

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI05 - Nuovo ponte sulla Roggia Carlesco Km 14+851,88

Relazione di calcolo spalle

SCALA:

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

N M 0 Z 2 0 D 2 6 C L V I 0 5 0 4 0 0 1 A

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

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

File: NM0Z20D26CLVI0504001A

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>	10
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>	17
6.3.2	<i>Treno di carico SW</i>	18
6.3.3	<i>Treno scarico</i>	19
6.3.4	<i>Schemi di carico adottati</i>	19
6.3.5	<i>Effetti dinamici</i>	20
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>	26

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 INTRADOSO 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
7.2.1	<i>Combinazioni SLE RARA</i>	54
7.2.2	<i>Combinazioni SLE FREQUENTE</i>	54
7.2.3	<i>Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE</i>	54
7.3	COMBINAZIONI SISMICHE	55
7.3.1	<i>Combinazioni SLV STR</i>	55
7.3.2	<i>Combinazioni SLV GEO</i>	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	<i>Stato limite di formazione delle fessure</i>	72
9.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio</i>	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	<i>SLU</i>	78
10.2.2	<i>SLE</i>	80
10.2.2.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure</i>	80
10.2.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio</i>	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
11.3.2	SLE.....	91
11.3.2.1	Stato limite di formazione delle fessure.....	91
11.3.2.2	Verifica delle tensioni di esercizio.....	92
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
12.1	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE.....	96
12.1.1	SLU.....	96
12.1.2	SLE.....	97
12.1.2.1	Stato limite di formazione delle fessure.....	97
12.1.2.2	Verifica delle tensioni di esercizio.....	98
12.2	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 VI05 (Nuovo ponte sulla Roggia Carlesco) sulla tratta ferroviaria Milano Rogoredo – Pavia dal km 14+851,88 al km 14+861,88.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10504001	-A	7 di 99

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

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 del ponte misurata tra gli appoggi è pari a 10m.

Lunghezza impalcato: 10.8m.

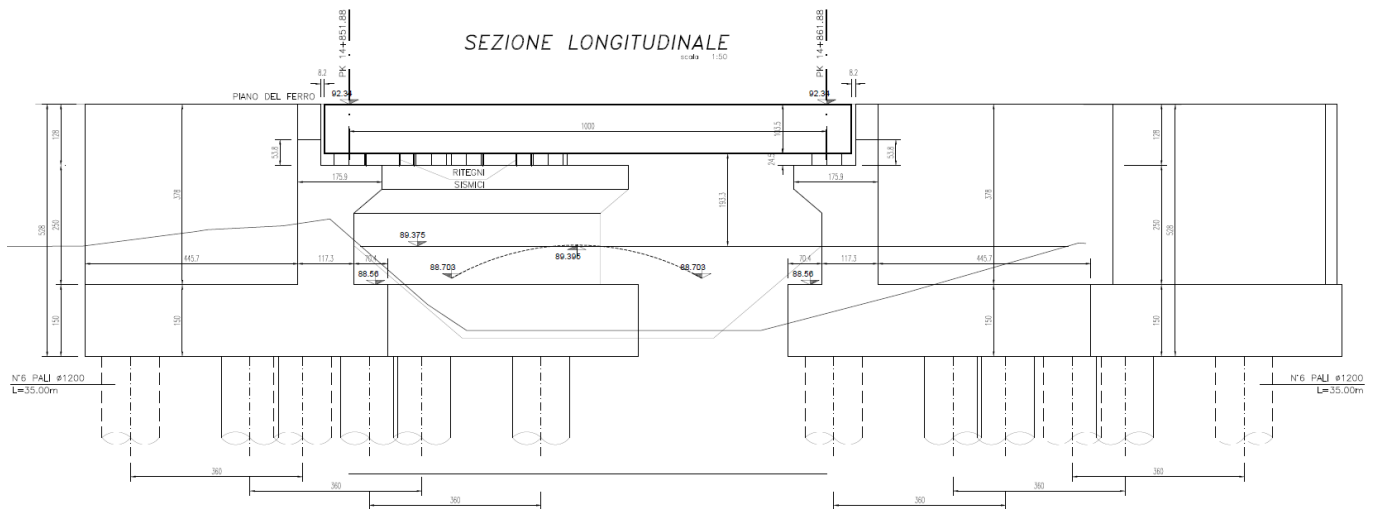
La fondazione delle spalle è costituita da un plinto su pali.

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

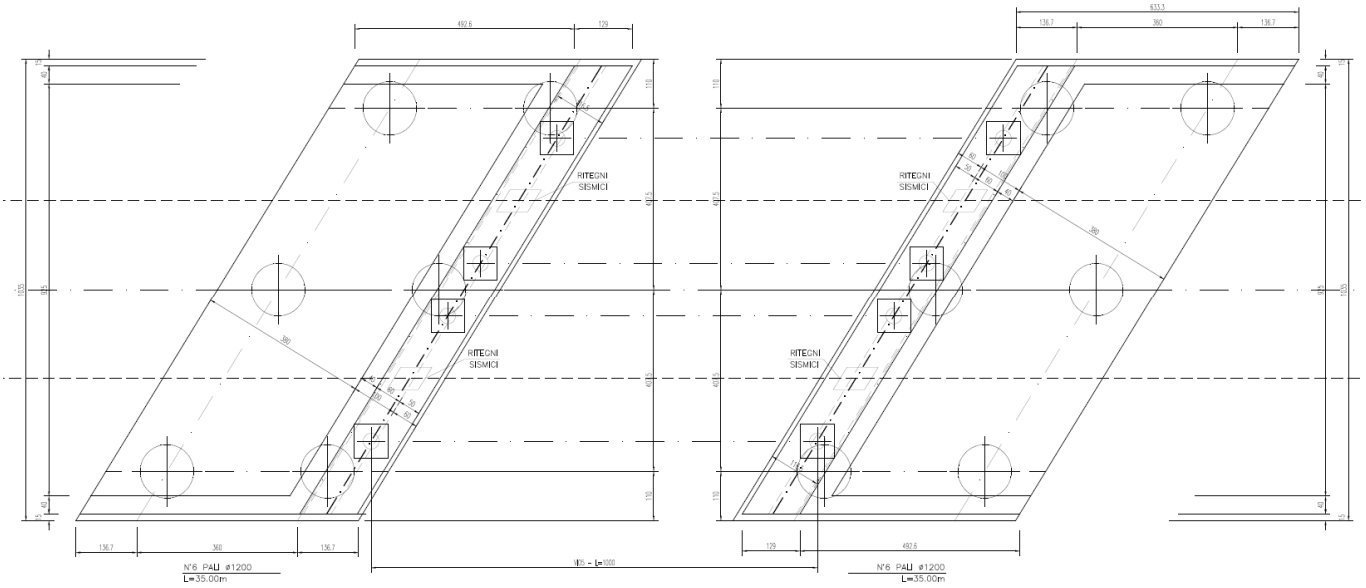
Il plinto di fondazione presenta un'altezza di 1.5m e dimensioni in pianta di 10.35m x 6.33m.

