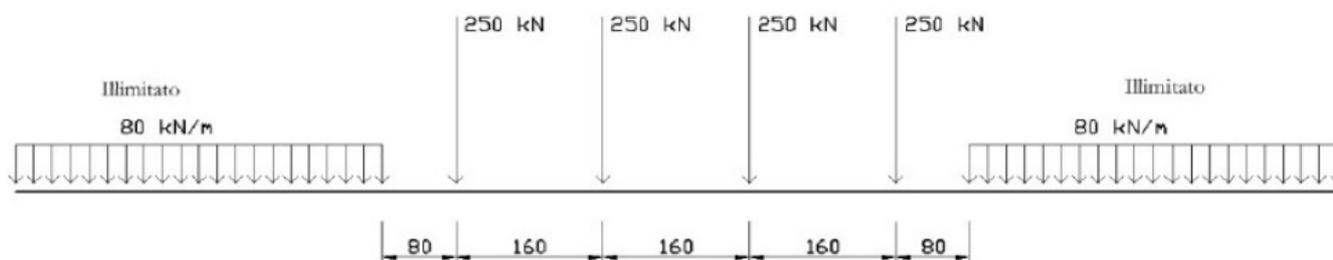
I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono essere moltiplicati per il coefficiente di adattamento α il cui valore deve essere assunto in accordo alla tabella seguente.

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE α
LM71	1,1
SW/0	1,1
SW/2	1,0

6.3.1 Treno di carico LM 71

Il modello di carico LM71 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale e risulta costituito da:

- quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;
- carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.



Modello di carico LM71

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario, dipendente dallo scartamento "s", per tenere conto dello spostamento dei carichi. L'eccentricità è indipendente dal tipo di struttura e di armamento. Tale eccentricità è definita in termini di rapporto massimo fra i carichi relativi a due ruote appartenenti al medesimo asse

$$QV2/QV1=1,25$$

e risulta quindi pari a $s/18$ con $s=1435\text{mm}$ (scartamento standard). Questa eccentricità deve essere considerata nella direzione più sfavorevole.

Il carico distribuito deve essere segmentato al di sopra dell'opera andando a caricare solo quelle parti che forniscono un incremento del contributo ai fini della verifica dell'elemento per l'effetto considerato.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

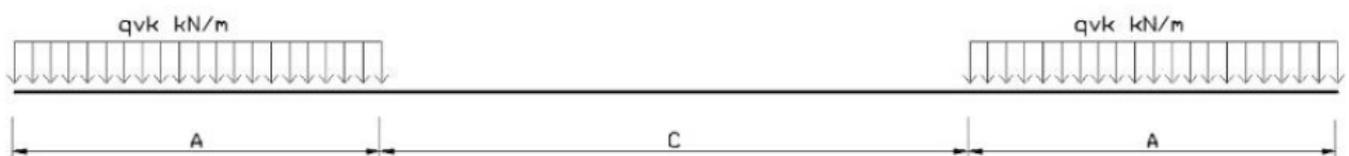
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLVI0804001	A	18 di 99

Si riporta di seguito un estratto del foglio di calcolo utilizzato per eseguire l'analisi dei carichi.

Carico concentrato sul singolo asse	Q_{vk}	250 [KN]
Numero assi da considerare	n_a	4
Interasse tra gli assi	i_a	1,6 [m]
Carico distribuito in entrambe le direzioni	q_{vk}	80 [KN/m]
Distanza dai carichi concentrati	i_c	0,8 [m]
Coefficiente alfa	α	1,1
Carico concentrato sul singolo asse x α	$Q_{vk,LM} \times \alpha$	275 [KN]
Carico distribuito in entrambe le direzioni x α	$q_{vk,LM} \times \alpha$	88 [KN/m]
Scartamento	s	1435 [mm]
Eccentricità rispetto l'asse del binario	e	0,08 [m]

6.3.2 Treno di carico SW

Il modello di carico SW schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante e la sua articolazione è mostrata nella figura successiva.



Sono previste due distinte configurazioni denominate SW/0 ed SW/2.

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

SW/0:

Carico distribuito q_{vk} 133 [KN/m]

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLVI0804001	A	19 di 99

Estensione carico	a	15 [m]
Distanza tra i carichi distribuiti	b	5.3 [m]
Coefficiente alfa	α	1.1
Carico distribuito x α	$q_{vk} \alpha$	146.3 [kN/m]

SW/2:

Carico distribuito	q_{vk}	150 [kN/m]
Estensione carico	a	25 [m]
Distanza tra i carichi distribuiti	b	7 [m]
Coefficiente alfa	α	1
Carico distribuito x α	$q_{vk} \alpha$	150 [kN/m]

6.3.3 Treno scarico

Carico distribuito di 10 kN/m.

6.3.4 Schemi di carico adottati

I treni di carico sono stati disposti sull'impalcato al fine di massimizzare le azioni sulla spalla.

In particolare la disposizione è stata effettuata per massimizzare l'azione verticale o il momento trasversale.

Il segno dei momenti trasversali è stato assunto concorde a quello delle altre azioni al fine di avere le condizioni più gravose.

Gli scarichi sulla spalla dovuti ai singoli treni di carico sono i seguenti:

LM71	846 kN
SW/0	644 kN
SW/2	660 kN

Nella progettazione dei ponti va considerata l'eventuale contemporaneità di più treni, secondo quanto previsto dalle norme ed indicato nella tabella seguente.

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante ⁽²⁾
		caso a ⁽¹⁾	caso b ⁽¹⁾	
1	Primo	1.0 (LM 71"+"SW/0")	-	1.0 SW/2
2	Primo	1.0 (LM 71"+"SW/0")	-	1.0 SW/2
	secondo	1.0 (LM 71"+"SW/0")	-	1.0 (LM 71"+"SW/0")
≥ 3	Primo	1.0 (LM 71"+"SW/0")	0.75 (LM 71"+"SW/0")	1.0 SW/2
	secondo	1.0 (LM 71"+"SW/0")	0.75 (LM 71"+"SW/0")	1.0 (LM 71"+"SW/0")
	Altri	-	0.75 (LM 71"+"SW/0")	-

⁽¹⁾ LM71 "+" SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

⁽²⁾ Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Le azioni di carico verticale e momento trasversale derivanti dall'intero impalcato sono i seguenti:

	Max N sulla spalla		Max Mx sulla spalla		
	Traffico normale	Traffico pesante	Traffico normale	Traffico pesante	
Binario 1	846	660	846	660	kN
	LM71	SW/2	LM71	SW/2	kN
	LM71	LM71			
Binario 2	846	846			kN
N	1692	1506	846	660	kN
Mx	0	-372	-1692	-1320	kNm

La distanza dell'asse di ciascun binario dall'asse della spalla è pari a 2.00m.

Treno scarico:

N	44 kN
Mx	-88 kNm

6.3.5 Effetti dinamici

Il coefficiente di incremento dinamico si applica per il progetto e la verifica degli impalcato, mentre per il calcolo delle pile con snellezza inferiore a 30, delle spalle, delle fondazioni, dei muri di sostegno e delle spinte del terreno possono essere considerati coefficienti dinamici unitari.

6.4 Azione laterale di serpeggio

L'azione laterale indotta dal serpeggio si considera mediante una forza concentrata, agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta perpendicolarmente all'asse del binario.

Il valore caratteristico di tale forza è

$$Q_{sk} = 100 \text{ KN}$$

La norma impone che tale valore venga moltiplicato per α ma non per il coefficiente di incremento dinamico. La norma specifica anche che tale forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

Risulta quanto segue:

Carico di serpeggio	Q_{sk}	100 [KN]
	F_y	M_x
LM71	110	-140.8
SW/0	110	-140.8
SW/2	100	-128

Il momento M_x è stato calcolato attraverso la distanza testa binario – intradosso baggioli pari a: 1.28m.

6.5 Azioni di avviamento e frenatura

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Tali forze sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L definita in modo da ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato.

I valori caratteristici considerati sono i seguenti.

Avviamento:

$$Q_{la,k} = 33 \text{ [KN/m]} \times L \text{ [m]} < 1000 \text{ [KN]}$$

dove L rappresenta la lunghezza sulla quale ripartire l'azione in maniera tale da ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento considerato (per i modelli di carico SW/0 e SW/2 saranno tenute in conto solo le porzioni di struttura caricate).

Frenatura:

$$\text{modelli LM 71, SW/0} \quad Q_{lb,k} = 20 \text{ [KN/m]} \times L \text{ [m]} < 6000 \text{ [KN]}$$

modelli SW/2 Qlb,k 35 [KN/m] x L [m]

Le azioni di frenatura e d avviamento vengono combinate con i relativi carichi verticali.

La forza di avviamento si considera applicata ai primi 30.3 m di convoglio, mentre la forza di frenatura si considererà distribuita su tutta la lunghezza del ponte, per una lunghezza massima di 300 m.

Nel caso in questione le forze si applicano a tutta l'estensione longitudinale dell'impalcato.

I valori caratteristici dell'azione di frenatura e di quella di avviamento devono essere moltiplicati per α , ma non devono essere moltiplicati per ϕ .

Frenatura

	Fx	My	Mt
LM71	193.6	248	387
SW/0	193.6	248	387
SW/2	308	394	616

Avviamento

	Fx	My	Mt
LM71	319.4	409	639
SW/0	319.4	409	639
SW/2	290.4	372	581

Le azioni sono state calcolate a partire dall'intera lunghezza del ponte pari a L=8.8m.

6.6 Azione del vento

Per la determinazione dell'azione dovuta al vento si fa riferimento al DM 14.1.2008 e relativa circolare. In particolare le istruzioni prevedono che la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni e sui loro elementi proceda secondo lo schema seguente:

1. definite le caratteristiche del sito ove sorge la costruzione, si valuta la velocità di progetto e la pressione cinetica di picco del vento;

2. definita la forma, le dimensioni e l'orientamento della costruzione, si valutano le azioni aerodinamiche di picco esercitate dal vento sulla costruzione e sui suoi elementi;
3. definite le proprietà meccaniche della costruzione e dei suoi elementi si valutano le azioni statiche equivalenti.

Le analisi sono svolte considerando due condizioni di carico:

- 1) ponte non occupato da convoglio;
- 2) ponte occupato da convoglio.

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

Usualmente tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti dirette secondo due assi principali della struttura, tali azioni esercitano normalmente all'elemento di parete o di copertura, pressioni e depressioni p (indicate rispettivamente con segno positivo e negativo) di intensità calcolate con la seguente espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- q_b = pressione cinetica di riferimento;
- c_e = coefficiente di esposizione;
- c_p = coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico);
- c_d = coefficiente dinamico.

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare			500m	750m	
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

Definizione della categoria di esposizione

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Schema per la definizione della categoria di esposizione – cfr. NTC18

Il valore di c_e può essere ricavato mediante la relazione:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right] \quad \text{per } z > z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	25	1000	0.01
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			100
T_R (Tempo di ritorno)			75
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$ $v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
v_b ($T_R = 50$ [m/s])			25.000
α_R (T_R)			1.02346
v_b (T_R) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s]			25.586

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
 q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
 c_e (coefficiente di esposizione)
 c_p (coefficiente di forma)
 c_d (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

$$q_b = 409.17 \text{ N/mq}$$

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

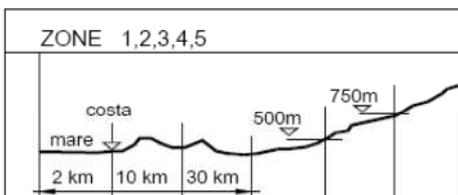
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLVI0804001	A	25 di 99

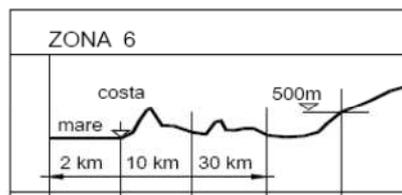
Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	a _s [m]
1	D	100

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Cat. Esposiz.	k _r	z ₀ [m]	z _{min} [m]	c _t
II	0.19	0.05	4	1

q _b	0.41	kN/mq	
C _e	2.13		Coefficiente di esposizione calcolato per z=7m
C _p	1.2		Coefficiente di forma
C _d	1		Coefficiente dinamico
P	1.05	kN/mq	Pressione del vento

In tal modo le azioni del vento e relativi momenti di trasporto al baricentro dell'impalcato sono i seguenti:

	Ponte scarico	Ponte carico
H vento	1.035	5.035 m
Ry vento/m	1.1	5.3 kN/m
Ry vento tot	4.8	23.2 kN
Mx tot	-3.6	-64.0 kNm

$$M_x = R \cdot (H_{\text{vento}}/2 + H_{\text{baggioli}} + H_{\text{apparecchiAppoggio}})$$

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO-PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0804001	REV. A

6.7 Azione Sismica

Con riferimento alla normativa vigente (NTC-2008), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 2008), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1 del D.M. 2008, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4 del D.M. 2008.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione dell’azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta. Più avanti sono indicati i valori di a_g , F_o e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

6.7.1 Vita nominale

La vita nominale di un’opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Per l’opera in esame viene assunta una vita nominale $V_N = 75$.

6.7.2 Classe d’uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d’uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO-PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0804001	REV. A

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Nel presente progetto si considera una **classe d'uso tipo III** con coefficiente d'uso $C_U=1,5$.

6.7.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1,5 = 112,5 \text{ anni (periodo di riferimento).}$$

6.7.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

	STATO LIMITE	P _{VR} : probabilità di superamento nel periodo di riferimento
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%
	SLD - Stato Limite di Danno	63%
SLU	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%

Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = -\frac{C_u \cdot V_N}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

da cui si ottiene la seguente tabella:

Stati limite		Valori in anni del periodo di ritorno T _R al variare del periodo di riferimento V _R (anni)
SLE	SLO	68
	SLD	113
SLU	SLV	1068
	SLC	2193

Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati, il periodo T_R in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV è pari a T_R = 1068 anni.

6.7.5 Caratterizzazione sismica del terreno

6.7.5.1 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2008.

I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di **Categoria C**.

6.7.5.2 Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Classificazione topografie superfici

Le categorie topografiche appena definite si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L'area interessata risulta classificabile come **T1**.

6.7.5.3 Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2008 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_s \cdot S_T$ e di C_C in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle che sono riportate di seguito:

Categoria sottosuolo	S_s	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella delle espressioni per S_s e C_C

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 1: Tabella valori massimi del coeff. di amplificazione topografica S_T

Il valore del coefficiente di amplificazione topografica è posto pari a $S_T = 1$

I valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica sono pari a $S_S = 1,50$ e $C_C = 1,571$

6.7.6 Parametri sismici di calcolo

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

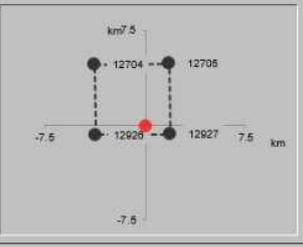
Grafici spettri di risposta

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

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

Individuazione della pericolosità del sito (Fase 1)

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

- - - - - Strategia per costruzioni ordinarie
- - - - - Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

Scelta della strategia di progettazione (Fase 2)

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info $S_S = 1.500$ $C_C = 1.571$ info

Categoria topografica info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info

(h =quota sito, H =altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) $\eta = 1.000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 Regol. in altezza info

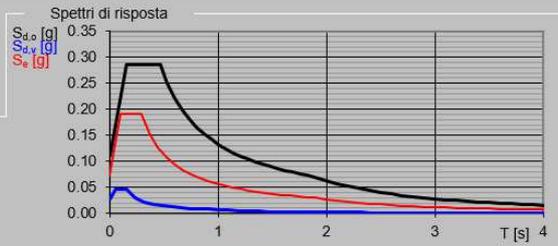
Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q $\eta = 0.667$ info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale

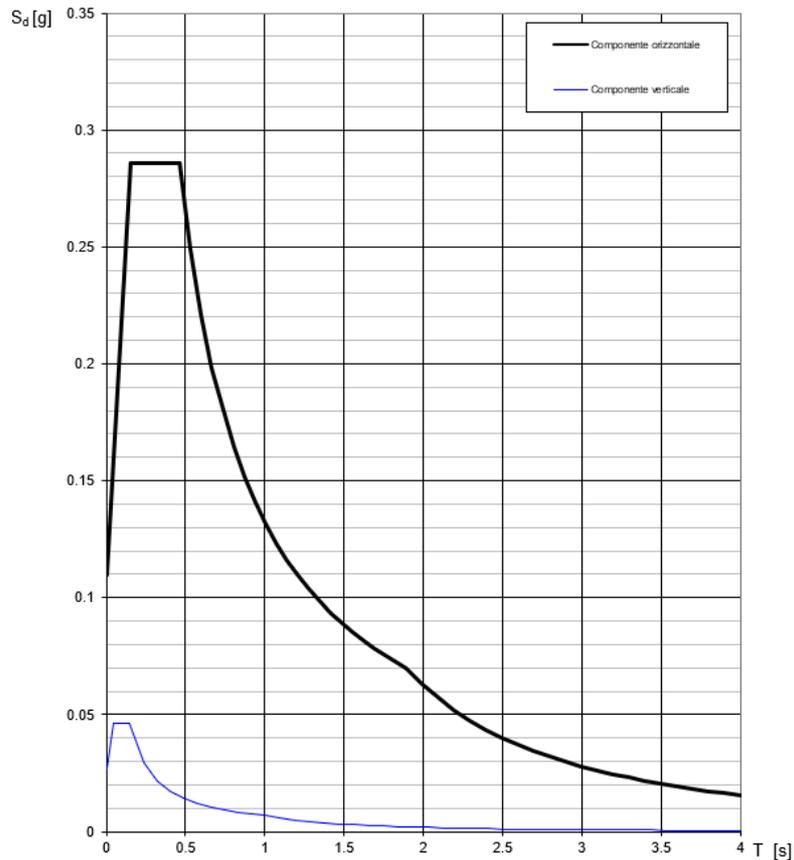
— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

Determinazione dell'azione di progetto (Fase 3)

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



Spettro di progetto: grafico

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.073 g
F_0	2.606
T_C	0.295 s
S_S	1.500
C_C	1.571
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.154 s
T_C	0.463 s
T_D	1.893 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_e(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con η/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	0.110
T_B ←	0.154	0.286
T_C ←	0.463	0.286
	0.531	0.249
	0.599	0.221
	0.667	0.198
	0.736	0.180
	0.804	0.165
	0.872	0.152
	0.940	0.141
	1.008	0.131
	1.076	0.123
	1.144	0.116
	1.212	0.109
	1.280	0.103
	1.348	0.098
	1.416	0.094
	1.484	0.089
	1.552	0.085
	1.620	0.082
	1.688	0.078
	1.757	0.075
	1.825	0.073
T_D ←	1.893	0.070
	1.993	0.063
	2.093	0.057
	2.194	0.052
	2.294	0.048
	2.394	0.044
	2.495	0.040
	2.595	0.037
	2.695	0.035
	2.796	0.032
	2.896	0.030
	2.996	0.028
	3.097	0.026
	3.197	0.025
	3.298	0.023
	3.398	0.022
	3.498	0.020
	3.599	0.019
	3.699	0.018
	3.799	0.017
	3.900	0.016
	4.000	0.016

Spettro di progetto: valori

6.7.7 Definizione delle azioni sismiche derivanti dall'impalcato

La modellazione dell'azione sismica è stata effettuata mediante un'analisi lineare statica.