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

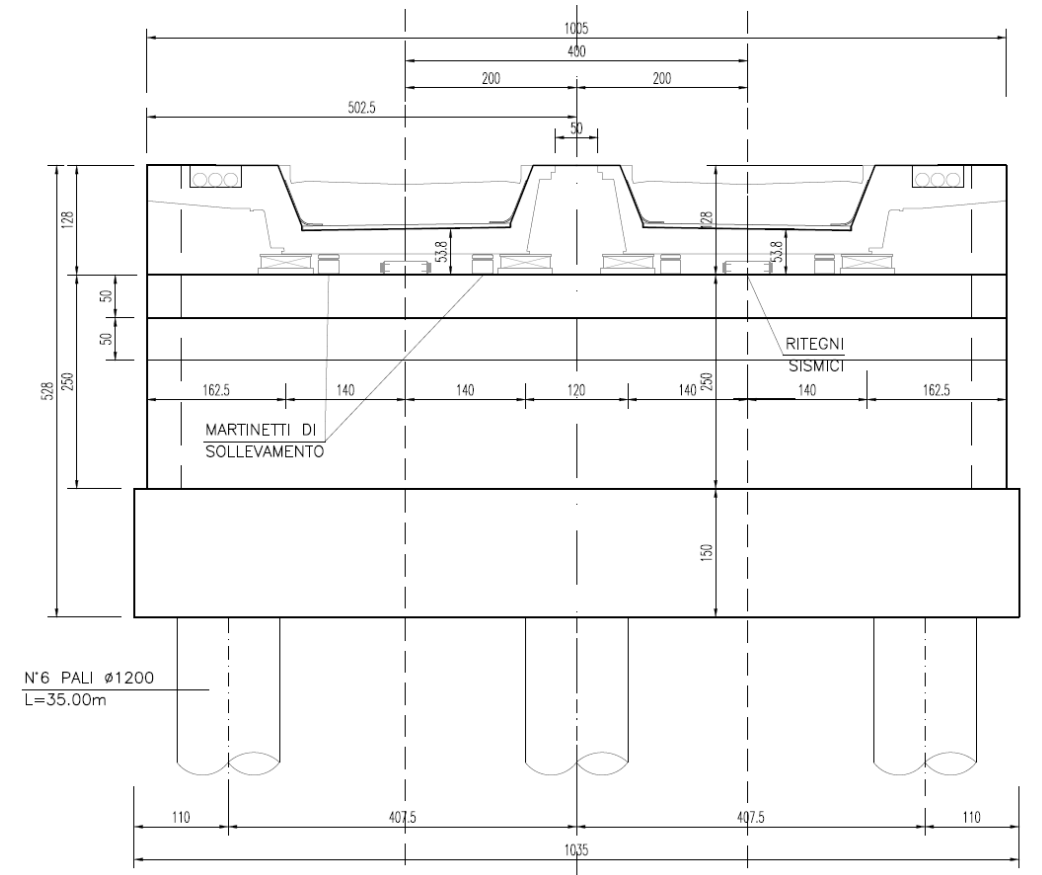
paramento di testata:	spessore: 1.00m	altezza: 2.50m	lunghezza: 10.05m (in retto)
muro paraghiaia:	spessore: 0.40m	altezza: 1.30m circa	lunghezza: 10.05m (in retto)
muri andatori:	spessore: 0.40m	altezza: 3.80m circa	lunghezza: 4.45m circa




Sezione longitudinale



Pianta delle fondazioni



Prospetto frontale

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0504001	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		
10	S1	da 0 a 4.7m	Sg	18	14	29	24		24
		da 4.7m a 24m	S	18	14	30	25	28	28
		da 24m a 30m	Sg	20	16	30	30		30

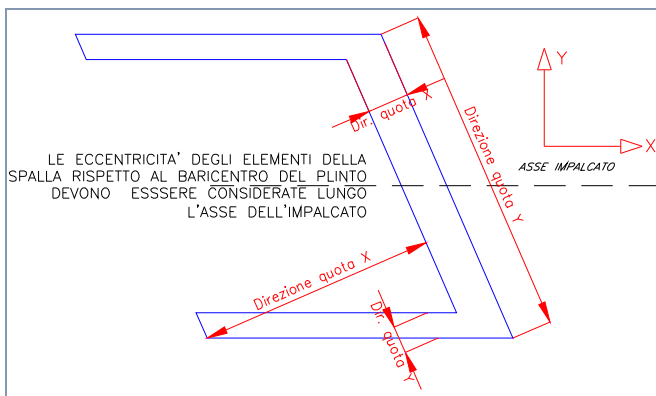
PROFONDITA'	E' _{op} [MPa]		Vs [m/s]		categoria	G ₀ [MPa]	
	max	min	max	min	terreno	max	min
da 0 a 4.7m	12	5	116	106	C	25	21
da 4.7m a 24m	63	8	376	188		283	67
da 24m a 30m	56	23	258	219		133	96

5 CARATTERISTICHE DELLE SPALLE

5.1 Geometria delle spalle

Inclinazione spalla rispetto all'asse dell'impalcato: 31.5°.

	b [x] [m]	L [y] [m]	H [z] [m]	Eccentricità rispetto a baricentro plinto/palificata		
				e _x [m]	e _y [m]	e _z [m]
Paraghiaia	0.4	11.78	1.3	1.52	0.0	4.65
Paramento di testata	1	11.78	2.5	1.88	0.0	2.75
Muri andatori parte sup. DX	3.8	0.47	1.3	-3.9	-4.8	4.65
Muri andatori parte inf. DX	3.8	0.47	2.5	-3.9	-4.8	2.75
Orecchia DX	0	0.00	0	0	0.0	
Muri andatori parte sup. SX	3.8	0.47	1.3	2.02	4.8	4.65
Muri andatori parte inf. SX	3.8	0.47	2.5	2.02	4.8	2.75
Orecchia SX	0	0.00	0		0.0	
Plinto	5.4	12.14	1.5	0	0.0	0.75
Rinterro interno	3.80	10.8	3.8	-0.94	0.0	3.40
Rinterro laterale	5.40	0.36	1.2	0	0.0	2.10
Rinterro anteriore	0.60	11.78	0.9	2.81	0.0	1.95

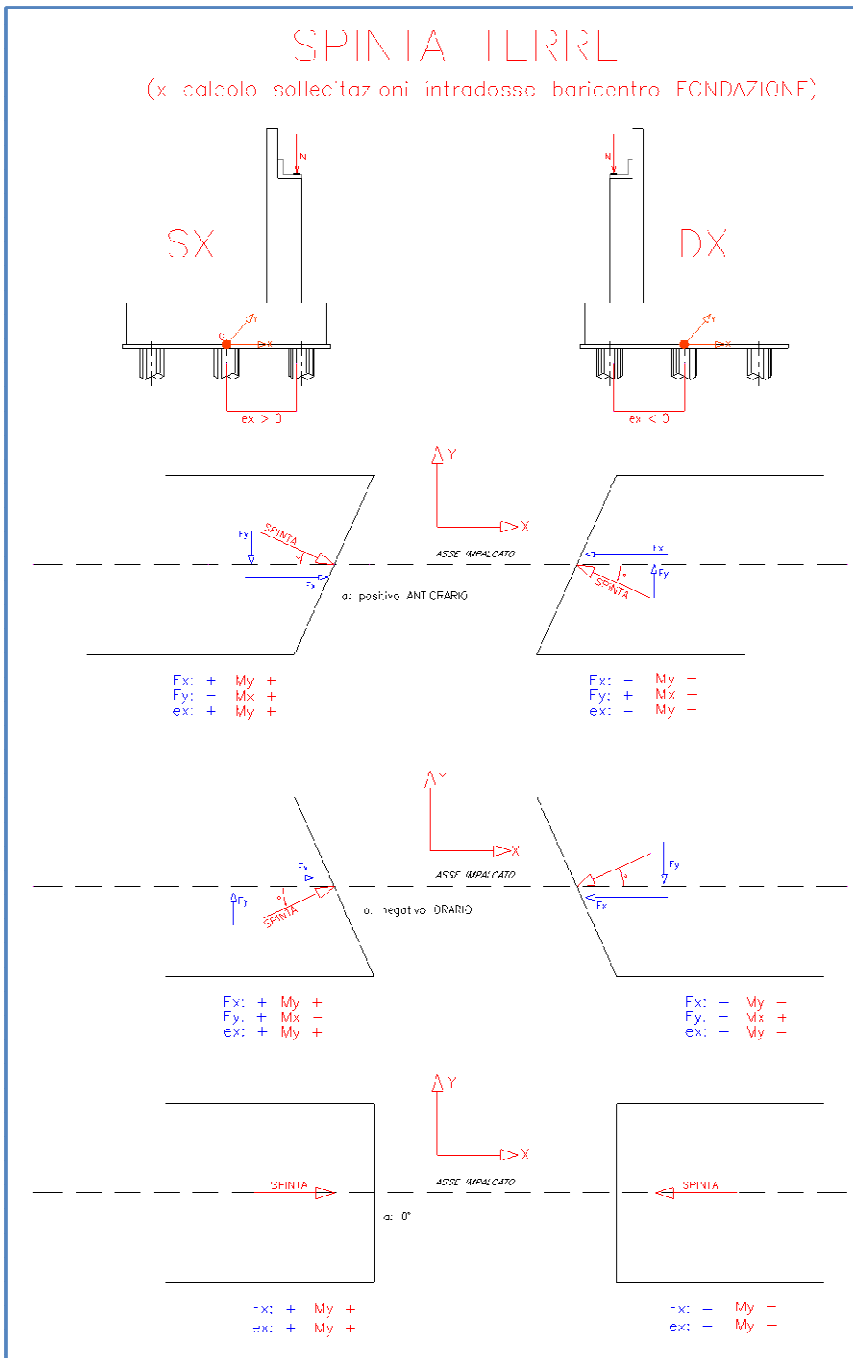


5.2 Caratteristiche del terreno del rilevato a tergo spalla

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	

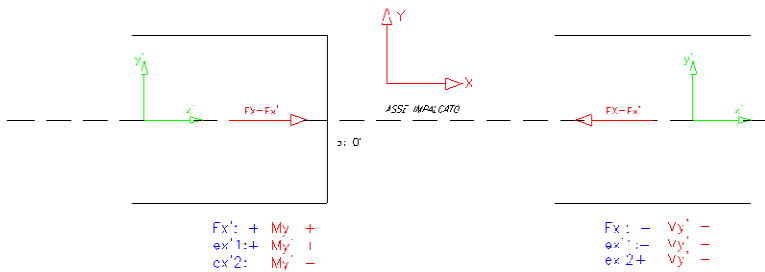
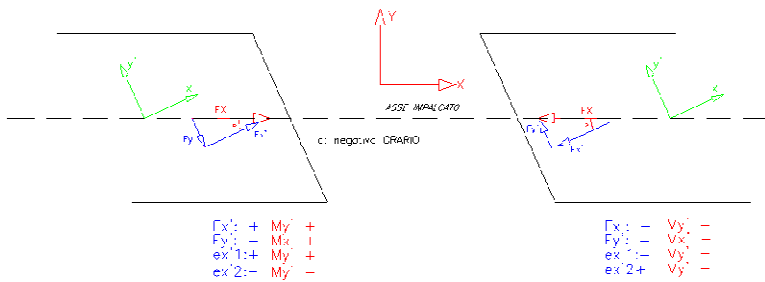
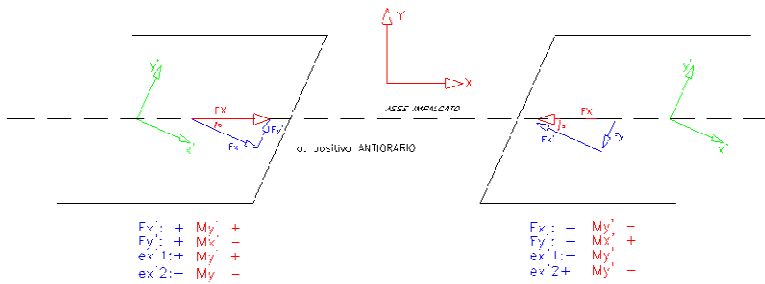
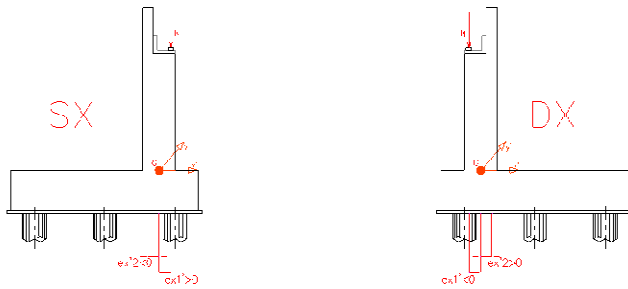
6 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