Peso intero impalcato		1565.3	kN	
$a_{max}=S \cdot a_g$		0.110	g	
Braccio		0.763	m	
	% sisma sulla spalla	F sisma (kN)	M (kNm)	
Sisma long X	0.5	86	65	F _x , M _y
Sisma trasv Y	0.5	86	-65	F _y , M _x

Treni in condizioni sismiche sull'intero impalcato

Aliquota carichi variabili da traffico: 0.2

	N tot (kN)	F sis (kN)
LM71	1382	30
SW/0	1287	28
SW/2	1452	32

6.8 Riepilogo delle azioni del traffico ferroviario dell'impalcato

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 seguente tabella.

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.

I valori fra parentesi indicati nella Tab. 5.2.IV vanno assunti quando l'azione risulta favorevole nei riguardi della verifica che si sta svolgendo.

Le azioni derivanti da ciascuno dei gruppi di carico sono da intendersi come un'unica azione caratteristica da utilizzarsi nella definizione dei valori rari e frequenti.

Ai fini delle analisi da condurre gli effetti di frenatura e avviamento sono stati considerati agenti in un unico verso.

Sono stati definiti i seguenti 25 gruppi di carico:

				Coefficienti gruppo		
				Carico Verticale	Frenatura e avviamento	Serpeggio
2 binari carichi	LM71+SW2	LM71 in A o F	GRUPPO 1a	1	0.5	1
2 binari carichi	LM71+SW2	SW2 in A o F	GRUPPO 1b	1	0.5	1
2 binari carichi	LM71+LM71	LM71 in F	GRUPPO 1c	1	0.5	1
2 binari carichi	LM71+LM71	LM71 in A	GRUPPO 1d	1	0.5	1
1 binario carico		LM71 in F	GRUPPO 1e	1	0.5	1
1 binario carico		LM71 in A	GRUPPO 1f	1	0.5	1
1 binario carico		SW2 in F	GRUPPO 1g	1	0.5	1
1 binario carico		SW2 in A	GRUPPO 1h	1	0.5	1
2 binari carichi	LM71+SW2	LM71 in A o F	GRUPPO 3a	1	1	0.5
2 binari carichi	LM71+SW2	SW2 in A o F	GRUPPO 3b	1	1	0.5

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	36 di 99

2 binari carichi	LM71+LM71	LM71 in F	GRUPPO 3c	1	1	0.5
2 binari carichi	LM71+LM71	LM71 in A	GRUPPO 3d	1	1	0.5
1 binario carico		LM71 in F	GRUPPO 3e	1	1	0.5
1 binario carico		LM71 in A	GRUPPO 3f	1	1	0.5
1 binario carico		SW2 in F	GRUPPO 3g	1	1	0.5
1 binario carico		SW2 in A	GRUPPO 3h	1	1	0.5
		Treno scarico	GRUPPO 2	1	0	1
2 binari carichi	LM71+SW2	LM71 in A o F	GRUPPO 4a	0.6	0.6	0.6
2 binari carichi	LM71+SW2	SW2 in A o F	GRUPPO 4b	0.6	0.6	0.6
2 binari carichi	LM71+LM71	LM71 in F	GRUPPO 4c	0.6	0.6	0.6
2 binari carichi	LM71+LM71	LM71 in A	GRUPPO 4d	0.6	0.6	0.6
1 binario carico		LM71 in F	GRUPPO 4e	0.8	0.8	0.8
1 binario carico		LM71 in A	GRUPPO 4f	0.8	0.8	0.8
1 binario carico		SW2 in F	GRUPPO 4g	0.8	0.8	0.8
1 binario carico		SW2 in A	GRUPPO 4h	0.8	0.8	0.8

Le singole azioni del traffico ferroviario moltiplicate per i coefficienti di ciascun gruppo sono le seguenti (kN; kNm):

	Carico Verticale		Frenatura			Avviamento			Serpeggio	
	N	Mx	Fx	My	Mt	Fx	My	Mt	Fy	Mx
GRUPPO 1a	1506	-372	97	124	194	160	204	319	210	-269
GRUPPO 1b	1506	-372	154	197	308	145	186	290	210	-269
GRUPPO 1c	1692	0	97	124	194	0	0	0	220	-282
GRUPPO 1d	1692	0	0	0	0	160	204	319	220	-282
GRUPPO 1e	846	-1692	97	124	194				110	-141
GRUPPO 1f	846	-1692				160	204	319	110	-141
GRUPPO 1g	660	-1320	154	197	308				100	-128
GRUPPO 1h	660	-1320				145	186	290	100	-128
GRUPPO 3a	1506	-372	194	248	387	319	409	639	105	-134
GRUPPO 3b	1506	-372	308	394	616	290	372	581	105	-134
GRUPPO 3c	1692	0	194	248	387	0	0	0	110	-141
GRUPPO 3d	1692	0	0	0	0	319	409	639	110	-141
GRUPPO 3e	846	-1692	194	248	387				50	-64
GRUPPO 3f	846	-1692				319	409	639	50	-64
GRUPPO 3g	660	-1320	308	394	616				50	-64
GRUPPO 3h	660	-1320				290	372	581	50	-64
GRUPPO 2	44	-88							100	128
GRUPPO 4a	904	-223	116	149	232	192	245	383	126	-161

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLVI0804001	A	37 di 99

GRUPPO 4b	904	-223	185	237	370	174	223	348	126	-161
GRUPPO 4c	1015	0	116	149	232	0	0	0	132	-169
GRUPPO 4d	1015	0	0	0	0	192	245	383	132	-169
GRUPPO 4e	677	-1354	155	198	310				88	-113
GRUPPO 4f	677	-1354				256	327	511	88	-113
GRUPPO 4g	528	-1056	246	315	493				80	-102
GRUPPO 4h	528	-1056				232	297	465	80	-102

Le singole complessive del traffico ferroviario di ciascun gruppo di carico riferite al piano di appoggio dell'impalcato sono le seguenti (kN; kNm):

	N	Fx	Fy	My	Mx	Mt
GRUPPO 1a	1506	160	210	204	-641	319
GRUPPO 1b	1506	154	210	197	-641	308
GRUPPO 1c	1692	97	220	124	-282	194
GRUPPO 1d	1692	160	220	204	-282	319
GRUPPO 1e	846	97	110	124	-1833	194
GRUPPO 1f	846	160	110	204	-1833	319
GRUPPO 1g	660	154	100	197	-1448	308
GRUPPO 1h	660	145	100	186	-1448	290
GRUPPO 3a	1506	319	105	409	-507	639
GRUPPO 3b	1506	308	105	394	-507	616
GRUPPO 3c	1692	194	110	248	-141	387
GRUPPO 3d	1692	319	110	409	-141	639
GRUPPO 3e	846	194	50	248	-1756	387
GRUPPO 3f	846	319	50	409	-1756	639
GRUPPO 3g	660	308	50	394	-1384	616
GRUPPO 3h	660	290	50	372	-1384	581
GRUPPO 2	44	0	100	0	40	0
GRUPPO 4a	904	192	126	245	-385	383
GRUPPO 4b	904	185	126	237	-385	370
GRUPPO 4c	1015	116	132	149	-169	232
GRUPPO 4d	1015	192	132	245	-169	383
GRUPPO 4e	677	155	88	198	-1466	310
GRUPPO 4f	677	256	88	327	-1466	511
GRUPPO 4g	528	246	80	315	-1158	493
GRUPPO 4h	528	232	80	297	-1158	465

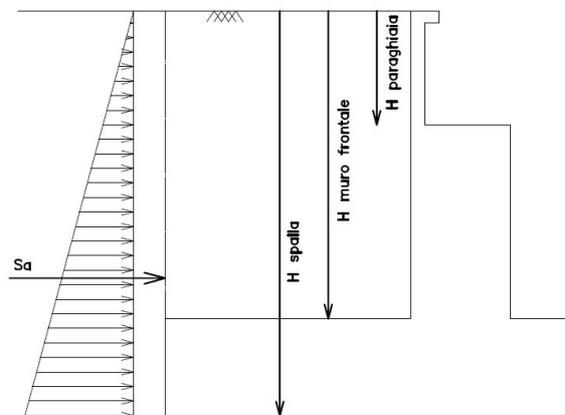
Le forze sismiche dovute agli accidentali da traffico ferroviario sono le seguenti (kN; kNm):

braccio = 3.245m (baricentro treno - piano di appoggio dell'impalcato)

		SISMA X		SISMA Y	
		Fx	My	Fy	Mx
LM71 in F e SW2 in A	GRUPPO 1a	31	101	16	-50
LM71 in A e SW2 in F	GRUPPO 1b	31	101	16	-50
LM71 in F e LM71 in A	GRUPPO 1c	30	98	15	-49
LM71 in A e LM71 in F	GRUPPO 1d	30	98	15	-49
LM71 in F	GRUPPO 1e	15	49	8	-25
LM71 in A	GRUPPO 1f	15	49	8	-25
SW2 in F	GRUPPO 1g	16	52	8	-26
SW2 in A	GRUPPO 1h	16	52	8	-26
Lm71 in F e SW2 in A	GRUPPO 3a	31	101	16	-50
Lm71 in A e SW2 in F	GRUPPO 3b	31	101	16	-50
LM71 in F e LM71 in A	GRUPPO 3c	30	98	15	-49
LM71 in A e LM71 in F	GRUPPO 3d	30	98	15	-49
LM71 in F	GRUPPO 3e	15	49	8	-25
LM71 in A	GRUPPO 3f	15	49	8	-25
SW2 in F	GRUPPO 3g	16	52	8	-26
SW2 in A	GRUPPO 3h	16	52	8	-26

6.9 Spinta statica del terreno

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali della spalla 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.



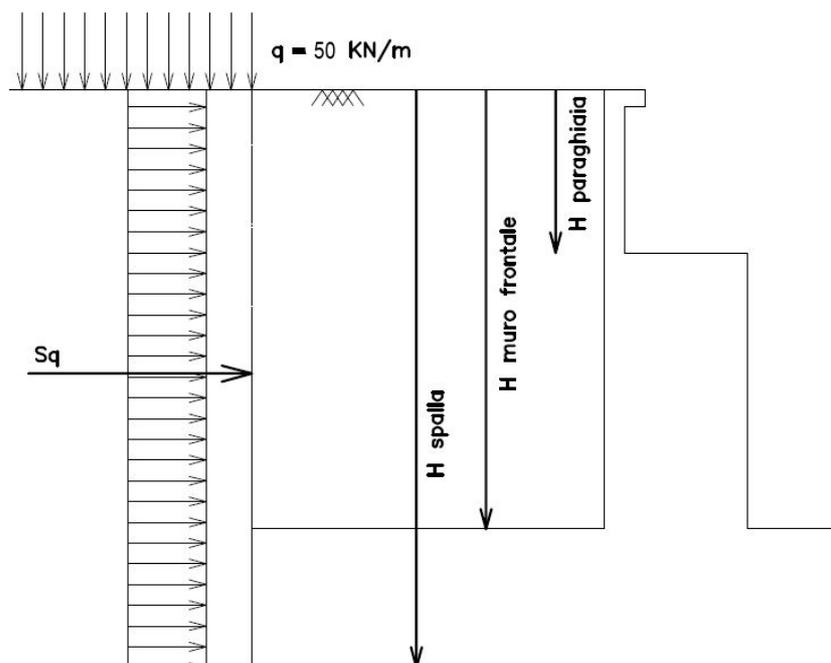
Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

Si deve notare che essendo presente una fondazione su pali si ipotizza che la spalla sia impedita di traslare rispetto al terreno. La spinta sia in condizioni di esercizio che in condizioni sismiche viene calcolata con il coefficiente di spinta in quiete k_0 e non con il coefficiente di spinta attiva k_a .

6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale e permanente

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante sulla spalla e a tergo di essa, si considera un carico uniformemente distribuito di lunghezza indefinita con valore pari a $q=50\text{KN/m}^2$.

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. Tale forza si considera agente in senso longitudinale su tutta la larghezza della spalla, mentre in senso trasversale sull'intera lunghezza dei muri andatori.

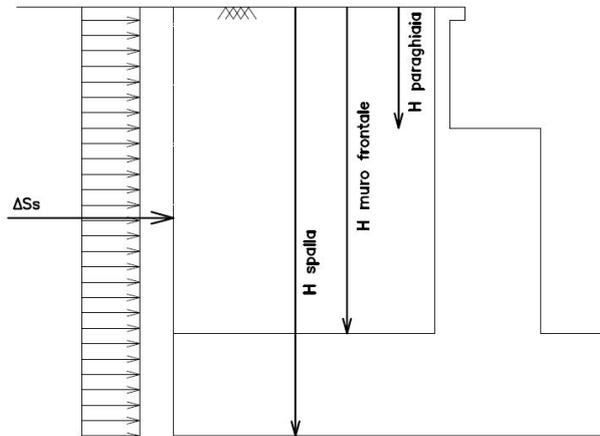


Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

6.11 Sovrappinta sismica

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio.

La sovrappinta sismica può essere calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro pari a $\Delta S_{ae} = a_{max}/g \cdot \gamma \cdot H^2$, da applicare ad una quota pari ad $H/2$ nel caso di muro impedito di traslare.



Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

Suolo	suolo di fondazione	C
a_g/g	accelerazione massima al suolo	0.073g
S_s	fattore di amplificazione stratigrafica	1.5
S_T	fattore di amplificazione stratigrafica	1
S=S_T*S_s	Fattore che tiene conto del profilo topografico	1.5
a_{max}=S*a_g		0.110g
β_m	(coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito)	1
k_h=β_m*a_{max}/g	Coefficiente sismico orizzontale	0.110
k_v= 0.5 k_h	Coefficiente sismico verticale	0.055

6.12 Forze di inerzia dovute al sisma

In fase sismica si devono considerare le azioni orizzontali e verticali agenti sulla spalla dovute all'inerzia delle parti in calcestruzzo e del rinterro compreso tra i muri andatori.

Le risultanti orizzontali e verticali sono rispettivamente pari ad $F_h=k_h \cdot W$ e $F_v=k_v \cdot W$, dove i coefficienti k_h e k_v sono calcolati come esposto al paragrafo 7.11.6 delle NTC08 risultando pari a $k_h=\beta_m \cdot a_{max}/g$, $k_v=\pm 0.5k_h$ con $a_{max}=S_s \cdot S_T \cdot a_g$.

Il coefficiente β_m è stato considerato unitario, non essendo la spalla libera di traslare rispetto al terreno.

6.13 Riepilogo delle azioni derivanti dalla spalla rispetto al baricentro della fondazione

6.13.1 Pesì propri spalla

	N	F_L=F_X	F_T=F_Y	M_{Long}=M_Y	M_{Trasv}=M_X
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	131	0	0	209	0
Paramento di testata	628	0	0	1193	0
Muri andatori parte sup. DX	56	0	0	-42	270
Muri andatori parte inf. DX	108	0	0	-81	519
Orecchia DX	0	0	0	0	0
Muri andatori parte sup. SX	56	0	0	-42	-270
Muri andatori parte inf. SX	108	0	0	-81	-519
Orecchia SX	0	0	0	0	0
Plinto	2251	0	0	0	0
Rinterro interno	3023	0	0	-2267	0
Rinterro laterale	45	0	0	0	0
Rinterro anteriore	151	0	0	399	0.0

6.13.2 Spinte spalla

SPINTE SPALLA	N	F_L=F_X	F_T=F_Y	M_{Long}=M_Y	M_{Trasv}=M_X
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Spinta fino a estradosso	0.0	557.8	0.0	1543.1	0.0
Spinta su plinto	0.0	543.0	0.0	384.9	0.0
Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	2160.8			-1620.6	
Spinta carico accidentale 50kN/mq		1023.6	0.0	2712.5	0.0
Spinta carico accidentale su bandiera 10kN/mq		0.0		0.0	

6.13.3 Pesì + spinte spalla

	N	F_L=F_X	F_T=F_Y	M_{Long}=M_Y	M_{Trasv}=M_X
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Peso spalla	3337	0	0	1157	0
Rinterro interno	3023	0	0	-2267	0
Rinterro esterno	195	0	0	399	0
Spinta terre (per STR)	0	1101	0	1928	0
Spinta carico accidentale 50kPa (per STR)	0	1024	0	2713	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	42 di 99

Spinta terre (per GEO)		1101	0	1928	0
Spinta carico accidentale 50kPa (per GEO)	0	1024	0	2713	0

6.13.4 Inerzie ed incremento di spinta sismica

	N	F _L =F _x	F _T =F _y	M _{Long} =M _y	M _{Trasv} =M _x
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Inerzia spalla dir longitudinale	0	365		562	
Inerzia spalla dir trasversale			365		-562
Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	331		1125	
Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale			331		-1125
Incremento di spinta sismica (per STR)	0	309	0	819	0
Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	309	0	819	0

6.14 Riepilogo delle azioni derivanti dall'impalcato
6.14.1 Azioni ad intradosso baggiolo

		N	F _L =F _x	F _T =F _y	M _{Long} =M _y	M _{Trasv} =M _x	M _{TORC}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1	Peso proprio impalcato	180.4	0.0		0.0	0.0	
g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	602.3			0.0	0.0	
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1506.1	159.7	210.0	204.4	-641.0	319.4
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1506.1	154.0	210.0	197.1	-641.0	308.0
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	1692.2	96.8	220.0	123.9	-281.6	193.6
GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	1692.2	159.7	220.0	204.4	-281.6	319.4
GRUPPO 1e	LM71 in F	846.1	96.8	110.0	123.9	-1833.0	193.6
GRUPPO 1f	LM71 in A	846.1	159.7	110.0	204.4	-1833.0	319.4
GRUPPO 1g	SW2 in F	660.0	154.0	100.0	197.1	-1448.0	308.0
GRUPPO 1h	SW2 in A	660.0	145.2	100.0	185.9	-1448.0	290.4
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1506.1	319.4	105.0	408.9	-506.6	638.9
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1506.1	308.0	105.0	394.2	-506.6	616.0
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	1692.2	193.6	110.0	247.8	-140.8	387.2
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	1692.2	319.4	110.0	408.9	-140.8	638.9
GRUPPO 3e	LM71 in F	846.1	193.6	50.0	247.8	-1756.2	387.2
GRUPPO 3f	LM71 in A	846.1	319.4	50.0	408.9	-1756.2	638.9
GRUPPO 3g	SW2 in F	660.0	308.0	50.0	394.2	-1384.0	616.0
GRUPPO 3h	SW2 in A	660.0	290.4	50.0	371.7	-1384.0	580.8
GRUPPO 2	Treno scarico	44.0	0.0	100.0	0.0	40.0	0.0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	43 di 99

GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	903.7	191.7	126.0	245.3	-384.6	383.3
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	903.7	184.8	126.0	236.5	-384.6	369.6
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1015.3	116.2	132.0	148.7	-169.0	232.3
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1015.3	191.7	132.0	245.3	-169.0	383.3
GRUPPO 4e	LM71 in F	676.9	154.9	88.0	198.2	-1466.4	309.8
GRUPPO 4f	LM71 in A	676.9	255.6	88.0	327.1	-1466.4	511.1
GRUPPO 4g	SW2 in F	528.0	246.4	80.0	315.4	-1158.4	492.8
GRUPPO 4h	SW2 in A	528.0	232.3	80.0	297.4	-1158.4	464.6
q _{5,scarico}	Vento a ponte scarico			4.8		-3.6	
q _{5,carico}	Vento a ponte carico			23.2		-64.0	
Q ₄	Centrifuga						
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli		91.6				
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli		91.6				
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli		99.0				
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli		99.0				
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli		65.2				
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli		65.2				
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli		57.7				
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli		57.7				
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli		91.6				
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli		91.6				
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli		99.0				
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli		99.0				
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli		65.2				
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli		65.2				
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli		57.7				
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli		57.7				
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli		33.1				
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli		67.5				
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli		67.5				
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli		71.9				
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli		71.9				
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli		58.4				
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli		58.4				
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli		52.4				
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli		52.4				
GRUPPO 1a	Spettro X		116.7		166.0		
GRUPPO 1b	Spettro X		116.7		166.0		
GRUPPO 1c	Spettro X		116.0		163.5		
GRUPPO 1d	Spettro X		116.0		163.5		
GRUPPO 1e	Spettro X		100.8		114.4		

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	44 di 99

GRUPPO 1f	Spettro X		100.8		114.4		
GRUPPO 1g	Spettro X		101.6		116.9		
GRUPPO 1h	Spettro X		101.6		116.9		
GRUPPO 3a	Spettro X		116.7		166.0		
GRUPPO 3b	Spettro X		116.7		166.0		
GRUPPO 3c	Spettro X		116.0		163.5		
GRUPPO 3d	Spettro X		116.0		163.5		
GRUPPO 3e	Spettro X		100.8		114.4		
GRUPPO 3f	Spettro X		100.8		114.4		
GRUPPO 3g	Spettro X		101.6		116.9		
GRUPPO 3h	Spettro X		101.6		116.9		
GRUPPO 2	Spettro X		85.7		65.3		
GRUPPO 1a	Spettro Y			101.2		-115.7	
GRUPPO 1b	Spettro Y			101.2		-115.7	
GRUPPO 1c	Spettro Y			100.8		-114.4	
GRUPPO 1d	Spettro Y			100.8		-114.4	
GRUPPO 1e	Spettro Y			93.3		-89.9	
GRUPPO 1f	Spettro Y			93.3		-89.9	
GRUPPO 1g	Spettro Y			93.7		-91.1	
GRUPPO 1h	Spettro Y			93.7		-91.1	
GRUPPO 3a	Spettro Y			101.2		-115.7	
GRUPPO 3b	Spettro Y			101.2		-115.7	
GRUPPO 3c	Spettro Y			100.8		-114.4	
GRUPPO 3d	Spettro Y			100.8		-114.4	
GRUPPO 3e	Spettro Y			93.3		-89.9	
GRUPPO 3f	Spettro Y			93.3		-89.9	
GRUPPO 3g	Spettro Y			93.7		-91.1	
GRUPPO 3h	Spettro Y			93.7		-91.1	
GRUPPO 2	Spettro Y			85.7		-65.3	

6.14.2 Azioni a baricentro intradosso plinto

		N [kN]	F _L =F _x [kN]	F _T =F _y [kN]	M _{Long} =M _y [kNm]	M _{Trasv} =M _x [kNm]	M _{TORC} [kNm]
g1	Peso proprio impalcato	180	0	0	410	0	0
g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	602	0	0	1367	0	0
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1506	160	210	4262	-1481	319
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1506	154	210	4232	-1481	308
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	1692	97	220	4352	-1162	194
GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	1692	160	220	4685	-1162	319
GRUPPO 1e	LM71 in F	846	97	110	2432	-2273	194

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	45 di 99

GRUPPO	DESCRIZIONE	846	160	110	2764	-2273	319
GRUPPO 1f	LM71 in A	846	160	110	2764	-2273	319
GRUPPO 1g	SW2 in F	660	154	100	2311	-1848	308
GRUPPO 1h	SW2 in A	660	145	100	2265	-1848	290
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1506	319	105	5106	-927	639
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1506	308	105	5045	-927	616
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	1692	194	110	4864	-581	387
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	1692	319	110	5528	-581	639
GRUPPO 3e	LM71 in F	846	194	50	2943	-1956	387
GRUPPO 3f	LM71 in A	846	319	50	3607	-1956	639
GRUPPO 3g	SW2 in F	660	308	50	3124	-1584	616
GRUPPO 3h	SW2 in A	660	290	50	3032	-1584	581
GRUPPO 2	Treno scarico	44	0	100	100	-360	0
GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	904	192	126	3063	-889	383
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	904	185	126	3027	-889	370
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1015	116	132	2918	-697	232
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1015	192	132	3317	-697	383
GRUPPO 4e	LM71 in F	677	155	88	2354	-1818	310
GRUPPO 4f	LM71 in A	677	256	88	2886	-1818	511
GRUPPO 4g	SW2 in F	528	246	80	2500	-1478	493
GRUPPO 4h	SW2 in A	528	232	80	2425	-1478	465
Q _{5,scarico}	Vento a ponte scarico	0	0	5	0	-23	0
Q _{5,carico}	Vento a ponte carico	0	0	23	0	-157	0
Q ₄	Centrifuga	0	0	0	0	0	0
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	92	0	366	0	0
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	92	0	366	0	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	99	0	396	0	0
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	99	0	396	0	0
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	65	0	261	0	0
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	65	0	261	0	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	58	0	231	0	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	58	0	231	0	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	92	0	366	0	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	92	0	366	0	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	99	0	396	0	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	99	0	396	0	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	65	0	261	0	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	65	0	261	0	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	58	0	231	0	0
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	58	0	231	0	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	33	0	132	0	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	67	0	270	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	46 di 99

GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	67	0	270	0	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	72	0	288	0	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	72	0	288	0	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	58	0	234	0	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	58	0	234	0	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	52	0	210	0	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	52	0	210	0	0
GRUPPO 1a	Spettro X	0	117	0	633	0	0
GRUPPO 1b	Spettro X	0	117	0	633	0	0
GRUPPO 1c	Spettro X	0	116	0	627	0	0
GRUPPO 1d	Spettro X	0	116	0	627	0	0
GRUPPO 1e	Spettro X	0	101	0	518	0	0
GRUPPO 1f	Spettro X	0	101	0	518	0	0
GRUPPO 1g	Spettro X	0	102	0	523	0	0
GRUPPO 1h	Spettro X	0	102	0	523	0	0
GRUPPO 3a	Spettro X	0	117	0	633	0	0
GRUPPO 3b	Spettro X	0	117	0	633	0	0
GRUPPO 3c	Spettro X	0	116	0	627	0	0
GRUPPO 3d	Spettro X	0	116	0	627	0	0
GRUPPO 3e	Spettro X	0	101	0	518	0	0
GRUPPO 3f	Spettro X	0	101	0	518	0	0
GRUPPO 3g	Spettro X	0	102	0	523	0	0
GRUPPO 3h	Spettro X	0	102	0	523	0	0
GRUPPO 2	Spettro X	0	86	0	408	0	0
GRUPPO 1a	Spettro Y	0	0	101	0	-521	0
GRUPPO 1b	Spettro Y	0	0	101	0	-521	0
GRUPPO 1c	Spettro Y	0	0	101	0	-518	0
GRUPPO 1d	Spettro Y	0	0	101	0	-518	0
GRUPPO 1e	Spettro Y	0	0	93	0	-463	0
GRUPPO 1f	Spettro Y	0	0	93	0	-463	0
GRUPPO 1g	Spettro Y	0	0	94	0	-466	0
GRUPPO 1h	Spettro Y	0	0	94	0	-466	0
GRUPPO 3a	Spettro Y	0	0	101	0	-521	0
GRUPPO 3b	Spettro Y	0	0	101	0	-521	0
GRUPPO 3c	Spettro Y	0	0	101	0	-518	0
GRUPPO 3d	Spettro Y	0	0	101	0	-518	0
GRUPPO 3e	Spettro Y	0	0	93	0	-463	0
GRUPPO 3f	Spettro Y	0	0	93	0	-463	0
GRUPPO 3g	Spettro Y	0	0	94	0	-466	0
GRUPPO 3h	Spettro Y	0	0	94	0	-466	0
GRUPPO 2	Spettro Y	0	0	86	0	-408	0

6.15 Riepilogo complessivo delle azioni a baricentro intradosso plinto

		N	F _L =F _X	F _T =F _Y	M _{Long} =M _Y	M _{Trasv} =M _X	M _{Tor} =M _Z	
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	
Sollecitazioni statiche impalcato	g1	Peso proprio impalcato	180	0	0	410	0	0
	g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	602	0	0	1367	0	0
	GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1506	160	210	4262	-1481	319
	GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1506	154	210	4232	-1481	308
	GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	1692	97	220	4352	-1162	194
	GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	1692	160	220	4685	-1162	319
	GRUPPO 1e	LM71 in F	846	97	110	2432	-2273	194
	GRUPPO 1f	LM71 in A	846	160	110	2764	-2273	319
	GRUPPO 1g	SW2 in F	660	154	100	2311	-1848	308
	GRUPPO 1h	SW2 in A	660	145	100	2265	-1848	290
	GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1506	319	105	5106	-927	639
	GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1506	308	105	5045	-927	616
	GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	1692	194	110	4864	-581	387
	GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	1692	319	110	5528	-581	639
	GRUPPO 3e	LM71 in F	846	194	50	2943	-1956	387
	GRUPPO 3f	LM71 in A	846	319	50	3607	-1956	639
	GRUPPO 3g	SW2 in F	660	308	50	3124	-1584	616
	GRUPPO 3h	SW2 in A	660	290	50	3032	-1584	581
	GRUPPO 2	Treno scarico	44	0	100	100	-360	0
	GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	904	192	126	3063	-889	383
	GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	904	185	126	3027	-889	370
	GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1015	116	132	2918	-697	232
	GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1015	192	132	3317	-697	383
	GRUPPO 4e	LM71 in F	677	155	88	2354	-1818	310
	GRUPPO 4f	LM71 in A	677	256	88	2886	-1818	511
	GRUPPO 4g	SW2 in F	528	246	80	2500	-1478	493
	GRUPPO 4h	SW2 in A	528	232	80	2425	-1478	465
	q5,scarico	Vento a ponte scarico	0	0	5	0	-23	0
	q5,carico	Vento a ponte carico	0	0	23	0	-157	0
	Q4	Centrifuga	0	0	0	0	0	0
	GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	92	0	366	0	0
	GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	92	0	366	0	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	99	0	396	0	0	
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	99	0	396	0	0	
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	65	0	261	0	0	
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	65	0	261	0	0	
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	58	0	231	0	0	
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	58	0	231	0	0	
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	92	0	366	0	0	

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	48 di 99

GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	92	0	366	0	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	99	0	396	0	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	99	0	396	0	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	65	0	261	0	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	65	0	261	0	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	58	0	231	0	0
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	58	0	231	0	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	33	0	132	0	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	67	0	270	0	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	67	0	270	0	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	72	0	288	0	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	72	0	288	0	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	58	0	234	0	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	58	0	234	0	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	52	0	210	0	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	52	0	210	0	0
GRUPPO 1a	Spettro X	0	117	0	633	0	0
GRUPPO 1b	Spettro X	0	117	0	633	0	0
GRUPPO 1c	Spettro X	0	116	0	627	0	0
GRUPPO 1d	Spettro X	0	116	0	627	0	0
GRUPPO 1e	Spettro X	0	101	0	518	0	0
GRUPPO 1f	Spettro X	0	101	0	518	0	0
GRUPPO 1g	Spettro X	0	102	0	523	0	0
GRUPPO 1h	Spettro X	0	102	0	523	0	0
GRUPPO 3a	Spettro X	0	117	0	633	0	0
GRUPPO 3b	Spettro X	0	117	0	633	0	0
GRUPPO 3c	Spettro X	0	116	0	627	0	0
GRUPPO 3d	Spettro X	0	116	0	627	0	0
GRUPPO 3e	Spettro X	0	101	0	518	0	0
GRUPPO 3f	Spettro X	0	101	0	518	0	0
GRUPPO 3g	Spettro X	0	102	0	523	0	0
GRUPPO 3h	Spettro X	0	102	0	523	0	0
GRUPPO 2	Spettro X	0	86	0	408	0	0
GRUPPO 1a	Spettro Y	0	0	101	0	-521	0
GRUPPO 1b	Spettro Y	0	0	101	0	-521	0
GRUPPO 1c	Spettro Y	0	0	101	0	-518	0
GRUPPO 1d	Spettro Y	0	0	101	0	-518	0
GRUPPO 1e	Spettro Y	0	0	93	0	-463	0
GRUPPO 1f	Spettro Y	0	0	93	0	-463	0
GRUPPO 1g	Spettro Y	0	0	94	0	-466	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	49 di 99

	GRUPPO 1h	Spettro Y	0	0	94	0	-466	0
	GRUPPO 3a	Spettro Y	0	0	101	0	-521	0
	GRUPPO 3b	Spettro Y	0	0	101	0	-521	0
	GRUPPO 3c	Spettro Y	0	0	101	0	-518	0
	GRUPPO 3d	Spettro Y	0	0	101	0	-518	0
	GRUPPO 3e	Spettro Y	0	0	93	0	-463	0
	GRUPPO 3f	Spettro Y	0	0	93	0	-463	0
	GRUPPO 3g	Spettro Y	0	0	94	0	-466	0
	GRUPPO 3h	Spettro Y	0	0	94	0	-466	0
	GRUPPO 2	Spettro Y	0	0	86	0	-408	0
Sollecitazioni statiche spalla	g ₁	Peso spalla	3337	0	0	1157	0	0
	g ₁	Rinterro interno	3023	0	0	-2267	0	0
	g ₁	Rinterro esterno	195	0	0	399	0	0
	g ₁	Spinta terre (per STR)	0	1101	0	1928	0	0
	q _{1k}	Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	2161	0	0	-1621	0	0
	q _{1k}	Spinta carico accidentale 50kPa + 10kPa su bandiera (per STR)	0	1024	0	2713	0	0
	g ₁	Spinta terre (per GEO)	0	1101	0	1928	0	0
	q _{1k}	Spinta carico accidentale 50kPa +10kPa su bandiera (per GEO)	0	1024	0	2713	0	0
Sisma spalla	q ₆	Inerzia spalla dir longitudinale	0	365	0	562	0	0
	q ₆	Inerzia spalla dir trasversale	0	0	365	0	-562	0
	q ₆	Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	331	0	1125	0	0
	q ₆	Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale	0	0	331	0	-1125	0
	q ₆	Incremento di spinta sismica (per STR)	0	309	0	819	0	0
	q ₆	Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	309	0	819	0	0

7 COMBINAZIONI DI CARICO

Sulla base delle condizioni di carico elementare illustrate al §6 sono state definite le combinazioni di carico.

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2008 al par.2.5.3:

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (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 caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

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

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

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

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

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

Per le verifiche SLU si adottano i valori dei coefficienti parziali e dei coefficienti di combinazione riportati nelle seguenti figure.

Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

		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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO-PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0804001	REV. A

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

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	gr_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_4	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.

7.1 Combinazioni SLU

In riferimento allo SLU le azioni da traffico sono state combinate con i carichi permanenti, i carichi permanenti non strutturali e le altre azioni variabili.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) è stato adottato l'approccio 1.

Pertanto sono stati definiti due serie di combinazioni allo SLU secondo i coefficienti delle sue colonne A1 STR e A2 GEO della tabella 5.2.V delle NTC08.

7.1.1 Combinazioni SLU STR

Per ogni gruppo di carico di tipo 1, 2 e 3 definito in precedenza è stata definita una combinazione allo SLU, per un totale pertanto di 17 combinazioni.

Inoltre sono state definite altre 17 combinazioni considerando l'assenza dell'accidentale a tergo della spalla.

Ancora è stata definita una combinazione di carico a ponte scarico.

Pertanto complessivamente sono state definite 35 combinazioni SLU STR

Inoltre al fine considerare anche la condizione di minimo carico sulla fondazione è stato considerato anche un altro gruppo di 35 combinazioni in cui per i carichi permanenti è stato assunto un coefficiente di combinazione unitario.

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Gruppo	Vento	Attrito vincoli	Spinta terre	Accidentale a tergo
SLU STR	1.35	1.35	1.5	1.45	0.9	1.5	1.35	1.45
	1	1	1	0 (PS)	1.5 (PS)	0 (PS)		0

*PS: ponte scarico

7.1.2 Combinazioni SLU GEO

Per ogni gruppo di carico di tipo 1, 2 e 3 definito in precedenza è stata definita una combinazione allo SLU, per un totale pertanto di 17 combinazioni.

Ancora è stata definita una combinazione di carico a ponte scarico.

Pertanto complessivamente sono state definite 18 combinazioni SLU GEO

Inoltre al fine considerare anche la condizione di minimo carico sulla fondazione è stato considerato anche un altro gruppo di 18 combinazioni in cui per i carichi permanenti non strutturali è stato assunto un coefficiente di combinazione unitario.

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Gruppo	Vento	Attrito vincoli	Spinta terre	Accidentale a tergo
SLU GEO	1	1.3	1	1.25	0.78	1.3	1	1.25
	1	1		0 (PS)	1.3 (PS)	0 (PS)		0 (PS)

*PS: ponte scarico

7.2 Combinazioni SLE

Analogamente a quanto fatto per gli SLU sono state definite le combinazioni di carico agli SLE.

7.2.1 Combinazioni SLE RARA

Per ogni gruppo di carico di tipo 1, 2 e 3 definito in precedenza è stata definita una combinazione allo SLE RARA, per un totale pertanto di 17 combinazioni.

Ancora è stata definita una combinazione di carico a ponte scarico.