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



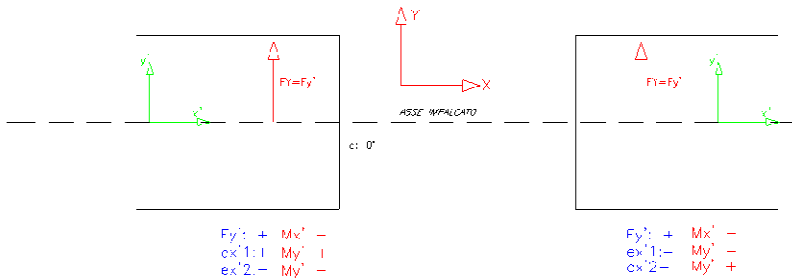
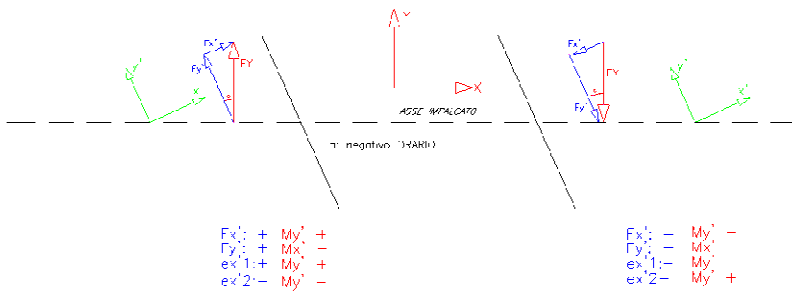
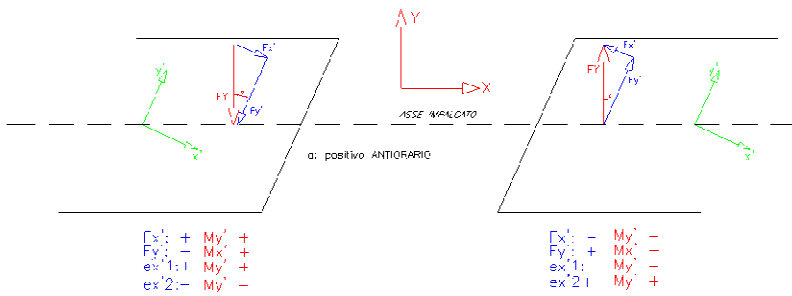
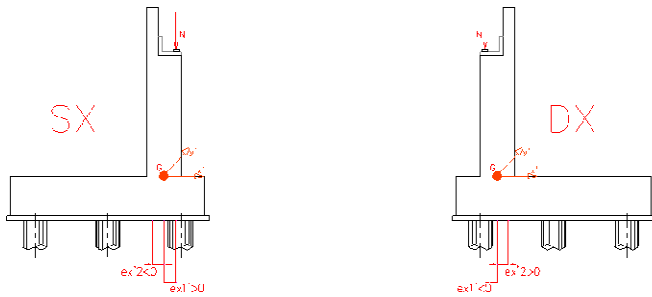
FRFNATURA, ATTRITO SISMA LONGTUDINALE

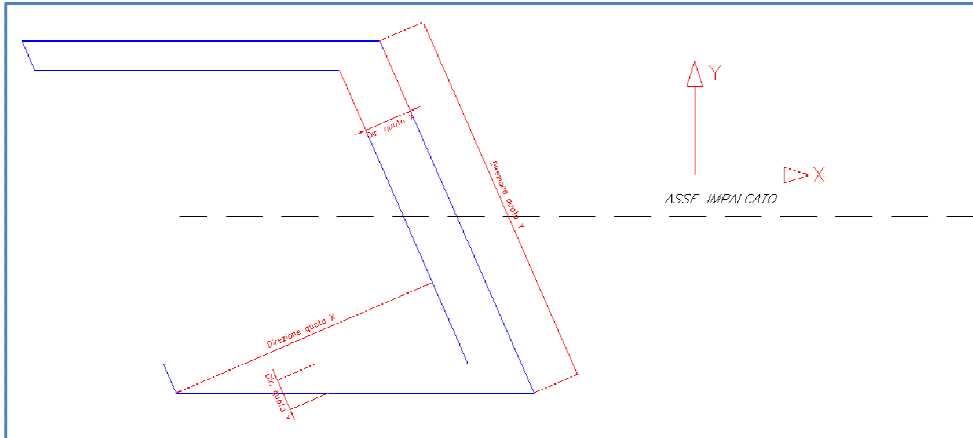
(x calcoli sollecitazioni PARAMENTO)



**VENTO
SISMA TRASVERSALE**

(x calcolo sollecitazioni PARAMENTO)





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: 24.7 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: 67.08 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.

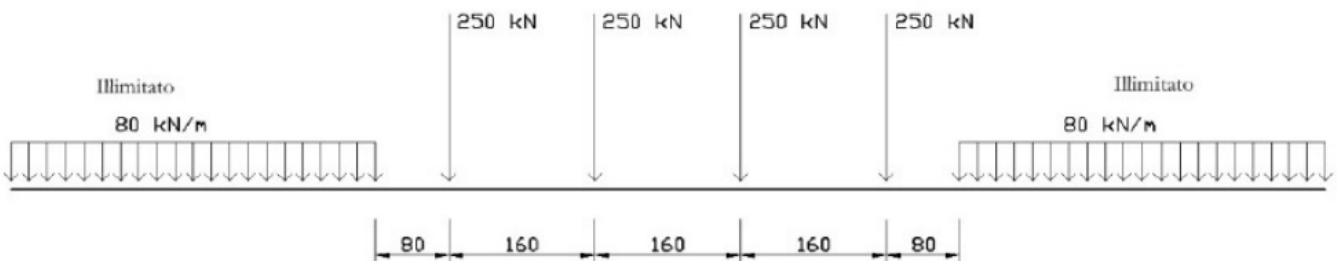
I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono essere moltiplicati per il coefficiente di adattamento α il cui valore deve essere assunto in accordo alla tabella seguente.

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.

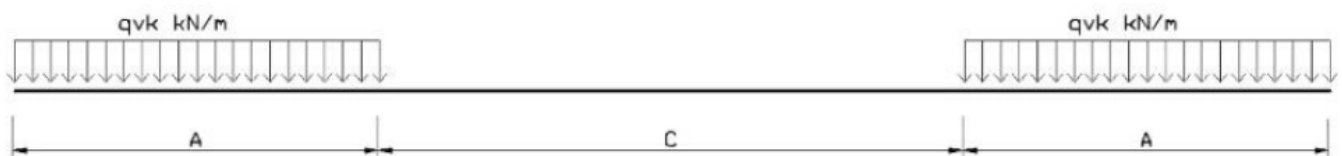
Il carico distribuito deve essere segmentato al di sopra dell'opera andando a caricare solo quelle parti che forniscono un incremento del contributo ai fini della verifica dell'elemento per l'effetto considerato.

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]
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	950 kN
SW/0	790 kN

SW/2 810 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	950	810	950	810	kN
	LM71	SW2	LM71	SW2	kN
	LM71	LM71			
Binario 2	950	950			kN
N	1899	1760	950	810	kN
Mx	0	-279	-1899	-1620	kNm

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

Treno scarico:

N 54 kN
Mx -108 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	237.6	304	475
SW/0	237.6	304	475
SW/2	378	484	756

Avviamento

	Fx	My	Mt
LM71	392.0	502	784
SW/0	392.0	502	784
SW/2	356.4	456	713

Le azioni sono state calcolate a partire dall'intera lunghezza del ponte pari a L=12.8m.