Pertanto complessivamente sono state definite 18 combinazioni SLE RARA

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Gruppo	Vento	Attrito vincoli	Spinta terre	Accidentale a tergo
SLE RARA	1	1	1	1 0 (PS)	0.6 1 (PS)	1 0 (PS)	1	1 0 (PS)

*PS: ponte scarico

7.2.2 Combinazioni SLE FREQUENTE

Per i gruppi di carico di tipo 4 definiti in precedenza è stata definita una combinazione allo SLE FREQUENTE, per un totale pertanto di 8 combinazioni.

Ancora è stata definita una combinazione di carico a ponte scarico.

Pertanto complessivamente sono state definite 9 combinazioni SLE FREQUENTE

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Gruppo	Vento	Attrito vincoli	Spinta terre	Accidentale a tergo
SLE FREQUENTE	1	1	1	1 0 (PS)	0 0.5 (PS)	1 0 (PS)	1	0.5 0 (PS)

*PS: ponte scarico

7.2.3 Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE

È stata definita 1 combinazione SLE PERMANENTE

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati:

	g1	g2 impalcato	Rinterro	Gruppo	Vento	Attrito vincoli	Spinta terre	Accidentale a tergo
SLE FREQUENTE	1	1	1	0	0	0	1	0

7.3 Combinazioni SISMICHE

Sono state definite le combinazioni sismiche sia per gli stati limite ultimi strutturali (SLV STR) che geotecnici (SLV GEO).

7.3.1 Combinazioni SLV STR

Per ogni gruppo di carico di tipo 1, 2 e 3 definito in precedenza è stata definita una combinazione allo SLV STR, per un totale pertanto di 17 combinazioni per ogni direzione del sisma.

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

SISMA X

g1	g2 impalcato	Rinterro	Gruppo	Vento	Attrito vincoli	Spinta terre	Accidentale a tergo	Effetti Sisma in X	Effetti Sisma in Y
1	1	1	0.2	0	0.2	1	0.2	1	0.3

SISMA Y

g1	g2 impalcato	Rinterro	Gruppo	Vento	Attrito vincoli	Spinta terre	Accidentale a tergo	Effetti Sisma in X	Effetti Sisma in Y
1	1	1	0.2	0	0.2	1	0.2	0.3	1

7.3.2 Combinazioni SLV GEO

Per ogni gruppo di carico di tipo 1, 2 e 3 definito in precedenza è stata definita una combinazione allo SLV GEO, per un totale pertanto di 17 combinazioni per ogni direzione del sisma.

I coefficienti di combinazione utilizzati sono gli stessi definiti per le combinazioni SLV STR.

7.4 Sollecitazioni combinate

Si riportano di seguito le sollecitazioni per tutte le combinazioni di carico ad intradosso plinto baricentro palificata.

Combo	N [kN]	F _L =F _x [kN]	F _T =F _y [kN]	M _{Long} =M _y [kNm]	M _{Trasv} =M _x [kNm]	M _{Tor} =M _z [kNm]
SLU_STR_01	10389	1486	7	3762	-34	0
SLU_STR_02	15706	3339	325	12075	-2289	463
SLU_STR_03	15706	3331	325	12031	-2289	447
SLU_STR_04	15976	3259	340	12251	-1825	281
SLU_STR_05	15976	3350	340	12732	-1825	463
SLU_STR_06	14749	3208	180	9263	-3437	281
SLU_STR_07	14749	3300	180	9744	-3437	463
SLU_STR_08	14479	3280	166	9043	-2821	447
SLU_STR_09	14479	3267	166	8976	-2821	421
SLU_STR_010	15706	3571	173	13298	-1485	926
SLU_STR_011	15706	3554	173	13210	-1485	893
SLU_STR_012	15976	3399	180	12992	-983	561
SLU_STR_013	15976	3582	180	13955	-983	926
SLU_STR_014	14749	3349	93	10004	-2978	561
SLU_STR_015	14749	3531	93	10967	-2978	926
SLU_STR_016	14479	3503	93	10222	-2438	893
SLU_STR_017	14479	3478	93	10087	-2438	842
SLU_STR_018	13586	3020	166	5689	-663	0
SLU_STR_019	12573	1855	325	10492	-2289	463
SLU_STR_020	12573	1847	325	10448	-2289	447
SLU_STR_021	12842	1775	340	10667	-1825	281
SLU_STR_022	12842	1866	340	11149	-1825	463
SLU_STR_023	11616	1724	180	7679	-3437	281
SLU_STR_024	11616	1815	180	8161	-3437	463
SLU_STR_025	11346	1796	166	7460	-2821	447
SLU_STR_026	11346	1783	166	7393	-2821	421
SLU_STR_027	12573	2087	173	11715	-1485	926
SLU_STR_028	12573	2070	173	11627	-1485	893
SLU_STR_029	12842	1915	180	11408	-983	561
SLU_STR_030	12842	2098	180	12372	-983	926
SLU_STR_031	11616	1864	93	8420	-2978	561
SLU_STR_032	11616	2047	93	9384	-2978	926
SLU_STR_033	11346	2019	93	8639	-2438	893

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLVI0804001	A	57 di 99

SLU_STR_034	11346	1994	93	8504	-2438	842
SLU_STR_035	10453	1536	166	4105	-663	0
SLV_STR_01	8071	2478	281	7278	-959	64
SLV_STR_02	8071	2477	281	7272	-959	62
SLV_STR_03	8108	2466	283	7297	-894	39
SLV_STR_04	8108	2479	283	7363	-894	64
SLV_STR_05	7939	2444	259	6776	-1100	39
SLV_STR_06	7939	2457	259	6842	-1100	64
SLV_STR_07	7902	2455	257	6751	-1016	62
SLV_STR_08	7902	2453	257	6742	-1016	58
SLV_STR_09	8071	2510	260	7447	-848	128
SLV_STR_010	8071	2508	260	7435	-848	123
SLV_STR_011	8108	2485	261	7399	-778	77
SLV_STR_012	8108	2511	261	7532	-778	128
SLV_STR_013	7939	2464	247	6878	-1036	77
SLV_STR_014	7939	2489	247	7011	-1036	128
SLV_STR_015	7902	2486	247	6914	-963	123
SLV_STR_016	7902	2482	247	6895	-963	116
SLV_STR_017	7779	2403	255	6174	-701	0
SLV_STR_018	8071	1692	840	5080	-2504	64
SLV_STR_019	8071	1691	840	5074	-2504	62
SLV_STR_020	8108	1681	841	5103	-2438	39
SLV_STR_021	8108	1694	841	5169	-2438	64
SLV_STR_022	7939	1670	812	4659	-2605	39
SLV_STR_023	7939	1682	812	4725	-2605	64
SLV_STR_024	7902	1680	810	4630	-2523	62
SLV_STR_025	7902	1678	810	4621	-2523	58
SLV_STR_026	8071	1724	819	5249	-2394	128
SLV_STR_027	8071	1722	819	5237	-2394	123
SLV_STR_028	8108	1700	819	5205	-2322	77
SLV_STR_029	8108	1726	819	5338	-2322	128
SLV_STR_030	7939	1689	800	4761	-2542	77
SLV_STR_031	7939	1714	800	4894	-2542	128
SLV_STR_032	7902	1711	800	4793	-2470	123
SLV_STR_033	7902	1707	800	4774	-2470	116
SLV_STR_034	7779	1639	802	4134	-2168	0
SLE_rara_01	7338	1101	5	2994	-23	0
SLE_rara_02	11005	2376	224	8715	-1575	319
SLE_rara_03	11005	2370	224	8685	-1575	308

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	58 di 99

SLE_rara_04	11191	2320	234	8835	-1256	194
SLE_rara_05	11191	2383	234	9167	-1256	319
SLE_rara_06	10345	2286	124	6779	-2367	194
SLE_rara_07	10345	2349	124	7111	-2367	319
SLE_rara_08	10158	2336	114	6628	-1942	308
SLE_rara_09	10158	2327	114	6582	-1942	290
SLE_rara_010	11005	2535	119	9558	-1021	639
SLE_rara_011	11005	2524	119	9498	-1021	616
SLE_rara_012	11191	2417	124	9346	-675	387
SLE_rara_013	11191	2543	124	10010	-675	639
SLE_rara_014	10345	2383	64	7290	-2050	387
SLE_rara_015	10345	2509	64	7954	-2050	639
SLE_rara_016	10158	2490	64	7442	-1678	616
SLE_rara_017	10158	2472	64	7349	-1678	581
SLE_rara_018	9542	2157	114	4318	-454	0
SLE_fre_01	7338	1101	2	2994	-11	0
SLE_fre_02	9322	1872	126	6873	-889	383
SLE_fre_03	9322	1865	126	6837	-889	370
SLE_fre_04	9433	1801	132	6746	-697	232
SLE_fre_05	9433	1876	132	7145	-697	383
SLE_fre_06	9095	1826	88	6128	-1818	310
SLE_fre_07	9095	1926	88	6660	-1818	511
SLE_fre_08	8946	1911	80	6250	-1478	493
SLE_fre_09	8946	1897	80	6175	-1478	465
SLE_QP_01	7338	1101	0	2994	0	0
SLU_GEO_01	7518	1101	6	3405	-29	0
SLU_GEO_02	12102	2699	281	10573	-1974	399
SLU_GEO_03	12102	2692	281	10536	-1974	385
SLU_GEO_04	12335	2630	293	10725	-1574	242
SLU_GEO_05	12335	2709	293	11140	-1574	399
SLU_GEO_06	11277	2586	156	8148	-2964	242
SLU_GEO_07	11277	2665	156	8563	-2964	399
SLU_GEO_08	11044	2648	143	7959	-2432	385
SLU_GEO_09	11044	2637	143	7901	-2432	363
SLU_GEO_010	12102	2899	149	11627	-1281	799
SLU_GEO_011	12102	2884	149	11552	-1281	770
SLU_GEO_012	12335	2751	156	11364	-848	484
SLU_GEO_013	12335	2908	156	12194	-848	799
SLU_GEO_014	11277	2707	81	8787	-2568	484
SLU_GEO_015	11277	2864	81	9617	-2568	799
SLU_GEO_016	11044	2840	81	8975	-2102	770

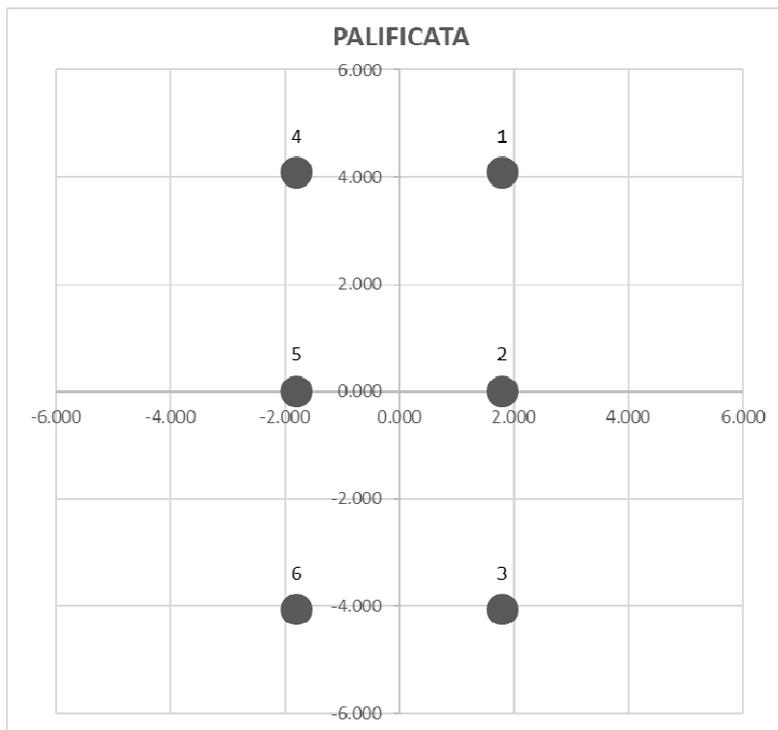
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLVI0804001	A	59 di 99

SLU_GEO_017	11044	2818	81	8859	-2102	726
SLU_GEO_018	10274	2423	143	5066	-572	0
SLV_GEO_01	8071	2478	281	7278	-959	64
SLV_GEO_02	8071	2477	281	7272	-959	62
SLV_GEO_03	8108	2466	283	7297	-894	39
SLV_GEO_04	8108	2479	283	7363	-894	64
SLV_GEO_05	7939	2444	259	6776	-1100	39
SLV_GEO_06	7939	2457	259	6842	-1100	64
SLV_GEO_07	7902	2455	257	6751	-1016	62
SLV_GEO_08	7902	2453	257	6742	-1016	58
SLV_GEO_09	8071	2510	260	7447	-848	128
SLV_GEO_010	8071	2508	260	7435	-848	123
SLV_GEO_011	8108	2485	261	7399	-778	77
SLV_GEO_012	8108	2511	261	7532	-778	128
SLV_GEO_013	7939	2464	247	6878	-1036	77
SLV_GEO_014	7939	2489	247	7011	-1036	128
SLV_GEO_015	7902	2486	247	6914	-963	123
SLV_GEO_016	7902	2482	247	6895	-963	116
SLV_GEO_017	7779	2403	255	6174	-701	0
SLV_GEO_018	8071	1692	840	5080	-2504	64
SLV_GEO_019	8071	1691	840	5074	-2504	62
SLV_GEO_020	8108	1681	841	5103	-2438	39
SLV_GEO_021	8108	1694	841	5169	-2438	64
SLV_GEO_022	7939	1670	812	4659	-2605	39
SLV_GEO_023	7939	1682	812	4725	-2605	64
SLV_GEO_024	7902	1680	810	4630	-2523	62
SLV_GEO_025	7902	1678	810	4621	-2523	58
SLV_GEO_026	8071	1724	819	5249	-2394	128
SLV_GEO_027	8071	1722	819	5237	-2394	123
SLV_GEO_028	8108	1700	819	5205	-2322	77
SLV_GEO_029	8108	1726	819	5338	-2322	128
SLV_GEO_030	7939	1689	800	4761	-2542	77
SLV_GEO_031	7939	1714	800	4894	-2542	128
SLV_GEO_032	7902	1711	800	4793	-2470	123
SLV_GEO_033	7902	1707	800	4774	-2470	116
SLV_GEO_034	7779	1614	802	4011	-2168	0

8 CALCOLO SOLLECITAZIONI SUI SINGOLI PALI DI FONDAZIONE

A partire dalle sollecitazioni riportate al §7.4 sono state definite le azioni agenti sui singoli pali della fondazione.



Coordinate pali:

Palo	X (m)	Y (m)
1	1.800	4.075
2	1.800	0.000
3	1.800	-4.075
4	-1.800	4.075
5	-1.800	0.000
6	-1.800	-4.075

Sforzo normale: $N_{palo,i} = N/n.pali + M_y/\Sigma x^2 x_i + M_x/\Sigma y^2 y_i$

Taglio: $T_{palo,i} = (F_x/n.pali + F_y/n.pali)^{0.5}$

Momento $M_{palo,i} = T_{palo,i} \times \lambda \times C_M$

Con: $\lambda = (E_p J/k_h)^{1/5}$

C_M da calcolarsi in base a λ , tabella pag.476 "Viggiani":

L/l	C_M
2	1.06
3	0.97
4	0.93
≥ 5	0.93

k_h	1.5	kg/cm ³
λ	2.92	m
L	35	m
L/ λ	11.99	-
C_M	0.93	-

Si riportano di seguito le azioni sui pali maggiormente sollecitati (pali di angolo) per tutte le combinazioni di carico esaminate:

	N P.1 [kN]	N P.3 [kN]	N P.6 [kN]	N P.4 [kN]	T P.1 [kN]	T P.3 [kN]	T P.6 [kN]	T P.4 [kN]	M P.1 [kN]	M P.3 [kN]	M P.6 [kN]	M P.4 [kN]
SLU_STR_01	2078	2082	1385	1381	248	248	248	248	672	672	672	672
SLU_STR_02	3595	3876	1640	1359	559	559	559	559	1517	1517	1517	1517
SLU_STR_03	3591	3872	1644	1363	558	558	558	558	1514	1514	1514	1514
SLU_STR_04	3685	3909	1640	1416	546	546	546	546	1482	1482	1482	1482
SLU_STR_05	3730	3953	1596	1372	561	561	561	561	1523	1523	1523	1523
SLU_STR_06	3105	3527	1811	1390	536	536	536	536	1453	1453	1453	1453
SLU_STR_07	3150	3571	1767	1345	551	551	551	551	1495	1495	1495	1495
SLU_STR_08	3077	3424	1749	1403	547	547	547	547	1485	1485	1485	1485
SLU_STR_09	3071	3417	1755	1409	545	545	545	545	1480	1480	1480	1480
SLU_STR_010	3758	3940	1477	1295	596	596	596	596	1617	1617	1617	1617
SLU_STR_011	3750	3932	1486	1303	593	593	593	593	1609	1609	1609	1609
SLU_STR_012	3805	3926	1520	1399	567	567	567	567	1540	1540	1540	1540
SLU_STR_013	3894	4015	1431	1310	598	598	598	598	1622	1622	1622	1622
SLU_STR_014	3202	3567	1715	1349	558	558	558	558	1515	1515	1515	1515
SLU_STR_015	3291	3656	1625	1260	589	589	589	589	1598	1598	1598	1598
SLU_STR_016	3210	3509	1616	1317	584	584	584	584	1585	1585	1585	1585
SLU_STR_017	3198	3497	1629	1330	580	580	580	580	1574	1574	1574	1574
SLU_STR_018	2750	2832	1778	1697	504	504	504	504	1368	1368	1368	1368

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	62 di 99

SLU_STR_019	2926	3207	1264	984	314	314	314	314	852	852	852	852
SLU_STR_020	2922	3203	1268	988	313	313	313	313	848	848	848	848
SLU_STR_021	3016	3240	1265	1041	301	301	301	301	817	817	817	817
SLU_STR_022	3061	3285	1220	996	316	316	316	316	858	858	858	858
SLU_STR_023	2436	2858	1436	1014	289	289	289	289	784	784	784	784
SLU_STR_024	2481	2902	1391	969	304	304	304	304	825	825	825	825
SLU_STR_025	2409	2755	1373	1027	301	301	301	301	816	816	816	816
SLU_STR_026	2402	2748	1380	1033	298	298	298	298	810	810	810	810
SLU_STR_027	3089	3271	1102	920	349	349	349	349	947	947	947	947
SLU_STR_028	3081	3263	1110	928	346	346	346	346	939	939	939	939
SLU_STR_029	3136	3257	1144	1024	321	321	321	321	870	870	870	870
SLU_STR_030	3226	3346	1055	935	351	351	351	351	952	952	952	952
SLU_STR_031	2533	2898	1339	974	311	311	311	311	844	844	844	844
SLU_STR_032	2622	2987	1250	884	342	342	342	342	927	927	927	927
SLU_STR_033	2541	2840	1241	941	337	337	337	337	914	914	914	914
SLU_STR_034	2529	2828	1253	954	333	333	333	333	903	903	903	903
SLU_STR_035	2082	2163	1403	1321	257	257	257	257	699	699	699	699
SLV_STR_01	1960	2078	730	612	416	416	416	416	1128	1128	1128	1128
SLV_STR_02	1960	2077	731	613	415	415	415	415	1127	1127	1127	1127
SLV_STR_03	1972	2082	731	621	414	414	414	414	1123	1123	1123	1123
SLV_STR_04	1978	2088	724	615	416	416	416	416	1128	1128	1128	1128
SLV_STR_05	1883	2018	763	628	410	410	410	410	1112	1112	1112	1112
SLV_STR_06	1889	2024	757	622	412	412	412	412	1117	1117	1117	1117
SLV_STR_07	1880	2004	754	630	411	411	411	411	1116	1116	1116	1116
SLV_STR_08	1879	2004	755	630	411	411	411	411	1116	1116	1116	1116
SLV_STR_09	1983	2087	708	604	421	421	421	421	1141	1141	1141	1141
SLV_STR_010	1982	2086	709	605	420	420	420	420	1140	1140	1140	1140
SLV_STR_011	1989	2084	714	619	417	417	417	417	1130	1130	1130	1130
SLV_STR_012	2001	2096	702	606	421	421	421	421	1142	1142	1142	1142
SLV_STR_013	1896	2024	750	623	413	413	413	413	1120	1120	1120	1120
SLV_STR_014	1909	2036	738	610	417	417	417	417	1131	1131	1131	1131
SLV_STR_015	1898	2016	736	618	416	416	416	416	1130	1130	1130	1130
SLV_STR_016	1896	2015	738	619	416	416	416	416	1128	1128	1128	1128
SLV_STR_017	1825	1911	768	682	403	403	403	403	1093	1093	1093	1093
SLV_STR_018	1662	1969	1028	721	315	315	315	315	854	854	854	854
SLV_STR_019	1661	1969	1029	722	315	315	315	315	854	854	854	854
SLV_STR_020	1674	1973	1028	729	313	313	313	313	850	850	850	850
SLV_STR_021	1680	1980	1022	723	315	315	315	315	855	855	855	855
SLV_STR_022	1595	1914	1052	732	309	309	309	309	840	840	840	840
SLV_STR_023	1601	1921	1046	726	311	311	311	311	845	845	845	845
SLV_STR_024	1591	1900	1043	733	311	311	311	311	844	844	844	844
SLV_STR_025	1590	1900	1044	734	311	311	311	311	843	843	843	843
SLV_STR_026	1684	1978	1006	712	318	318	318	318	863	863	863	863
SLV_STR_027	1683	1977	1007	713	318	318	318	318	862	862	862	862
SLV_STR_028	1691	1976	1012	727	315	315	315	315	854	854	854	854
SLV_STR_029	1703	1988	1000	715	318	318	318	318	864	864	864	864

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLV10804001	A	63 di 99

SLV_STR_030	1608	1920	1038	726	311	311	311	311	845	845	845	845
SLV_STR_031	1620	1932	1026	714	315	315	315	315	856	856	856	856
SLV_STR_032	1609	1912	1025	722	315	315	315	315	854	854	854	854
SLV_STR_033	1607	1911	1026	723	314	314	314	314	853	853	853	853
SLV_STR_034	1546	1812	1047	781	304	304	304	304	825	825	825	825
SLE_rara_01	1499	1502	947	944	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE_rara_02	2544	2738	1124	931	398	398	398	398	1079	1079	1079	1079
SLE_rara_03	2542	2735	1127	933	397	397	397	397	1077	1077	1077	1077
SLE_rara_04	2606	2760	1124	970	389	389	389	389	1055	1055	1055	1055
SLE_rara_05	2637	2791	1093	939	399	399	399	399	1083	1083	1083	1083
SLE_rara_06	2207	2497	1242	951	382	382	382	382	1036	1036	1036	1036
SLE_rara_07	2237	2528	1211	920	392	392	392	392	1064	1064	1064	1064
SLE_rara_08	2188	2426	1198	960	390	390	390	390	1058	1058	1058	1058
SLE_rara_09	2183	2422	1203	964	388	388	388	388	1054	1054	1054	1054
SLE_rara_010	2656	2782	1012	886	423	423	423	423	1148	1148	1148	1148
SLE_rara_011	2651	2776	1017	892	421	421	421	421	1143	1143	1143	1143
SLE_rara_012	2689	2772	1041	958	403	403	403	403	1095	1095	1095	1095
SLE_rara_013	2751	2833	980	897	424	424	424	424	1151	1151	1151	1151
SLE_rara_014	2273	2525	1175	923	397	397	397	397	1078	1078	1078	1078
SLE_rara_015	2335	2586	1113	862	418	418	418	418	1135	1135	1135	1135
SLE_rara_016	2279	2485	1107	901	415	415	415	415	1127	1127	1127	1127
SLE_rara_017	2271	2476	1116	910	412	412	412	412	1119	1119	1119	1119
SLE_rara_018	1962	2018	1218	1163	360	360	360	360	977	977	977	977
SLE_fre_01	1500	1501	946	945	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE_fre_02	2136	2245	972	863	313	313	313	313	848	848	848	848
SLE_fre_03	2132	2241	975	866	312	312	312	312	845	845	845	845
SLE_fre_04	2154	2240	990	905	301	301	301	301	817	817	817	817
SLE_fre_05	2191	2277	953	868	313	313	313	313	851	851	851	851
SLE_fre_06	1972	2195	1060	837	305	305	305	305	827	827	827	827
SLE_fre_07	2021	2244	1011	788	321	321	321	321	872	872	872	872
SLE_fre_08	1979	2160	1003	822	319	319	319	319	865	865	865	865
SLE_fre_09	1972	2154	1010	829	316	316	316	316	859	859	859	859
SLE_QP_01	1500	1500	946	946	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU_GEO_01	1566	1570	940	936	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU_GEO_02	2875	3117	1159	917	452	452	452	452	1227	1227	1227	1227
SLU_GEO_03	2871	3114	1163	920	451	451	451	451	1224	1224	1224	1224
SLU_GEO_04	2952	3145	1159	966	441	441	441	441	1197	1197	1197	1197
SLU_GEO_05	2991	3184	1121	928	454	454	454	454	1232	1232	1232	1232
SLU_GEO_06	2452	2816	1307	943	432	432	432	432	1172	1172	1172	1172
SLU_GEO_07	2491	2854	1268	905	445	445	445	445	1207	1207	1207	1207
SLU_GEO_08	2428	2727	1253	955	442	442	442	442	1199	1199	1199	1199
SLU_GEO_09	2423	2721	1258	960	440	440	440	440	1194	1194	1194	1194
SLU_GEO_010	3015	3172	1019	862	484	484	484	484	1313	1313	1313	1313
SLU_GEO_011	3008	3165	1026	869	481	481	481	481	1306	1306	1306	1306
SLU_GEO_012	3056	3160	1056	952	459	459	459	459	1246	1246	1246	1246
SLU_GEO_013	3133	3237	979	875	485	485	485	485	1317	1317	1317	1317

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	64 di 99

SLU_GEO_014	2536	2851	1223	908	451	451	451	451	1225	1225	1225	1225
SLU_GEO_015	2612	2928	1147	831	478	478	478	478	1296	1296	1296	1296
SLU_GEO_016	2543	2801	1139	881	474	474	474	474	1285	1285	1285	1285
SLU_GEO_017	2532	2790	1149	891	470	470	470	470	1275	1275	1275	1275
SLU_GEO_018	2146	2217	1278	1208	405	405	405	405	1098	1098	1098	1098
SLV_GEO_01	1960	2078	730	612	416	416	416	416	1128	1128	1128	1128
SLV_GEO_02	1960	2077	731	613	415	415	415	415	1127	1127	1127	1127
SLV_GEO_03	1972	2082	731	621	414	414	414	414	1123	1123	1123	1123
SLV_GEO_04	1978	2088	724	615	416	416	416	416	1128	1128	1128	1128
SLV_GEO_05	1883	2018	763	628	410	410	410	410	1112	1112	1112	1112
SLV_GEO_06	1889	2024	757	622	412	412	412	412	1117	1117	1117	1117
SLV_GEO_07	1880	2004	754	630	411	411	411	411	1116	1116	1116	1116
SLV_GEO_08	1879	2004	755	630	411	411	411	411	1116	1116	1116	1116
SLV_GEO_09	1983	2087	708	604	421	421	421	421	1141	1141	1141	1141
SLV_GEO_010	1982	2086	709	605	420	420	420	420	1140	1140	1140	1140
SLV_GEO_011	1989	2084	714	619	417	417	417	417	1130	1130	1130	1130
SLV_GEO_012	2001	2096	702	606	421	421	421	421	1142	1142	1142	1142
SLV_GEO_013	1896	2024	750	623	413	413	413	413	1120	1120	1120	1120
SLV_GEO_014	1909	2036	738	610	417	417	417	417	1131	1131	1131	1131
SLV_GEO_015	1898	2016	736	618	416	416	416	416	1130	1130	1130	1130
SLV_GEO_016	1896	2015	738	619	416	416	416	416	1128	1128	1128	1128
SLV_GEO_017	1825	1911	768	682	403	403	403	403	1093	1093	1093	1093
SLV_GEO_018	1662	1969	1028	721	315	315	315	315	854	854	854	854
SLV_GEO_019	1661	1969	1029	722	315	315	315	315	854	854	854	854
SLV_GEO_020	1674	1973	1028	729	313	313	313	313	850	850	850	850
SLV_GEO_021	1680	1980	1022	723	315	315	315	315	855	855	855	855
SLV_GEO_022	1595	1914	1052	732	309	309	309	309	840	840	840	840
SLV_GEO_023	1601	1921	1046	726	311	311	311	311	845	845	845	845
SLV_GEO_024	1591	1900	1043	733	311	311	311	311	844	844	844	844
SLV_GEO_025	1590	1900	1044	734	311	311	311	311	843	843	843	843
SLV_GEO_026	1684	1978	1006	712	318	318	318	318	863	863	863	863
SLV_GEO_027	1683	1977	1007	713	318	318	318	318	862	862	862	862
SLV_GEO_028	1691	1976	1012	727	315	315	315	315	854	854	854	854
SLV_GEO_029	1703	1988	1000	715	318	318	318	318	864	864	864	864
SLV_GEO_030	1608	1920	1038	726	311	311	311	311	845	845	845	845
SLV_GEO_031	1620	1932	1026	714	315	315	315	315	856	856	856	856
SLV_GEO_032	1609	1912	1025	722	315	315	315	315	854	854	854	854
SLV_GEO_033	1607	1911	1026	723	314	314	314	314	853	853	853	853
SLV_GEO_034	1535	1801	1058	792	300	300	300	300	815	815	815	815

Le azioni minime e massime sui pali sono le seguenti:

con i valori non unitari dei coefficienti A1 STR e A2 GEO dei carichi permanenti

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	65 di 99

		N P.1	N P.3	N P.6	N P.4	T P.1	T P.3	T P.6	T P.4	M P.1	M P.3	M P.6	M P.4
		[kN]											
SLU STR	MIN	2078	2082	1055	884	248	248	248	248	672	672	672	672
SLU STR	MAX	3894	4015	1811	1697	598	598	598	598	1622	1622	1622	1622
SLV STR	MIN	1546	1812	702	604	304	304	304	304	825	825	825	825
SLV STR	MAX	2001	2096	1052	781	421	421	421	421	1142	1142	1142	1142
SLE RARA	MIN	1499	1502	947	862	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE RARA	MAX	2751	2833	1242	1163	424	424	424	424	1151	1151	1151	1151
SLE FREQ	MIN	1500	1501	946	788	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE FREQ	MAX	2191	2277	1060	945	321	321	321	321	872	872	872	872
SLE QP	MIN	1500	1500	946	946	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE QP	MAX	1500	1500	946	946	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MIN	1566	1570	940	831	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MAX	3133	3237	1307	1208	485	485	485	485	1317	1317	1317	1317
SLV GEO	MIN	1535	1801	702	604	300	300	300	300	815	815	815	815
SLV GEO	MAX	2001	2096	1058	792	421	421	421	421	1142	1142	1142	1142

con i valori unitari dei coefficienti A1 STR e A2 GEO dei carichi permanenti

		N P.1	N P.3	N P.6	N P.4	T P.1	T P.3	T P.6	T P.4	M P.1	M P.3	M P.6	M P.4
		[kN]											
SLU STR	MIN	1561	1565	555	385	248	248	248	248	672	672	672	672
SLU STR	MAX	3377	3498	1311	1197	598	598	598	598	1622	1622	1622	1622
SLV STR	MIN	1546	1812	702	604	304	304	304	304	825	825	825	825
SLV STR	MAX	2001	2096	1052	781	421	421	421	421	1142	1142	1142	1142
SLE RARA	MIN	1499	1502	947	862	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE RARA	MAX	2751	2833	1242	1163	424	424	424	424	1151	1151	1151	1151
SLE FREQ	MIN	1500	1501	946	788	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE FREQ	MAX	2191	2277	1060	945	321	321	321	321	872	872	872	872
SLE QP	MIN	1500	1500	946	946	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE QP	MAX	1500	1500	946	946	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MIN	1498	1502	948	839	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MAX	3065	3169	1315	1216	485	485	485	485	1317	1317	1317	1317



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA
FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO-PIEVE
EMANUELE

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	66 di 99

SLV GEO	MIN	1535	1801	702	604	300	300	300	300	815	815	815	815
SLV GEO	MAX	2001	2096	1058	792	421	421	421	421	1142	1142	1142	1142

9 VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE

Diametro del palo: 1200mm
 Copriferro: 60mm
 Armatura longitudinale: 45 ϕ 26
 Staffatura: ϕ 16 passo 20cm

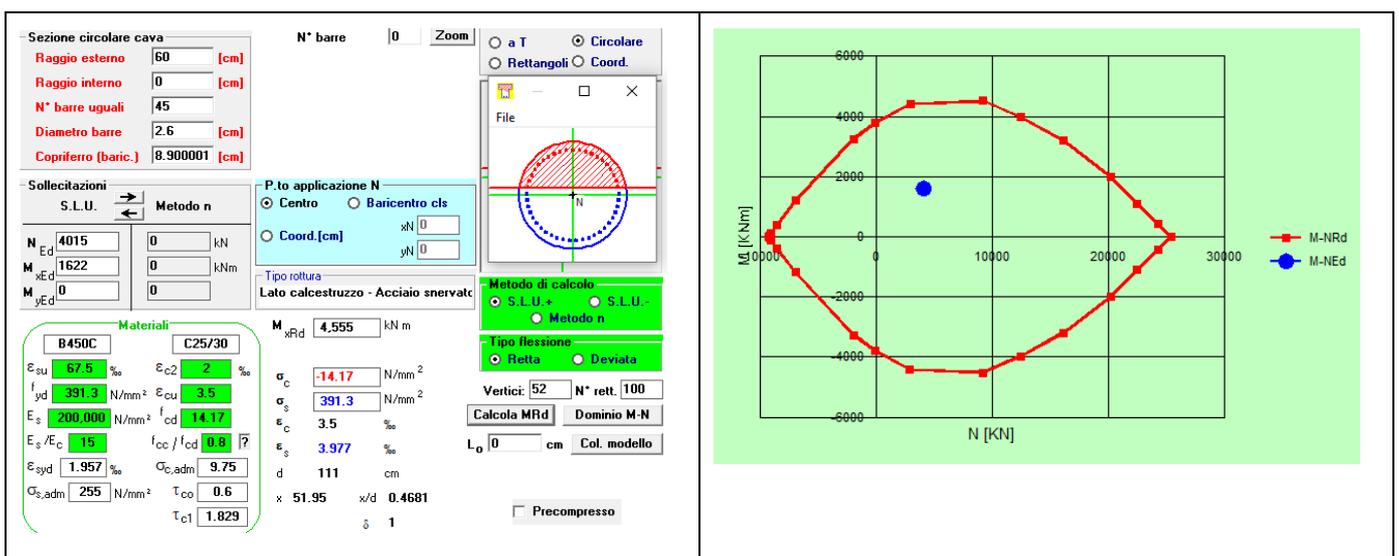
9.1 Verifica a pressoflessione allo SLU

Sono state verificate le condizioni di Nmin e Nmax per le combinazioni SLU STR e SLV STR.