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

$$p \text{ (pressione del vento [N/mq])} = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

$$q_b \text{ (pressione cinetica di riferimento [N/mq])}$$

$$c_e \text{ (coefficiente di esposizione)}$$

$$c_p \text{ (coefficiente di forma)}$$

$$c_d \text{ (coefficiente dinamico)}$$



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
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	25 di 99

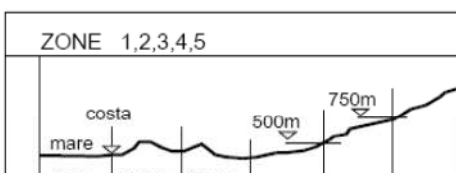
Coefficiente di esposizione

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

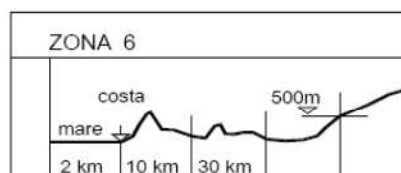


A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
Categoria III in zona 5

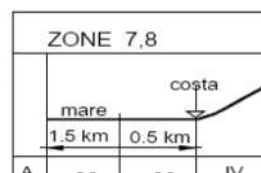
** Categoria III in zona 2,3,4,5
Categoria IV in zona 1

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
R _y vento/m	1.1	5.3 kN/m
R _y vento tot	5.8	28.4 kN
M _x tot	-4.5	-78.6 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 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0504001	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.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 2 - QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0504001	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



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

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

Stati limite ultimi - SLU

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

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategie per costruzioni ordinarie
- .-.- Strategie scelte

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 $S_S =$ $C_C =$ info

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

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

Compon. orizzontale

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

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

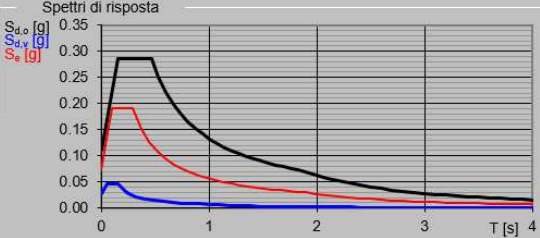
Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q $\eta =$ info

Elaborazioni

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

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale

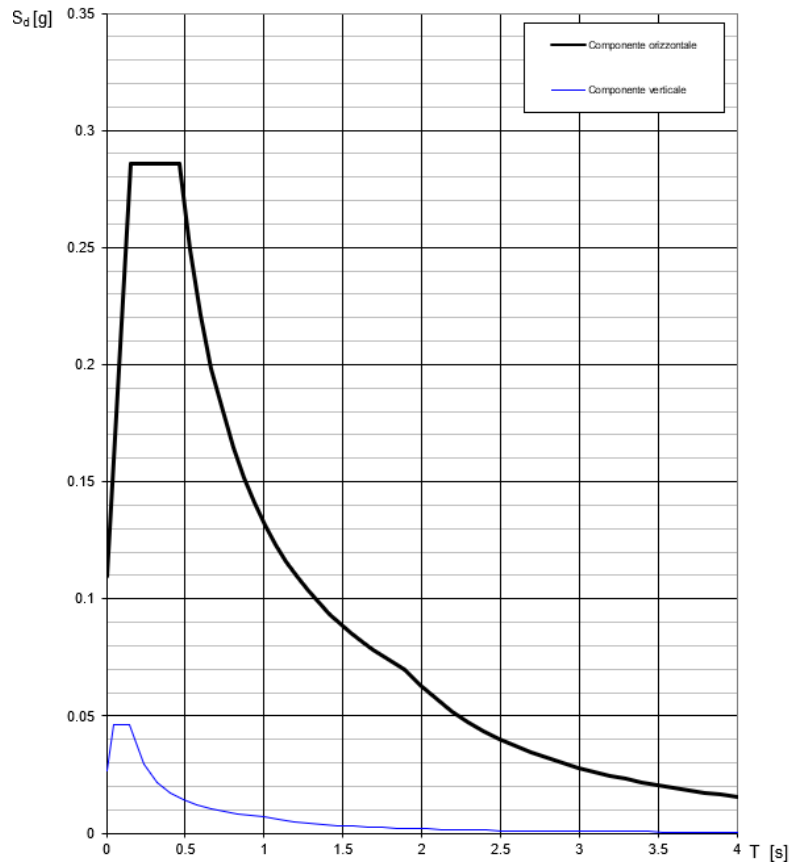
— Spettro di progetto - componente verticale

— 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)

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ 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		1982.4	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	109	83	Fx, My
Sisma trasv Y	0.5	109	-83	Fy, Mx

Treni in condizioni sismiche sull'intero impalcato

Aliquota carichi variabili da traffico: 0.2

	N tot (kN)	F sis (kN)
LM71	1558	34
SW/0	1580	35
SW/2	1782	39

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:

	Carico Verticale	Coefficienti gruppo		
		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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLV10504001	-A	36 di 99

2 binari carichi	LM71+SW2	SW2 in A o F	GRUPPO 3b	1	1	0.5
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	1760	-279	119	152	238	196	251	392	210	-269
GRUPPO 1b	1760	-279	189	242	378	178	228	356	210	-269
GRUPPO 1c	1899	0	119	152	238	0	0	0	220	-282
GRUPPO 1d	1899	0	0	0	0	196	251	392	220	-282
GRUPPO 1e	950	-1899	119	152	238				110	-141
GRUPPO 1f	950	-1899				196	251	392	110	-141
GRUPPO 1g	810	-1620	189	242	378				100	-128
GRUPPO 1h	810	-1620				178	228	356	100	-128
GRUPPO 3a	1760	-279	238	304	475	392	502	784	105	-134
GRUPPO 3b	1760	-279	378	484	756	356	456	713	105	-134
GRUPPO 3c	1899	0	238	304	475	0	0	0	110	-141
GRUPPO 3d	1899	0	0	0	0	392	502	784	110	-141
GRUPPO 3e	950	-1899	238	304	475				50	-64
GRUPPO 3f	950	-1899				392	502	784	50	-64
GRUPPO 3g	810	-1620	378	484	756				50	-64
GRUPPO 3h	810	-1620				356	456	713	50	-64

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	37 di 99

GRUPPO 2	54	-108							100	128
GRUPPO 4a	1056	-168	143	182	285	235	301	470	126	-161
GRUPPO 4b	1056	-168	227	290	454	214	274	428	126	-161
GRUPPO 4c	1140	0	143	182	285	0	0	0	132	-169
GRUPPO 4d	1140	0	0	0	0	235	301	470	132	-169
GRUPPO 4e	760	-1520	190	243	380				88	-113
GRUPPO 4f	760	-1520				314	401	627	88	-113
GRUPPO 4g	648	-1296	302	387	605				80	-102
GRUPPO 4h	648	-1296				285	365	570	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	1760	196	210	251	-548	392
GRUPPO 1b	1760	189	210	242	-548	378
GRUPPO 1c	1899	119	220	152	-282	238
GRUPPO 1d	1899	196	220	251	-282	392
GRUPPO 1e	950	119	110	152	-2040	238
GRUPPO 1f	950	196	110	251	-2040	392
GRUPPO 1g	810	189	100	242	-1748	378
GRUPPO 1h	810	178	100	228	-1748	356
GRUPPO 3a	1760	392	105	502	-414	784
GRUPPO 3b	1760	378	105	484	-414	756
GRUPPO 3c	1899	238	110	304	-141	475
GRUPPO 3d	1899	392	110	502	-141	784
GRUPPO 3e	950	238	50	304	-1963	475
GRUPPO 3f	950	392	50	502	-1963	784
GRUPPO 3g	810	378	50	484	-1684	756
GRUPPO 3h	810	356	50	456	-1684	713
GRUPPO 2	54	0	100	0	20	0
GRUPPO 4a	1056	235	126	301	-329	470
GRUPPO 4b	1056	227	126	290	-329	454
GRUPPO 4c	1140	143	132	182	-169	285
GRUPPO 4d	1140	235	132	301	-169	470
GRUPPO 4e	760	190	88	243	-1632	380
GRUPPO 4f	760	314	88	401	-1632	627
GRUPPO 4g	648	302	80	387	-1398	605
GRUPPO 4h	648	285	80	365	-1398	570

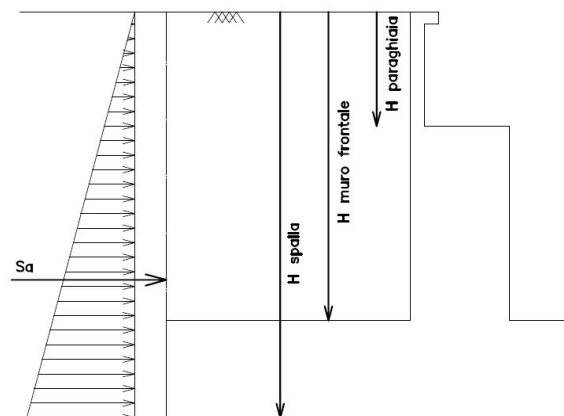
Le forze sismiche dovute agli accidentali da traffico ferroviario sono le seguenti (kN; kNm):

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	37	119	18	-59
LM71 in A e SW2 in F	GRUPPO 1b	37	119	18	-59
LM71 in F e LM71 in A	GRUPPO 1c	34	111	17	-55
LM71 in A e LM71 in F	GRUPPO 1d	34	111	17	-55
LM71 in F	GRUPPO 1e	17	55	9	-28
LM71 in A	GRUPPO 1f	17	55	9	-28
SW2 in F	GRUPPO 1g	20	63	10	-32
SW2 in A	GRUPPO 1h	20	63	10	-32
Lm71 in F e SW2 in A	GRUPPO 3a	37	119	18	-59
Lm71 in A e SW2 in F	GRUPPO 3b	37	119	18	-59
LM71 in F e LM71 in A	GRUPPO 3c	34	111	17	-55
LM71 in A e LM71 in F	GRUPPO 3d	34	111	17	-55
LM71 in F	GRUPPO 3e	17	55	9	-28
LM71 in A	GRUPPO 3f	17	55	9	-28
SW2 in F	GRUPPO 3g	20	63	10	-32
SW2 in A	GRUPPO 3h	20	63	10	-32

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.



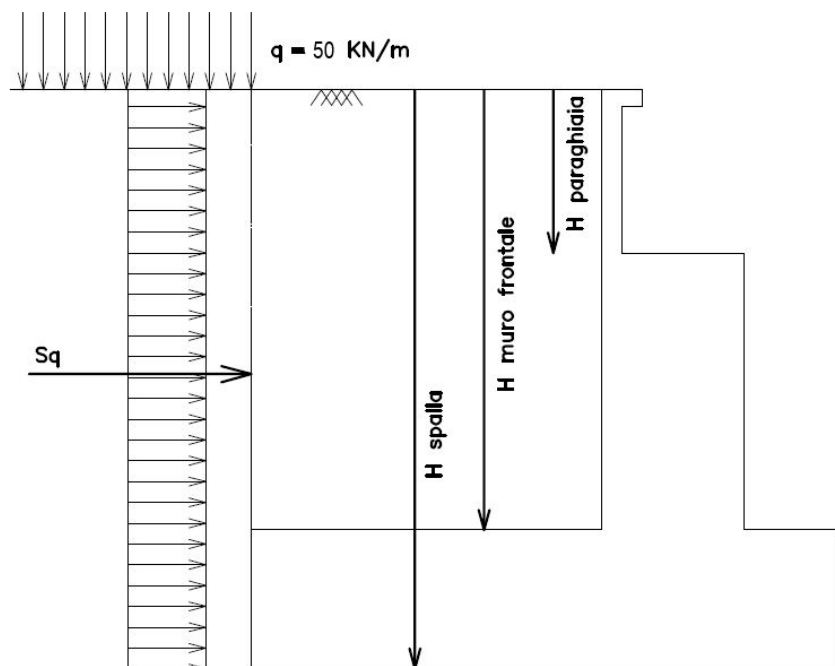
Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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.

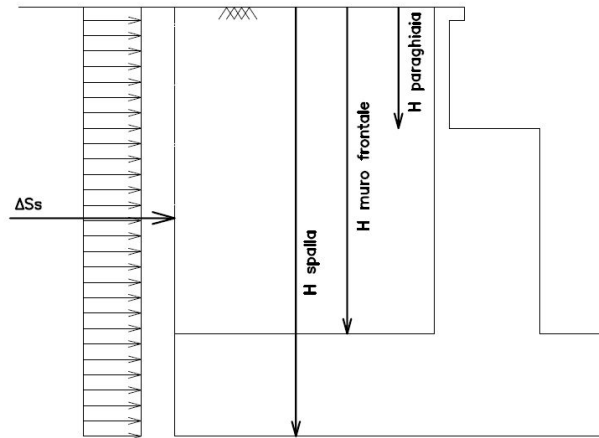


Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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 $k_h = \beta_m \cdot a_{max} / g$, $k_v = \pm 0.5 k_h$ 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	153	0	0	233	0
Paramento di testata	736	0	0	1384	0
Muri andatori parte sup. DX	58	0	0	-226	279
Muri andatori parte inf. DX	111	0	0	-434	537
Orecchia DX	0	0	0	0	0
Muri andatori parte sup. SX	58	0	0	117	-279
Muri andatori parte inf. SX	111	0	0	225	-537
Orecchia SX	0	0	0	0	0
Plinto	2458	0	0	0	0
Rinterro interno	3131	0	0	-2943	0
Rinterro laterale	47	0	0	0	0
Rinterro anteriore	127	0	0	358	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	557.4	0.0	1542.2	0.0
Spinta su plinto	0.0	543.0	0.0	384.9	0.0
Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	2238.2			-2103.9	
Spinta carico accidentale 50kN/mq		1023.0	-626.9	2710.8	1661.4
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	3686	0	0	1299	0
Rinterro interno	3131	0	0	-2943	0
Rinterro esterno	174	0	0	358	0
Spinta terre (per STR)	0	1100	0	1927	0
Spinta carico accidentale 50kPa (per STR)	0	1023	-627	2711	1661

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10504001	-A	42 di 99

Spinta terre (per GEO)		1100	0	1927	0
Spinta carico accidentale 50kPa (per GEO)	0	1023	-627	2711	1661

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	404		628	
Inerzia spalla dir trasversale			0		0
Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	343		1166	
Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale			0		0
Incremento di spinta sismica (per STR)	0	309	-189	819	502
Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	309	-189	819	502