Sollecitazioni di verifica:

	SLU STR	SLV STR
Nmax (kN)	4015	2096
M (kNm)	1622	1142
Nmin (kN)	385	604
M (kNm)	927	1141

Verifiche:



RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	68 di 99

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]
Raggio interno: 0 [cm]
N° barre uguali: 45
Diametro barre: 2.6 [cm]
Copriferro (baric.): 8.900001 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 2096 [kN]
M_{xEd}: 1142 [kNm]
M_{yEd}: 0 [kNm]

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd}: 4.288 [kNm]

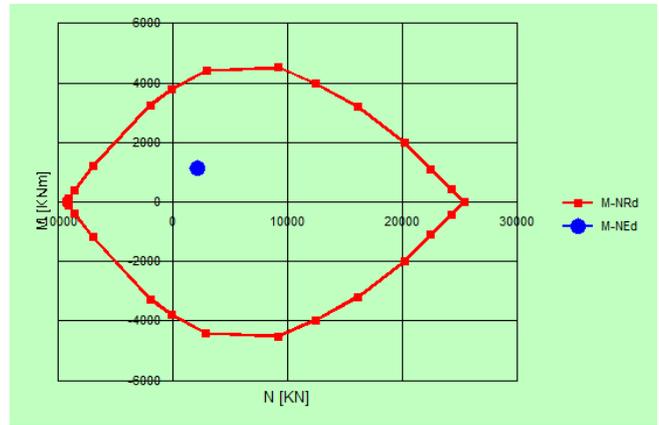
Materiali: B450C C25/30

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 14.17
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957 ‰ C_{c,adm}: 9.75
C_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
τ_{c1}: 1.829

σ_c: -14.17 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5 ‰
ε_s: 5.258 ‰
d: 111 cm
x: 44.35 x/d: 0.3996
δ: 0.9395

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. - Metodo n
Tipo flessione: Retta Deviata
Vertici: 52 N° rett.: 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso



Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]
Raggio interno: 0 [cm]
N° barre uguali: 45
Diametro barre: 2.6 [cm]
Copriferro (baric.): 8.900001 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 385 [kN]
M_{xEd}: 927 [kNm]
M_{yEd}: 0 [kNm]

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd}: 3.935 [kNm]

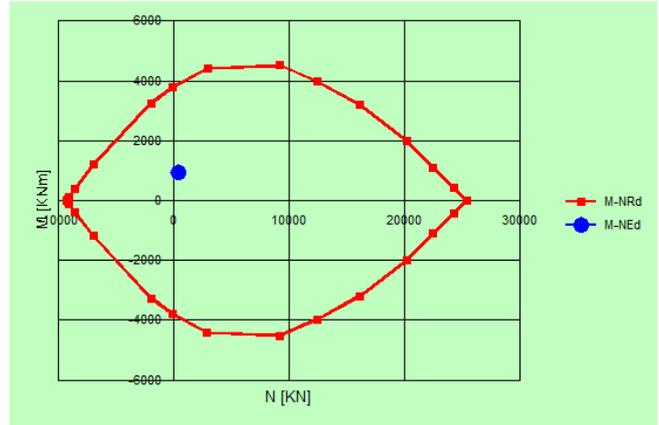
Materiali: B450C C25/30

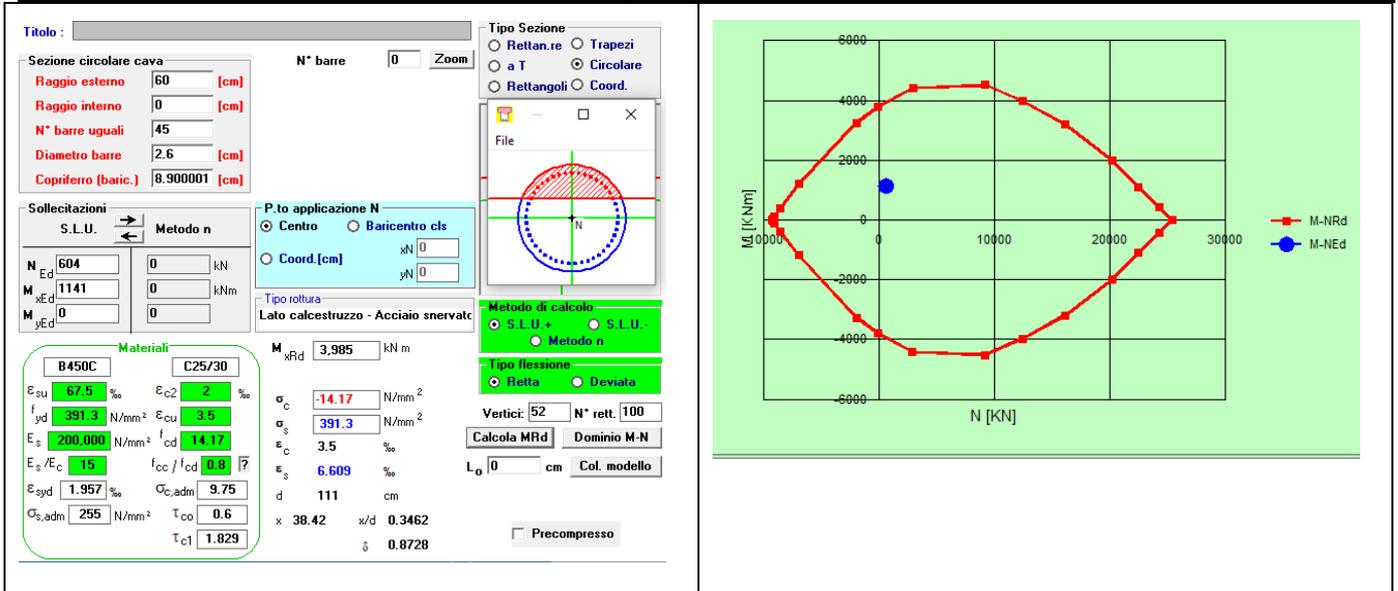
ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 14.17
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957 ‰ C_{c,adm}: 9.75
C_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
τ_{c1}: 1.829

σ_c: -14.17 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5 ‰
ε_s: 6.835 ‰
d: 111 cm
x: 37.58 x/d: 0.3387
δ: 0.8633

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. - Metodo n
Tipo flessione: Retta Deviata
Vertici: 52 N° rett.: 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso





9.2 Verifica a pressoflessione allo SLE

Sono state verificate le condizioni di Nmin e Nmax per le combinazioni SLE.

Sollecitazioni di verifica:

	SLE RARE	SLE FREQ	SLE QP
Nmax (kN)	2833	2277	1500
M (kNm)	1151	851	498
Nmin (kN)	1502	1501	1500
M (kNm)	498	498	498

Al fine di assicurare la funzionalità e la durabilità delle strutture in c.a. è necessario non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni agenti ed alla sensibilità delle armature alla corrosione.

Si distinguono i seguenti stati limite:

- Stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2 \quad \text{con:} \quad f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)}$$

- Stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta il valore limite di apertura della fessura è pari ad uno dei seguenti valori:

$$W1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$W2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$W3 = 0.4 \text{ mm}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO-PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0804001	REV. A

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione dalla corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise secondo quanto riportato nella tabella seguente, estratta dalle NTC 2008:

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nel caso di specie la condizione di riferimento è “ordinaria” propria di una classe di esposizione XC2.

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni di carico:

- combinazione rara

Le armature sono classificate come “armature poco sensibili”.

Il valore di calcolo di apertura delle fessure W_K dovrà risultare:

- $w_K \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $w_K \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008;

con: $w_1 = 0.2$ mm, $w_2 = 0.3$ mm, $w_3 = 0.4$ mm.

Il valore di calcolo è dato da:

$$W_K = 1.7 W_m$$

dove W_m rappresenta l’ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d’armatura ϵ_{sm} per la media fra le fessure Δ_m .

Per il calcolo delle grandezze descritte vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

Secondo la simbologia dell’EC2 l’ampiezza W_K vale:

$$W_K = \beta S_{rm} \epsilon_{sm}$$

in cui:

S_{rm} : interasse medio finale delle lesioni (fessurazione stabilizzata);

ϵ_{sm} : deformazione media delle barre di acciaio;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO-PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0804001	REV. A

β : coefficiente che trasforma l'ampiezza media delle lesioni nel valore di calcolo pari ad un valore compreso fra 1.30 ed 1.70 relativamente a spessori variabili fra 300 mm e 800 mm;

ϵ_{sm} : si calcola con la relazione:

$$\epsilon_{sm} = \sigma_s / E_s (1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{ST} / \sigma_s)^2)$$

con:

σ_s : tensione nell'armatura tesa calcolata considerando la sezione fessurata (II stadio);

σ_{ST} : tensione nell'armatura tesa calcolata considerando la sezione fessurata (II stadio) considerando la condizione di carico che causa la prima fessurazione;

$\beta_1 = 1$ per barre ad aderenza migliorata;

β_2 coefficiente dipendente dalla durata del carico;

L'espressione di S_{rm} accolta dalla normativa italiana è la seguente:

$$S_{rm} = 2(c+s/10) + K_1 K_2 \phi / \rho_r$$

c: copriferro

s: interasse delle barre

K_1 : 0.40 (barre ad aderenza migliorata)

K_2 : 0.125 (flessione pura) – 0.25 (trazione pura)

Il controllo dell'ampiezza delle lesioni consiste nell'accertare la validità della seguente disuguaglianza:

$$W_K < W_{lim}$$

in cui:

W_K : è l'ampiezza di calcolo della lesione;

W_{lim} : è il valore nominale limite dell'ampiezza dalla lesione che è specificato dalle norme in base alle condizioni ambientali.

9.2.1 Stato limite di formazione delle fessure

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2 = 2.56 / 1,2 = - 2.13 \text{ MPa.}$$

	Comb.	Comb.
	N_{max}	N_{min}
σ_{c_RARA} (MPa)	-2.59	-0.93

Si supera lo stato limite di formazione delle fessure per la condizione N_{max} : occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure:

c	76	mm
s	71	mm
k_2	0.4	-
k_3	0.125	-
ϕ	26	mm
A_s	531.0	mm ²
h_{eff}	271	mm
A_{eff}	19241	mm ²
ρ	0.02760	-
s_{rm}	213.3	mm
f_{ctm}	21.32	kg/cm ²
σ_s	524.0	kg/cm ²
σ_{sr}	517.5	kg/cm ²
β_1	1	-
β_2	0.5	-
$(1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2)$	0.51	-
E	2100000	kg/cm ²
ϵ_{sr}	0.0001278	-
w_m	0.0273	mm
w_k	0.0464	mm
w limite	0.2	mm
Verifica	OK	

9.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

Si procede inoltre con la verifica tensionale per la combinazione rara.

Per tale combinazione deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,55 \cdot f_{ck} = 13.70 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,4 \cdot f_{ck} = 9.96 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

In particolare si ha che:

	Comb. N _{max}	Comb. N _{min}
σ_{c_RARA} (MPa)	7.0	3.1
$\sigma_{c_QuasiPERM}$ (MPa)	3.1	3.1

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,75 \cdot f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$$

Si ha:

	Comb. N _{max}	Comb. N _{min}
σ_{s_RARA} (MPa)	-52.4	-16.2

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$.

9.3 Verifica a taglio

Si riportano le verifiche nei confronti delle sollecitazioni taglianti. In particolare viene esplicitato il calcolo del coefficiente di sicurezza per l'azione massima riscontrata in testa.

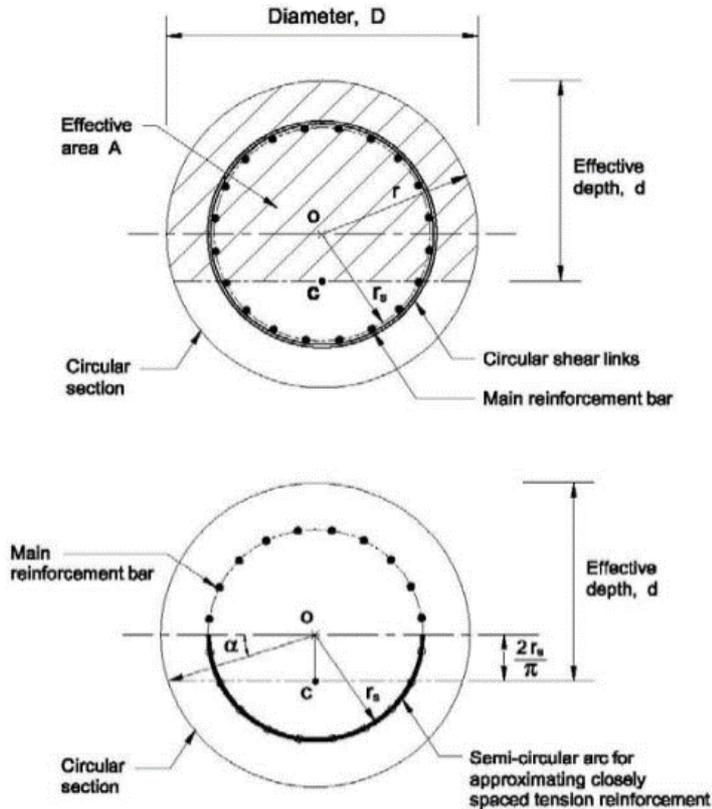
Per il calcolo della resistenza si fa riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3.2 NTC08 (Elementi dotati di armature resistenti a taglio).

L'altezza utile "d" è stimata secondo il paragrafo 7.9.5.2.2 NTC08:

$$d = r + 2 r_s / \pi \quad \text{con } r_s \text{ raggio della circonferenza su cui è distribuita l'armatura}$$

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	74 di 99



Armatura trasversale: staffatura passo 20 cm diametro $\emptyset 16$.

Massima azione tagliante:

Con riferimento alla precedente figura si ha:

Diametro palo	1200	mm	
r	600	mm	
r_s	511	mm	Raggio della parte confinata dall'armatura trasversale. $r_s = r - \text{copr.}$
$\sin \alpha$	0.542		$\sin \alpha = (2 r_s) / (\pi r)$
α	0.573	rad	
A_{tot}	1130400	mm ²	Area totale della sezione circolare: $A_{tot} = \pi r^2$
A	935668	mm ²	Area della sezione rettangolare equivalente: $A = r^2 (\pi/2 + \alpha + \sin \alpha \cos \alpha)$
d	925.5	mm	Altezza utile equivalente: $d = r (1 + \sin \alpha)$
b	1011.0	mm	Larghezza equivalente: $b = A/d$
h	1118.1	mm	Altezza equivalente: $h = A_{tot}/b$

Senza specifica armatura a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

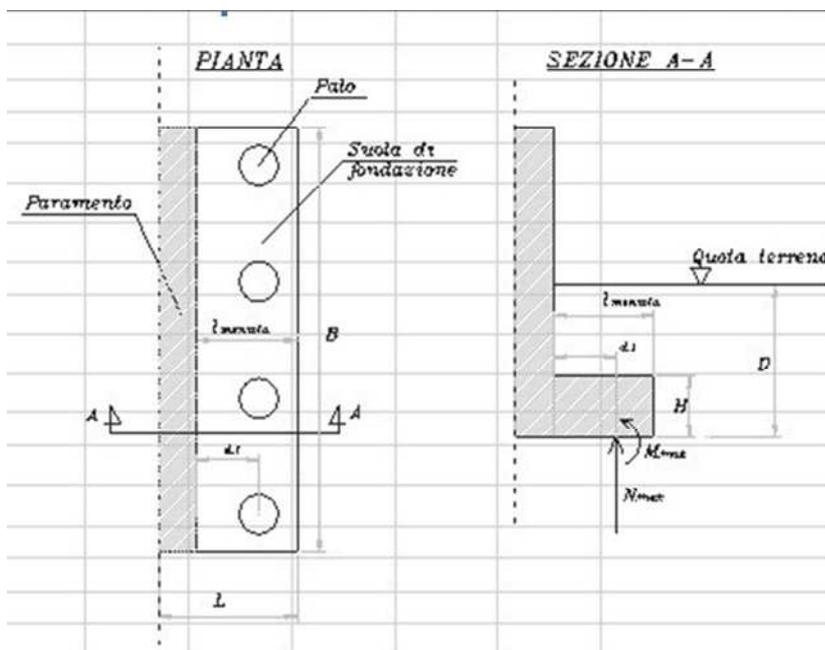
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	75 di 99

Altezza utile (d)	925	mm
k	1.46	
f _{ck}	24.90	MPa
A _{sl}	239.6	cmq
b _w	1.01	m
r _i	0.02000	-
S _{cp}	0.0	MPa
V _{min}	0.310	MPa
V1	605.1	kN
V2	289.7	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	605.1	
Taglio agente	598.0	kN
SODDISFA	FS	1.01

10 VERIFICA PLINTO DI FONDAZIONE

10.1 Sollecitazioni

Il calcolo delle sollecitazioni in direzione longitudinale è stato eseguito con il seguente schema di mensola incastrata.



Le azioni del palo sono riferite al palo maggiormente sollecitato posto a tergo del muro di testata.

Tali azioni sono state ottenute decurtando il carico verticale relativo al peso del plinto, del rinterro e del carico accidentale posto a tergo.

Sono state valutate le azioni relative al valore massimo e minimo del carico del palo.

Il carico minimo è stato ottenuto ponendo pari a 1 i valori dei coefficienti di combinazioni A1 STR dei carichi permanenti.

L_{mensola}	4.3 m	
d_1	3.2 m	distanza pali dal setto
i	4.075 m	interasse pali

$N_{\text{MAX,P}}$ V_P $N_{\text{MIN,P}}$ V_P N_p = azione assiale sul palo

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLVI0804001	A	77 di 99

	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	$V_p =$ azione orizzontale sul palo
SLU STR	174	598	-641	248	
SLV STR	101	421	-347	304	
SLE RARA	68	424	-377	183	
SLE FREQ	67	321	-271	183	
SLE Q.P.	67	183	67	183	

Sollecitazioni all'incastro della mensola:

	N_{MAX}			N_{MIN}		
	M	N (>0 traz)	V	M	N (>0 traz)	V
	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
	$=N_p \times d_1$	$=V_p$	$=N_p$	$=N_p \times d_1$	$=V_p$	$=N_p$
SLU STR	555	598	174	-2052	248	-641
SLV STR	322	421	101	-1112	304	-347
SLE RARA	218	424	68	-1207	183	-377
SLE FREQ	216	321	67	-869	183	-271
SLE Q.P.	213	183	67	213	183	67

Sollecitazioni all'incastro della mensola a metro lineare:

Lunghezza di ripartizione 3.1375 m

	N_{MAX}			N_{MIN}		
	M	N (>0 traz)	V	M	N (>0 traz)	V
	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
	$=N_p \times d_1$	$=V_p$	$=N_p$	$=N_p \times d_1$	$=V_p$	$=N_p$
SLU STR	177.0	190.5	55.3	-653.9	78.9	-204.3
SLV STR	102.6	134.1	32.1	-354.3	97.0	-110.7
SLE RARA	69.4	135.2	21.7	-384.8	58.5	-120.3
SLE FREQ	68.7	102.4	21.5	-276.8	58.5	-86.5
SLE Q.P.	68.0	58.5	21.3	68.0	58.5	21.3

10.2 Verifica a pressoflessione

Spessore:	150cm
Copriferro:	40mm
Armatura longitudinale estradosso:	$\phi 24/20$

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	78 di 99

Armatura longitudinale intradosso: $\phi 24/20$

In direzione trasversale viene disposta una armatura $\phi 24/20$ sia all'estradosso che all'intradosso con infittimento a $\phi 24/10$ all'estradosso in corrispondenza dei pali.

10.2.1 SLU

Per la verifica in direzione longitudinale allo SLU si ricorre al meccanismo di tirante – puntone.

Si fa riferimento ad una sezione di larghezza unitaria: 100cm x 150cm.

Il dimensionamento viene condotto per il palo maggiormente sollecitato.

Essendo tale palo un palo di spigolo la sua azione, al fine di riportarla ad un carico a metro lineare, è stata divisa per la seguente distanza: 3.13m (distanza tra bordo fondazione e interasse pali in direzione trasversale (Y)).

Tirante-Puntone

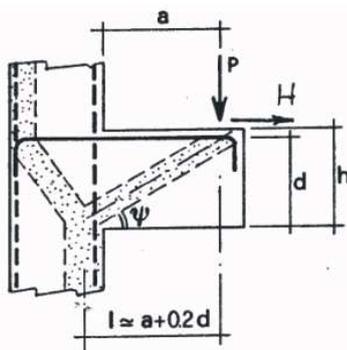


Figura 15: meccanismo di tirante-puntone

Le forze che entrano in gioco sono:

P	reazione vincolare del micropalo
H	azione tagliente orizzontale
$A_s \cdot f_{yd}$	forza resistenze di trazione
R_s	forza resistente risultante

Si verificano due meccanismi:

Resistenza dell'armatura a trazione (tirante)

$$R_s = [(A_s f_{yd} - H) \cdot 0,9d / L > P$$

Resistenza biella di calcestruzzo (puntone)

$$R_c = 0,4 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot c / (1 + \lambda^2) > R_s$$

Dimensioni sezione di verifica

B	1 m
H	1.5 m
c	0.04 m

TIRANTE - PUNTONE Nmax (Armature intradosso)

	SLU STR	SLV STR	
P (kN)	174	101	Reazione palo

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	79 di 99

H (kN)	598	421	Azione tagliante orizzontale		
Azioni a ml di fondazione					
P/ml (kN/m)	55.3	32.1			
H/ml (kN/m)	190.5	134.1			
A_s	2261	mm ² /m	φ	24	/ 20
f_{yd}	391.3	MPa	φ	0	/ 20
d	1.45	m			
a	3.2	m			
l=a+0.2d	3.49	m			
R_s (kN/m)	330.31	330.33	Resistenza tirante armatura = $(A_s * f_{yd} - H) * 0.9 * d / L$		
$R_s \geq P$	OK	OK			
FS=	5.97	10.30			
f_{cd}	14.11	MPa			
$\lambda = L/d$	2.41				
b	1	m			
c	1.5				
R_c	1800.7	kN/m	Resistenza biella calcestruzzo = $0.4 * b * d * f_{cd} * c / (1 + \lambda^2)$		
$R_c \geq R_s$	OK	OK			
FS=	5.45	5.45			

TIRANTE - PUNTO Nmix (Armature estradosso)

	SLV STR	SLE RARA			
P (kN)	-641	-347	Reazione palo		
H (kN)	248	304	Azione tagliante orizzontale		
Azioni a ml di fondazione					
P/ml (kN/m)	-204.3	-110.7			
H/ml (kN/m)	78.9	97.0			
A_s	2261	mm ² /m	φ	24	/ 20
f_{yd}	391.3	MPa			
d	1.45	m			
a	3.2	m			
l=a+0.2d	3.49	m			
R_s (kN/m)	330.35	330.34	Resistenza tirante armatura = $(A_s * f_{yd} - H) * 0.9 * d / L$		
$R_s \geq P$	OK	OK			
FS=	1.62	2.98			
f_{cd}	14.11	MPa			
$\lambda = L/d$	2.41				
b	1	m			

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	80 di 99

c	1.5	
R _c	1800.7 kN/m	Resistenza biella calcestruzzo = $0.4 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot c / (1 + \lambda^2)$
R _c ≥ R _s	OK	OK
FS=	5.45	5.45

10.2.2 SLE

Sono state verificate le condizioni di N_{min}, N_{max} per le combinazioni SLE RARE, FREQUENTI E QUASI PERMANENTI per il tramite delle sollecitazioni riportate al § 10.1..

Per i criteri di verifica si rimanda a quanto descritto al §9.2.

10.2.2.1 Stato limite di formazione delle fessure

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2 = 2.56 / 1.2 = - 2.13 \text{ MPa.}$$

	Comb.	Comb.
	N _{max}	N _{min}
σ _{c_RARA} (MPa)	-0.25	-0.96

Non supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

10.2.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

Si procede inoltre con la verifica tensionale per la combinazione rara.

Per tale combinazione deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,55 \cdot f_{ck} = 13.70 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,4 \cdot f_{ck} = 9.96 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

In particolare si ha:

	Comb.	Comb.
	N _{max}	N _{min}
σ _{c_RARA} (MPa)	0.00	1.75
σ _{c_QuasiPERM} (MPa)	0.23	0.23

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	81 di 99

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,75 \cdot f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$$

Si ha:

	Comb.	Comb.
	N _{max}	N _{min}
$\sigma_{s,RARA}$ (MPa)	-51.89	-136.47

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$.

10.3 Verifica a taglio

Si riportano le verifiche nei confronti delle sollecitazioni taglianti. In particolare viene esplicitato il calcolo del coefficiente di sicurezza per l'azione massima riscontrata.

Per il calcolo della resistenza si fa riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3 NTC08 (Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti).

Massima azione di taglio: 204.3 kN/m (SLU STR - Nmin)

Altezza utile (d)	1448	mm
k	1.37	
f_{ck}	24.90	MPa
A_{sl}	22.7	cmq
b_w	1.00	m
r_l	0.00157	-
S_{cp}	0.0	MPa
v_{min}	0.281	MPa
V1	375.2	kN
V2	406.3	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	406.3	kN
Taglio agente	204.3	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.99

11 VERIFICA DEL MURO FRONTALE

11.1 Sollecitazioni al piede paramento

Nella seguente tabella sono riportate le azioni elementari agenti sul muro frontale per le diverse condizioni di carico esaminate in precedenza.

		N	F _L =F _X	F _T =F _Y	M _{Long} =M _Y	M _{Trasv} =M _X
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
<i>g1</i>	<i>Peso proprio impalcato</i>	180	0	0	68	0
<i>g2</i>	<i>Sovraccarichi permanenti impalcato</i>	602	0	0	226	0
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1506	160	210	1169	-641
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1506	154	210	1147	-641
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	1692	97	220	1000	-282
GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	1692	160	220	1238	-282
GRUPPO 1e	LM71 in F	846	97	110	683	-1833
GRUPPO 1f	LM71 in A	846	160	110	921	-1833
GRUPPO 1g	SW2 in F	660	154	100	830	-1448
GRUPPO 1h	SW2 in A	660	145	100	796	-1448
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1506	319	105	1772	-507
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1506	308	105	1729	-507
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	1692	194	110	1366	-141
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	1692	319	110	1842	-141
GRUPPO 3e	LM71 in F	846	194	50	1049	-1756
GRUPPO 3f	LM71 in A	846	319	50	1525	-1756
GRUPPO 3g	SW2 in F	660	308	50	1412	-1384
GRUPPO 3h	SW2 in A	660	290	50	1345	-1384
GRUPPO 2	Treno scarico	44	0	100	17	40
GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	904	192	126	1063	-385
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	904	185	126	1037	-385
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1015	116	132	820	-169
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1015	192	132	1105	-169
GRUPPO 4e	LM71 in F	677	155	88	839	-1466
GRUPPO 4f	LM71 in A	677	256	88	1220	-1466
GRUPPO 4g	SW2 in F	528	246	80	1129	-1158
GRUPPO 4h	SW2 in A	528	232	80	1076	-1158
<i>q5,scarico</i>	<i>Vento a ponte scarico</i>	0	0	5	0	-16
<i>q5,carico</i>	<i>Vento a ponte carico</i>	0	0	23	0	-122
Q4	Centrifuga	0	0	0	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	83 di 99

GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	92	0	229	0
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	92	0	229	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	99	0	247	0
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	99	0	247	0
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	65	0	163	0
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	65	0	163	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	58	0	144	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	58	0	144	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	92	0	229	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	92	0	229	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	99	0	247	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	99	0	247	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	65	0	163	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	65	0	163	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	58	0	144	0
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	58	0	144	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	33	0	83	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	67	0	169	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	67	0	169	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	72	0	180	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	72	0	180	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	58	0	146	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	58	0	146	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	52	0	131	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	52	0	131	0
Spettro X	Spettro X	0	117	0	458	0
Spettro X	Spettro X	0	117	0	458	0
Spettro X	Spettro X	0	116	0	453	0
Spettro X	Spettro X	0	116	0	453	0
Spettro X	Spettro X	0	101	0	367	0
Spettro X	Spettro X	0	101	0	367	0
Spettro X	Spettro X	0	102	0	371	0
Spettro X	Spettro X	0	102	0	371	0
Spettro X	Spettro X	0	117	0	458	0
Spettro X	Spettro X	0	117	0	458	0
Spettro X	Spettro X	0	116	0	453	0
Spettro X	Spettro X	0	116	0	453	0
Spettro X	Spettro X	0	101	0	367	0
Spettro X	Spettro X	0	101	0	367	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	84 di 99

Spettro X	Spettro X	0	102	0	371	0
Spettro X	Spettro X	0	102	0	371	0
Spettro X	Spettro X	0	86	0	280	0
Spettro Y	Spettro Y	0	0	101	0	-116
Spettro Y	Spettro Y	0	0	101	0	-116
Spettro Y	Spettro Y	0	0	101	0	-114
Spettro Y	Spettro Y	0	0	101	0	-114
Spettro Y	Spettro Y	0	0	93	0	-90
Spettro Y	Spettro Y	0	0	93	0	-90
Spettro Y	Spettro Y	0	0	94	0	-91
Spettro Y	Spettro Y	0	0	94	0	-91
Spettro Y	Spettro Y	0	0	101	0	-116
Spettro Y	Spettro Y	0	0	101	0	-116
Spettro Y	Spettro Y	0	0	101	0	-114
Spettro Y	Spettro Y	0	0	101	0	-114
Spettro Y	Spettro Y	0	0	93	0	-90
Spettro Y	Spettro Y	0	0	93	0	-90
Spettro Y	Spettro Y	0	0	94	0	-91
Spettro Y	Spettro Y	0	0	94	0	-91
Spettro Y	Spettro Y	0	0	86	0	-65
g1	Peso spalla (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	759	0	0	-39	0
g1	Rinterro interno	0	0	0	0	0
g1	Rinterro esterno	0	0	0	0	0
g1	Spinta terre (per STR)	0	513	0	650	0
q1k	Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	0	0	0	0	0
q1k	Spinta carico accidentale 50kN/mq	0	734	0	1394	0
g1	Spinta terre (per GEO)	0	628	0	795	0
q1k	Spinta carico accidentale 50kPa +10kPa su bandiera(per GEO)	0	897	0	1705	0
q6	Inerzia spalla dir longitudinale (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	0	83	0	131	0
q6	Inerzia spalla dir trasversale (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	0	0	83	0	-131
q6	Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	0	0	0	0
q6	Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale	0	0	0	0	0
q6	Incremento di spinta sismica (per STR)	0	146	0	278	0
q6	Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	146	0	278	0

11.2 Sollecitazioni al piede paramento combinate

Si riportano di seguito le sollecitazioni delle diverse combinazioni di carico ottenute a partire dalle sollecitazioni indicate al § precedente.

Combo	N [kN]	F _L =F _X [kN]	F _T =F _Y [kN]	M _{Long} =M _Y [kNm]	M _{Trasv} =M _X [kNm]
SLU_STR_01	1541	693	7	1132	-23
SLU_STR_02	3725	2126	325	5192	-1039
SLU_STR_03	3725	2118	325	5160	-1039
SLU_STR_04	3995	2046	340	4976	-518
SLU_STR_05	3995	2137	340	5321	-518
SLU_STR_06	2768	1995	180	4389	-2768
SLU_STR_07	2768	2087	180	4734	-2768
SLU_STR_08	2498	2067	166	4573	-2209
SLU_STR_09	2498	2054	166	4525	-2209
SLU_STR_010	3725	2358	173	6067	-844
SLU_STR_011	3725	2341	173	6004	-844
SLU_STR_012	3995	2186	180	5507	-314
SLU_STR_013	3995	2369	180	6196	-314
SLU_STR_014	2768	2136	93	4920	-2656
SLU_STR_015	2768	2318	93	5609	-2656
SLU_STR_016	2498	2290	93	5417	-2117
SLU_STR_017	2498	2265	93	5321	-2117
SLU_STR_018	1605	1807	166	3302	-52
SLU_STR_019	3725	1062	325	3170	-1039
SLU_STR_020	3725	1054	325	3138	-1039
SLU_STR_021	3995	982	340	2954	-518
SLU_STR_022	3995	1073	340	3299	-518
SLU_STR_023	2768	931	180	2367	-2768
SLU_STR_024	2768	1022	180	2712	-2768
SLU_STR_025	2498	1003	166	2552	-2209
SLU_STR_026	2498	990	166	2503	-2209
SLU_STR_027	3725	1294	173	4045	-844
SLU_STR_028	3725	1277	173	3983	-844
SLU_STR_029	3995	1122	180	3485	-314
SLU_STR_030	3995	1305	180	4174	-314
SLU_STR_031	2768	1071	93	2898	-2656
SLU_STR_032	2768	1254	93	3587	-2656

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLVI0804001	A	86 di 99

SLU_STR_033	2498	1226	93	3396	-2117
SLU_STR_034	2498	1201	93	3299	-2117
SLU_STR_035	1605	743	166	1280	-52
SLV_STR_01	1843	1056	97	2330	-202
SLV_STR_02	1843	1055	97	2325	-202
SLV_STR_03	1880	1045	99	2295	-130
SLV_STR_04	1880	1057	99	2343	-130
SLV_STR_05	1711	1023	75	2128	-433
SLV_STR_06	1711	1035	75	2176	-433
SLV_STR_07	1673	1033	73	2158	-356
SLV_STR_08	1673	1032	73	2151	-356
SLV_STR_09	1843	1088	76	2450	-175
SLV_STR_010	1843	1086	76	2442	-175
SLV_STR_011	1880	1064	77	2369	-102
SLV_STR_012	1880	1089	77	2464	-102
SLV_STR_013	1711	1042	63	2201	-418
SLV_STR_014	1711	1067	63	2296	-418
SLV_STR_015	1673	1064	63	2275	-343
SLV_STR_016	1673	1061	63	2261	-343
SLV_STR_017	1550	982	71	1892	-51
SLV_STR_018	1843	814	226	1723	-375
SLV_STR_019	1843	813	226	1719	-375
SLV_STR_020	1880	803	228	1692	-302
SLV_STR_021	1880	815	228	1739	-302
SLV_STR_022	1711	792	198	1585	-588
SLV_STR_023	1711	804	198	1633	-588
SLV_STR_024	1673	802	197	1612	-512
SLV_STR_025	1673	800	197	1606	-512
SLV_STR_026	1843	846	205	1844	-348
SLV_STR_027	1843	844	205	1835	-348
SLV_STR_028	1880	822	206	1765	-274
SLV_STR_029	1880	847	206	1860	-274
SLV_STR_030	1711	811	186	1658	-572
SLV_STR_031	1711	836	186	1754	-572
SLV_STR_032	1673	833	187	1729	-499
SLV_STR_033	1673	829	187	1715	-499
SLV_STR_034	1550	761	189	1410	-188
SLE_rara_01	1541	513	5	905	-16
SLE_rara_02	3048	1499	224	3696	-714

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLVI0804001	A	87 di 99

SLE_rara_03	3048	1493	224	3675	-714
SLE_rara_04	3234	1443	234	3547	-355
SLE_rara_05	3234	1506	234	3785	-355
SLE_rara_06	2388	1409	124	3145	-1906
SLE_rara_07	2388	1472	124	3383	-1906
SLE_rara_08	2201	1459	114	3273	-1521
SLE_rara_09	2201	1450	114	3240	-1521
SLE_rara_010	3048	1658	119	4300	-580
SLE_rara_011	3048	1647	119	4257	-580
SLE_rara_012	3234	1540	124	3913	-214
SLE_rara_013	3234	1666	124	4389	-214
SLE_rara_014	2388	1506	64	3511	-1829
SLE_rara_015	2388	1632	64	3987	-1829
SLE_rara_016	2201	1613	64	3855	-1457
SLE_rara_017	2201	1595	64	3788	-1457
SLE_rara_018	1585	1280	114	2398	-33
SLE_fre_01	1541	513	2	905	-8
SLE_fre_02	2445	1139	126	2834	-385
SLE_fre_03	2445	1133	126	2808	-385
SLE_fre_04	2557	1068	132	2601	-169
SLE_fre_05	2557	1144	132	2887	-169
SLE_fre_06	2218	1094	88	2587	-1466
SLE_fre_07	2218	1194	88	2968	-1466
SLE_fre_08	2069	1179	80	2862	-1158
SLE_fre_09	2069	1165	80	2809	-1158
SLE_QP_01	1541	513	0	905	0
SLU_GEO_01	1541	628	6	1049	-20
SLU_GEO_02	3424	2068	281	4939	-896
SLU_GEO_03	3424	2061	281	4912	-896
SLU_GEO_04	3657	1999	293	4753	-447
SLU_GEO_05	3657	2078	293	5051	-447
SLU_GEO_06	2599	1955	156	4247	-2386
SLU_GEO_07	2599	2034	156	4544	-2386
SLU_GEO_08	2366	2017	143	4405	-1905
SLU_GEO_09	2366	2006	143	4364	-1905
SLU_GEO_010	3424	2268	149	5694	-728
SLU_GEO_011	3424	2254	149	5640	-728
SLU_GEO_012	3657	2120	156	5211	-271
SLU_GEO_013	3657	2278	156	5805	-271

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLV10804001	A	88 di 99

SLU_GEO_014	2599	2076	81	4704	-2290
SLU_GEO_015	2599	2234	81	5299	-2290
SLU_GEO_016	2366	2210	81	5133	-1825
SLU_GEO_017	2366	2188	81	5050	-1825
SLU_GEO_018	1596	1793	143	3309	-45
SLV_GEO_01	1843	1204	97	2537	-202
SLV_GEO_02	1843	1202	97	2532	-202
SLV_GEO_03	1880	1192	99	2502	-130
SLV_GEO_04	1880	1204	99	2550	-130
SLV_GEO_05	1711	1170	75	2335	-433
SLV_GEO_06	1711	1182	75	2383	-433
SLV_GEO_07	1673	1181	73	2365	-356
SLV_GEO_08	1673	1179	73	2358	-356
SLV_GEO_09	1843	1236	76	2658	-175
SLV_GEO_010	1843	1233	76	2649	-175
SLV_GEO_011	1880	1211	77	2576	-102
SLV_GEO_012	1880	1236	77	2671	-102
SLV_GEO_013	1711	1189	63	2408	-418
SLV_GEO_014	1711	1214	63	2503	-418
SLV_GEO_015	1673	1211	63	2482	-343
SLV_GEO_016	1673	1208	63	2468	-343
SLV_GEO_017	1550	1129	71	2099	-51
SLV_GEO_018	1843	961	226	1930	-375
SLV_GEO_019	1843	960	226	1926	-375
SLV_GEO_020	1880	950	228	1899	-302
SLV_GEO_021	1880	963	228	1946	-302
SLV_GEO_022	1711	939	198	1792	-588
SLV_GEO_023	1711	951	198	1840	-588
SLV_GEO_024	1673	949	197	1819	-512
SLV_GEO_025	1673	947	197	1813	-512
SLV_GEO_026	1843	993	205	2051	-348
SLV_GEO_027	1843	991	205	2042	-348
SLV_GEO_028	1880	969	206	1972	-274
SLV_GEO_029	1880	995	206	2067	-274
SLV_GEO_030	1711	958	186	1866	-572
SLV_GEO_031	1711	983	186	1961	-572
SLV_GEO_032	1673	980	187	1936	-499
SLV_GEO_033	1673	976	187	1922	-499
SLV_GEO_034	1550	883	189	1533	-188

11.3 Verifica a pressoflessione

Spessore muro:	100cm
Copriferro:	50mm
Armatura verticale zona tesa:	φ24/20
Armatura verticale zona compressa:	φ24/20
Armatura orizzontale su ambo i lati:	φ16/20

A partire dalle sollecitazioni riportate al §11.2 è possibile calcolare le sollecitazioni per unità di lunghezza del muro frontale con cui vengono svolte le verifiche riportate nel seguito.

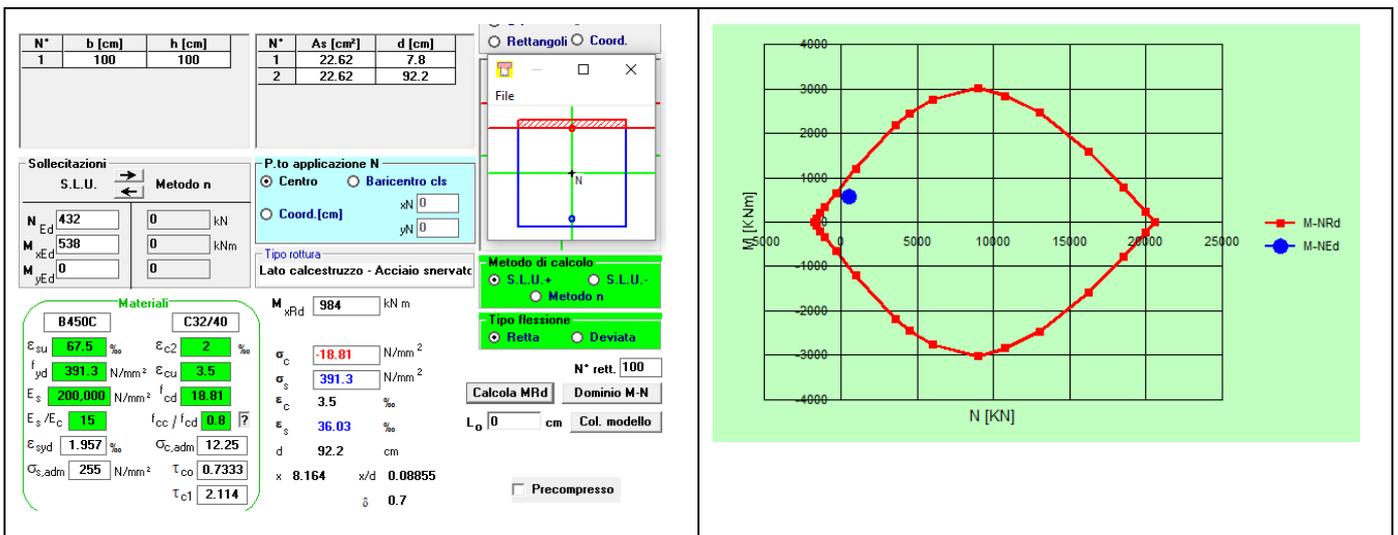
11.3.1 SLU

Sono state verificate le condizioni di N_{min} , N_{max} e M_{max} per le combinazioni SLU e SLV.

Sollecitazioni di verifica:

	N_{max}	N_{min}	M_{max}
N (kN/m)	432	167	432
M (kNm/m)	538	122	670

Verifiche:



RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	90 di 99

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	7.8
2	22.62	92.2

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 167 0 kN
M_{xEd} 122 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

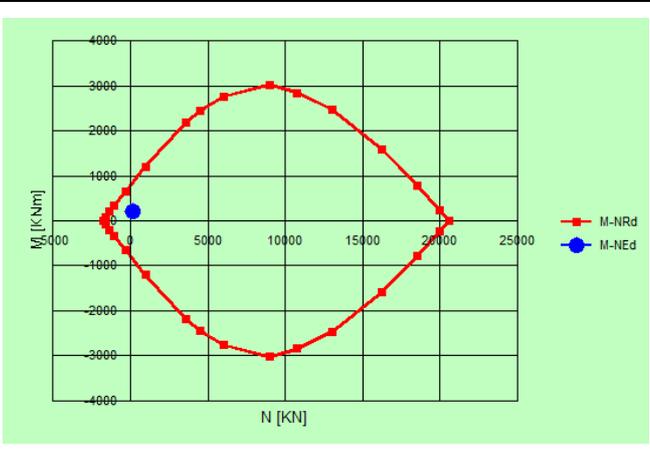
Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali
B450C C32/40
ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18.81
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
τ_{cl} 2.114

M_{xRd} 870.7 kN m
σ_c -18.81 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 39.99 ‰
d 92.2 cm
x 7.42 x/d 0.08047
δ 0.7



N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	7.8
2	22.62	92.2

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 432 0 kN
M_{xEd} 670 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

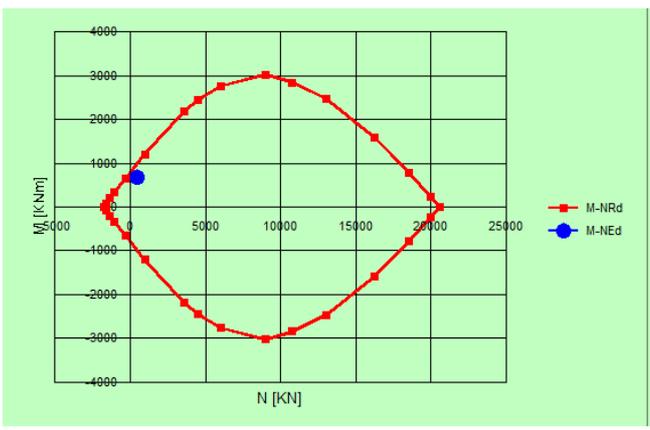
Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali
B450C C32/40
ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18.81
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
τ_{cl} 2.114

M_{xRd} 984 kN m
σ_c -18.81 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 36.03 ‰
d 92.2 cm
x 8.164 x/d 0.08855
δ 0.7



11.3.2 SLE

Sono state verificate le condizioni di N_{min} , N_{max} e M_{max} per le combinazioni SLE RARE, FREQUENTI E QUASI PERMANENTI.

Sollecitazioni di verifica:

SLE RARE

	N_{max}	N_{min}	M_{max}
N (kN/m)	350	167	350
M (kNm/m)	383	98	474

SLE FREQUENTI

	N_{max}	N_{min}	M_{max}
N (kN/m)	276	167	240
M (kNm/m)	281	98	321

SLE QUASI PERMANENTI (unica combinazione)

N (kN/m)	167
M (kNm/m)	98

Per i criteri di verifica si rimanda a quanto già descritto al §9.2.

11.3.2.1 Stato limite di formazione delle fessure

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2 = 3.1 / 1.2 = - 2.58 \text{ MPa.}$$

	Comb.	Comb.	Comb.
	N_{max}	N_{min}	M_{max}
σ_{c_RARA} (MPa)	-1.68	-0.36	-2.16

Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

11.3.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

Si procede inoltre con la verifica tensionale per la combinazione rara.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	92 di 99

Per tale combinazione deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,55 \cdot f_{ck} = 18.26 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,4 \cdot f_{ck} = 13.28 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

In particolare si ha che:

	Comb.	Comb.	Comb.
	N _{max}	N _{min}	M _{max}
σ_{c_RARA} (MPa)	3.83	0.95	4.74
$\sigma_{c_QuasiPERM}$ (MPa)	0.95		

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,75 \cdot f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$$

Si ha:

	Comb.	Comb.	Comb.
	N _{max}	N _{min}	M _{max}
σ_{s_RARA} (MPa)	-128.44	-19.42	-174.82

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$.

11.4 Verifica a taglio

Si riportano le verifiche nei confronti delle sollecitazioni taglianti. In particolare viene esplicitato il calcolo del coefficiente di sicurezza per l'azione massima riscontrata.

Per il calcolo della resistenza si fa riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3 NTC08 (Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti).

Massima azione di taglio: 256kN/m (SLU_STR_011)

Senza specifica armatura a taglio

Altezza utile (d)	922	mm
k	1.47	
f_{ck}	33.20	MPa
A_{sl}	22.7	cmq
b_w	1.00	m
r_l	0.00246	-
S_{cp}	0.0	MPa

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	93 di 99

V _{min}	0.358	MPa
V1	326.6	kN
V2	330.0	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	330.0	kN
Taglio agente	256.0	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.29

12 VERIFICA DEI MURI ANDATORI

12.1 Sollecitazioni al piede del paramento

Nella seguente tabella sono riportate le azioni elementari agenti sul muro frontale per le diverse condizioni di carico esaminate in precedenza.

Il valore del momento derivante dallo schema di una mensola incastrata è stato ridotto di un fattore pari a 0.5 per tener conto dell'effetto piastra dato dal vincolo di incastro del muro andatore con il muro di testata e con la fondazione.

Sollecitazioni complessive al piede:

	N	F	M
	[kN]	[kN]	[kNm]
Peso proprio	163	0	0
Spinta Terreno STR	0	239	151
Spinta Terreno GEO	0	292	185
Spinta accidentale STR	0	314	298
Spinta accidentale GEO	0	384	365
Inerzia	0	18	17
Incremento di spinta sismica STR	0	68	65
Incremento di spinta sismica GEO	0	68	65

Dividendo per la lunghezza del muro andatore si hanno le sollecitazioni per unità di lunghezza:

	N	F	M
	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]
Peso proprio	38	0	0
Spinta Terreno STR	0	55	35
Spinta Terreno GEO	0	68	43
Spinta accidentale STR	0	73	69
Spinta accidentale GEO	0	89	85
Inerzia	0	4	4
Incremento di spinta sismica STR	0	16	15
Incremento di spinta sismica GEO	0	16	15

12.2 Sollecitazioni al piede del paramento combinate

Si riportano di seguito le sollecitazioni delle diverse combinazioni di carico ottenute a partire dalle sollecitazioni indicate al § precedente.

Coefficienti di combinazione:

	SLU STR	SLU GEO	SLV STR	SLV GEO	RARA	FREQUENTE	QUASI PERM
Peso proprio	1.3	1	1	1	1	1	1
Spinta Terreno STR	1.35		1		1	1	1
Spinta Terreno GEO		1		1			
Spinta accidentale STR	1.45		1		1	0.5	
Spinta accidentale GEO		1.25		1			
Inerzia			1	1			
Incremento di spinta sismica STR			1				
Incremento di spinta sismica GEO				1			

Sollecitazioni al piede per unità di lunghezza:

	N	F	M
	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]
SLU STR	49	181	148
SLU GEO	38	179	149
SLV STR	38	148	123
SLV GEO	38	177	147
RARA	38	129	105
FREQUENTE	38	92	70
QUASI PERM	38	55	35

12.3 Verifica a pressoflessione

Spessore muro:	40cm
Copriferro:	50mm
Armatura verticale lato rilevato:	φ20/15
Armatura verticale lato esterno:	φ20/20
Armatura orizzontale su ambo i lati:	φ16/20

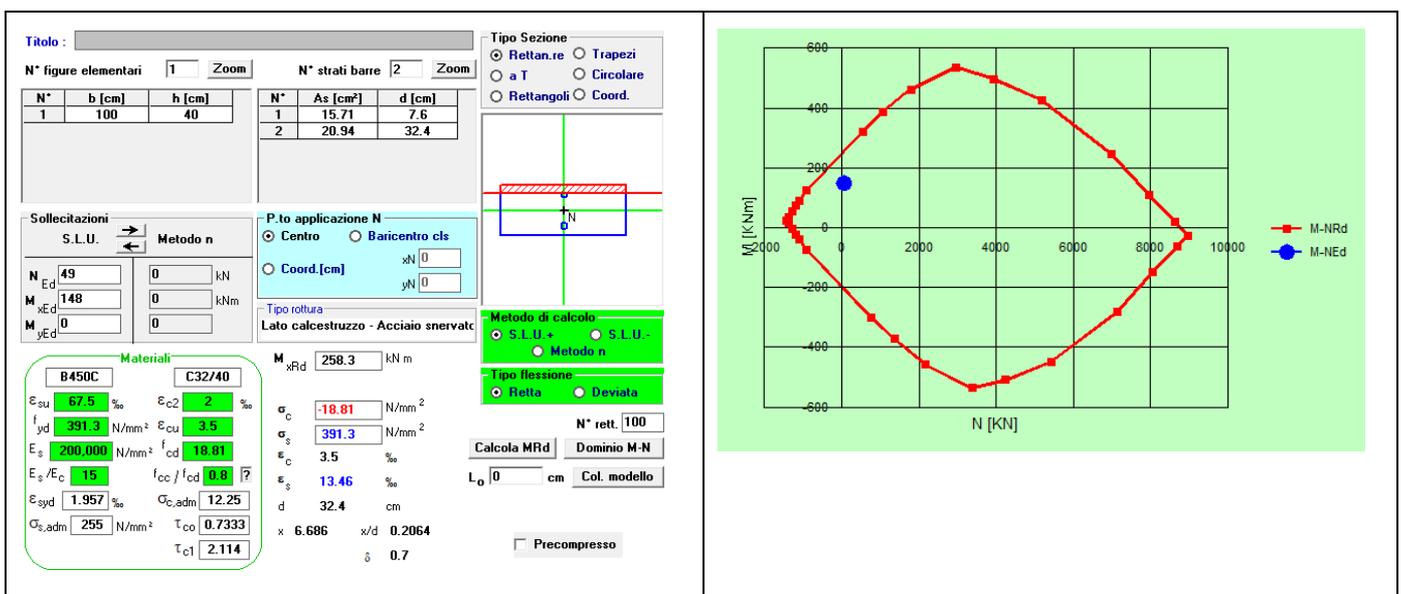
12.3.1 SLU

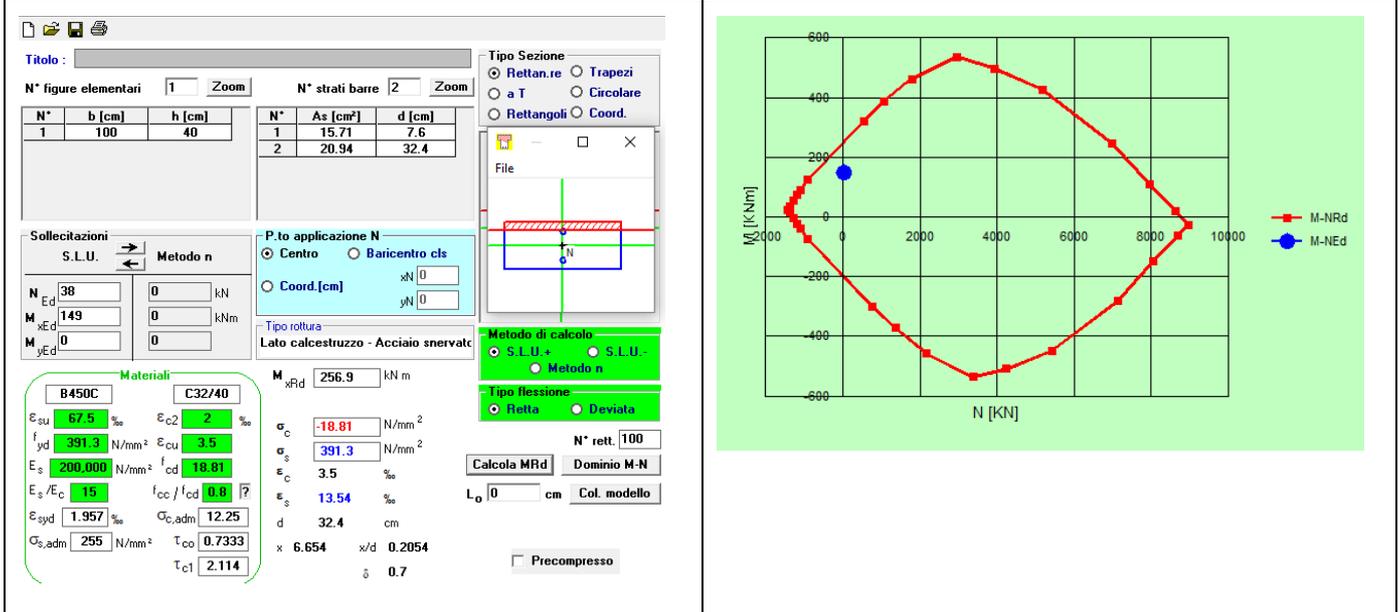
Sono state verificate le condizioni di N_{min} , N_{max} e M_{max} per le combinazioni SLU e SLV.

Sollecitazioni di verifica:

	N_{max}	N_{min}	M_{max}
N (kN/m)	49	38	38
M (kNm/m)	148	149	149

Verifiche:





12.3.2 SLE

Per i criteri di verifica si rimanda a quanto già descritto al §9.2.

12.3.2.1 Stato limite di formazione delle fessure

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2 = 3.1 / 1.2 = - 2.58 \text{ MPa.}$$

$$\sigma_{c_RARA} \text{ (MPa)} \quad -3.27$$

Si supera lo stato limite di formazione delle fessure: occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure:

c	76	mm
s	150	mm
k ₂	0.4	-
k ₃	0.125	-
φ	20	mm
A _s	2094.0	mm ²
h _{eff}	143.3	mm
A _{eff}	143300	mm ²
ρ	0.01461	-

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	10	D 26	CLVI0804001	A	98 di 99

S_{rm}	250.4	mm
σ_t	25.82	kg/cm ²
σ_s	1671.0	kg/cm ²
σ_{sr}	1585.0	kg/cm ²
β_1	1	-
β_2	0.5	-
$(1-\beta_1\beta_2(\sigma_{sr}/\sigma_s)^2)$	0.55	-
E	2100000	kg/cm ²
ϵ_{sr}	0.0004378	-
w_m	0.1096	mm
w_k	0.1864	mm

w limite **0.2** mm
Verifica **OK**

12.3.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

Si procede inoltre con la verifica tensionale per la combinazione rara.

Per tale combinazione deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,55 \cdot f_{ck} = 18.26 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,4 \cdot f_{ck} = 13.28 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

In particolare si ha che:

$$\sigma_{c_RARA} \text{ (MPa)} \quad 6.01$$

$$\sigma_{c_QuasiPERM} \text{ (MPa)} \quad 2.04$$

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,75 \cdot f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$$

Si ha:

$$\sigma_{s_RARA} \text{ (MPa)} \quad -167.1$$

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto $\sigma_s < \sigma_{s,max}$.

12.4 Verifica a taglio

Si riportano le verifiche nei confronti delle sollecitazioni taglianti. In particolare viene esplicitato il calcolo del coefficiente di sicurezza per l'azione massima riscontrata.

Per il calcolo della resistenza si fa riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3 NTC08 (Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti).

Massima azione di taglio: 181 kN/m

Senza specifica armatura a taglio

Altezza utile (d)	320	mm
k	1.79	
f_{ck}	33.20	MPa
A_{sl}	21.0	cmq
b_w	1.00	m
r_l	0.00656	-
S_{cp}	0.0	MPa
V_{min}	0.483	MPa
V1	192.0	kN
V2	154.6	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	192.0	kN
Taglio agente	181.0	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.06