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	266.8	0.0		0.0	0.0	
g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	724.5			0.0	0.0	
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1759.7	196.0	210.0	250.9	-548.2	392.0
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1759.7	189.0	210.0	241.9	-548.2	378.0
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	1899.4	118.8	220.0	152.1	-281.6	237.6
GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	1899.4	196.0	220.0	250.9	-281.6	392.0
GRUPPO 1e	LM71 in F	949.7	118.8	110.0	152.1	-2040.2	237.6
GRUPPO 1f	LM71 in A	949.7	196.0	110.0	250.9	-2040.2	392.0
GRUPPO 1g	SW2 in F	810.0	189.0	100.0	241.9	-1748.0	378.0
GRUPPO 1h	SW2 in A	810.0	178.2	100.0	228.1	-1748.0	356.4
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1759.7	392.0	105.0	501.8	-413.8	784.1
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1759.7	378.0	105.0	483.8	-413.8	756.0
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	1899.4	237.6	110.0	304.1	-140.8	475.2
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	1899.4	392.0	110.0	501.8	-140.8	784.1
GRUPPO 3e	LM71 in F	949.7	237.6	50.0	304.1	-1963.4	475.2
GRUPPO 3f	LM71 in A	949.7	392.0	50.0	501.8	-1963.4	784.1
GRUPPO 3g	SW2 in F	810.0	378.0	50.0	483.8	-1684.0	756.0
GRUPPO 3h	SW2 in A	810.0	356.4	50.0	456.2	-1684.0	712.8
GRUPPO 2	Treno scarico	54.0	0.0	100.0	0.0	20.0	0.0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0504001	-A	43 di 99

GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1055.8	235.2	126.0	301.1	-328.9	470.4
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1055.8	226.8	126.0	290.3	-328.9	453.6
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1139.6	142.6	132.0	182.5	-169.0	285.1
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1139.6	235.2	132.0	301.1	-169.0	470.4
GRUPPO 4e	LM71 in F	759.8	190.1	88.0	243.3	-1632.2	380.2
GRUPPO 4f	LM71 in A	759.8	313.6	88.0	401.4	-1632.2	627.3
GRUPPO 4g	SW2 in F	648.0	302.4	80.0	387.1	-1398.4	604.8
GRUPPO 4h	SW2 in A	648.0	285.1	80.0	365.0	-1398.4	570.2
Q _{5,scarico}	Vento a ponte scarico			5.8		-4.5	
Q _{5,carico}	Vento a ponte carico			28.4		-78.6	
Q ₄	Centrifuga						
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli		110.0				
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli		110.0				
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli		115.6				
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli		115.6				
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli		77.6				
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli		77.6				
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli		72.0				
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli		72.0				
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli		110.0				
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli		110.0				
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli		115.6				
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli		115.6				
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli		77.6				
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli		77.6				
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli		72.0				
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli		72.0				
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli		41.8				
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli		81.9				
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli		81.9				
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli		85.2				
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli		85.2				
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli		70.0				
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli		70.0				
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli		65.6				
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli		65.6				
GRUPPO 1a	Spettro X		145.1		201.4		
GRUPPO 1b	Spettro X		145.1		201.4		
GRUPPO 1c	Spettro X		142.7		193.5		
GRUPPO 1d	Spettro X		142.7		193.5		

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10504001	-A	44 di 99

GRUPPO 1e	Spettro X		125.6		138.1		
GRUPPO 1f	Spettro X		125.6		138.1		
GRUPPO 1g	Spettro X		128.1		146.1		
GRUPPO 1h	Spettro X		128.1		146.1		
GRUPPO 3a	Spettro X		145.1		201.4		
GRUPPO 3b	Spettro X		145.1		201.4		
GRUPPO 3c	Spettro X		142.7		193.5		
GRUPPO 3d	Spettro X		142.7		193.5		
GRUPPO 3e	Spettro X		125.6		138.1		
GRUPPO 3f	Spettro X		125.6		138.1		
GRUPPO 3g	Spettro X		128.1		146.1		
GRUPPO 3h	Spettro X		128.1		146.1		
GRUPPO 2	Spettro X		108.5		82.8		
GRUPPO 1a	Spettro Y			126.8		-142.1	
GRUPPO 1b	Spettro Y			126.8		-142.1	
GRUPPO 1c	Spettro Y			125.6		-138.1	
GRUPPO 1d	Spettro Y			125.6		-138.1	
GRUPPO 1e	Spettro Y			117.1		-110.4	
GRUPPO 1f	Spettro Y			117.1		-110.4	
GRUPPO 1g	Spettro Y			118.3		-114.4	
GRUPPO 1h	Spettro Y			118.3		-114.4	
GRUPPO 3a	Spettro Y			126.8		-142.1	
GRUPPO 3b	Spettro Y			126.8		-142.1	
GRUPPO 3c	Spettro Y			125.6		-138.1	
GRUPPO 3d	Spettro Y			125.6		-138.1	
GRUPPO 3e	Spettro Y			117.1		-110.4	
GRUPPO 3f	Spettro Y			117.1		-110.4	
GRUPPO 3g	Spettro Y			118.3		-114.4	
GRUPPO 3h	Spettro Y			118.3		-114.4	
GRUPPO 2	Spettro Y			108.5		-82.8	

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	267	0	0	630	0	0
g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	724	0	0	1710	0	0
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1760	196	210	5188	-1388	392
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1760	189	210	5151	-1388	378
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	1899	119	220	5110	-1162	238

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	45 di 99

GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	1899	196	220	5518	-1162	392
GRUPPO 1e	LM71 in F	950	119	110	2869	-2480	238
GRUPPO 1f	LM71 in A	950	196	110	3276	-2480	392
GRUPPO 1g	SW2 in F	810	189	100	2910	-2148	378
GRUPPO 1h	SW2 in A	810	178	100	2852	-2148	356
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1760	392	105	6223	-834	784
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1760	378	105	6149	-834	756
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	1899	238	110	5737	-581	475
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	1899	392	110	6553	-581	784
GRUPPO 3e	LM71 in F	950	238	50	3496	-2163	475
GRUPPO 3f	LM71 in A	950	392	50	4311	-2163	784
GRUPPO 3g	SW2 in F	810	378	50	3907	-1884	756
GRUPPO 3h	SW2 in A	810	356	50	3793	-1884	713
GRUPPO 2	Treno scarico	54	0	100	127	-380	0
GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1056	235	126	3734	-833	470
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1056	227	126	3689	-833	454
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1140	143	132	3442	-697	285
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1140	235	132	3932	-697	470
GRUPPO 4e	LM71 in F	760	190	88	2797	-1984	380
GRUPPO 4f	LM71 in A	760	314	88	3449	-1984	627
GRUPPO 4g	SW2 in F	648	302	80	3126	-1718	605
GRUPPO 4h	SW2 in A	648	285	80	3035	-1718	570
q _{5,scarico}	Vento a ponte scarico	0	0	6	0	-28	0
q _{5,carico}	Vento a ponte carico	0	0	28	0	-192	0
Q ₄	Centrifuga	0	0	0	0	0	0
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	110	0	440	0	0
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	110	0	440	0	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	116	0	462	0	0
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	116	0	462	0	0
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	78	0	311	0	0
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	78	0	311	0	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	72	0	288	0	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	72	0	288	0	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	110	0	440	0	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	110	0	440	0	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	116	0	462	0	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	116	0	462	0	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	78	0	311	0	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	78	0	311	0	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	72	0	288	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	46 di 99

GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	72	0	288	0	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	42	0	167	0	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	82	0	328	0	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	82	0	328	0	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	85	0	341	0	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	85	0	341	0	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	70	0	280	0	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	70	0	280	0	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	66	0	262	0	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	66	0	262	0	0
GRUPPO 1a	Spettro X	0	145	0	782	0	0
GRUPPO 1b	Spettro X	0	145	0	782	0	0
GRUPPO 1c	Spettro X	0	143	0	764	0	0
GRUPPO 1d	Spettro X	0	143	0	764	0	0
GRUPPO 1e	Spettro X	0	126	0	640	0	0
GRUPPO 1f	Spettro X	0	126	0	640	0	0
GRUPPO 1g	Spettro X	0	128	0	658	0	0
GRUPPO 1h	Spettro X	0	128	0	658	0	0
GRUPPO 3a	Spettro X	0	145	0	782	0	0
GRUPPO 3b	Spettro X	0	145	0	782	0	0
GRUPPO 3c	Spettro X	0	143	0	764	0	0
GRUPPO 3d	Spettro X	0	143	0	764	0	0
GRUPPO 3e	Spettro X	0	126	0	640	0	0
GRUPPO 3f	Spettro X	0	126	0	640	0	0
GRUPPO 3g	Spettro X	0	128	0	658	0	0
GRUPPO 3h	Spettro X	0	128	0	658	0	0
GRUPPO 2	Spettro X	0	109	0	517	0	0
GRUPPO 1a	Spettro Y	0	0	127	0	-649	0
GRUPPO 1b	Spettro Y	0	0	127	0	-649	0
GRUPPO 1c	Spettro Y	0	0	126	0	-640	0
GRUPPO 1d	Spettro Y	0	0	126	0	-640	0
GRUPPO 1e	Spettro Y	0	0	117	0	-579	0
GRUPPO 1f	Spettro Y	0	0	117	0	-579	0
GRUPPO 1g	Spettro Y	0	0	118	0	-588	0
GRUPPO 1h	Spettro Y	0	0	118	0	-588	0
GRUPPO 3a	Spettro Y	0	0	127	0	-649	0
GRUPPO 3b	Spettro Y	0	0	127	0	-649	0
GRUPPO 3c	Spettro Y	0	0	126	0	-640	0
GRUPPO 3d	Spettro Y	0	0	126	0	-640	0
GRUPPO 3e	Spettro Y	0	0	117	0	-579	0
GRUPPO 3f	Spettro Y	0	0	117	0	-579	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10504001	-A	47 di 99

GRUPPO 3g	Spettro Y	0	0	118	0	-588	0
GRUPPO 3h	Spettro Y	0	0	118	0	-588	0
GRUPPO 2	Spettro Y	0	0	109	0	-517	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	267	0	0	630	0	0
	g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	724	0	0	1710	0	0
	GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1760	196	210	5188	-1388	392
	GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1760	189	210	5151	-1388	378
	GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	1899	119	220	5110	-1162	238
	GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	1899	196	220	5518	-1162	392
	GRUPPO 1e	LM71 in F	950	119	110	2869	-2480	238
	GRUPPO 1f	LM71 in A	950	196	110	3276	-2480	392
	GRUPPO 1g	SW2 in F	810	189	100	2910	-2148	378
	GRUPPO 1h	SW2 in A	810	178	100	2852	-2148	356
	GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1760	392	105	6223	-834	784
	GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1760	378	105	6149	-834	756
	GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	1899	238	110	5737	-581	475
	GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	1899	392	110	6553	-581	784
	GRUPPO 3e	LM71 in F	950	238	50	3496	-2163	475
	GRUPPO 3f	LM71 in A	950	392	50	4311	-2163	784
	GRUPPO 3g	SW2 in F	810	378	50	3907	-1884	756
	GRUPPO 3h	SW2 in A	810	356	50	3793	-1884	713
	GRUPPO 2	Treno scarico	54	0	100	127	-380	0
	GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1056	235	126	3734	-833	470
	GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1056	227	126	3689	-833	454
	GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1140	143	132	3442	-697	285
	GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1140	235	132	3932	-697	470
	GRUPPO 4e	LM71 in F	760	190	88	2797	-1984	380
	GRUPPO 4f	LM71 in A	760	314	88	3449	-1984	627
	GRUPPO 4g	SW2 in F	648	302	80	3126	-1718	605
	GRUPPO 4h	SW2 in A	648	285	80	3035	-1718	570
	q5,scarico	Vento a ponte scarico	0	0	6	0	-28	0
	q5,carico	Vento a ponte carico	0	0	28	0	-192	0
	Q4	Centrifuga	0	0	0	0	0	0
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	110	0	440	0	0	
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	110	0	440	0	0	
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	116	0	462	0	0	
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	116	0	462	0	0	
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	78	0	311	0	0	

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE


COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	48 di 99

GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	78	0	311	0	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	72	0	288	0	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	72	0	288	0	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	110	0	440	0	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	110	0	440	0	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	116	0	462	0	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	116	0	462	0	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	78	0	311	0	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	78	0	311	0	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	72	0	288	0	0
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	72	0	288	0	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	42	0	167	0	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	82	0	328	0	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	82	0	328	0	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	85	0	341	0	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	85	0	341	0	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	70	0	280	0	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	70	0	280	0	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	66	0	262	0	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	66	0	262	0	0
GRUPPO 1a	Spettro X	0	145	0	782	0	0
GRUPPO 1b	Spettro X	0	145	0	782	0	0
GRUPPO 1c	Spettro X	0	143	0	764	0	0
GRUPPO 1d	Spettro X	0	143	0	764	0	0
GRUPPO 1e	Spettro X	0	126	0	640	0	0
GRUPPO 1f	Spettro X	0	126	0	640	0	0
GRUPPO 1g	Spettro X	0	128	0	658	0	0
GRUPPO 1h	Spettro X	0	128	0	658	0	0
GRUPPO 3a	Spettro X	0	145	0	782	0	0
GRUPPO 3b	Spettro X	0	145	0	782	0	0
GRUPPO 3c	Spettro X	0	143	0	764	0	0
GRUPPO 3d	Spettro X	0	143	0	764	0	0
GRUPPO 3e	Spettro X	0	126	0	640	0	0
GRUPPO 3f	Spettro X	0	126	0	640	0	0
GRUPPO 3g	Spettro X	0	128	0	658	0	0
GRUPPO 3h	Spettro X	0	128	0	658	0	0
GRUPPO 2	Spettro X	0	109	0	517	0	0
GRUPPO 1a	Spettro Y	0	0	127	0	-649	0
GRUPPO 1b	Spettro Y	0	0	127	0	-649	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0504001	-A	49 di 99

	GRUPPO 1c	Spettro Y	0	0	126	0	-640	0
	GRUPPO 1d	Spettro Y	0	0	126	0	-640	0
	GRUPPO 1e	Spettro Y	0	0	117	0	-579	0
	GRUPPO 1f	Spettro Y	0	0	117	0	-579	0
	GRUPPO 1g	Spettro Y	0	0	118	0	-588	0
	GRUPPO 1h	Spettro Y	0	0	118	0	-588	0
	GRUPPO 3a	Spettro Y	0	0	127	0	-649	0
	GRUPPO 3b	Spettro Y	0	0	127	0	-649	0
	GRUPPO 3c	Spettro Y	0	0	126	0	-640	0
	GRUPPO 3d	Spettro Y	0	0	126	0	-640	0
	GRUPPO 3e	Spettro Y	0	0	117	0	-579	0
	GRUPPO 3f	Spettro Y	0	0	117	0	-579	0
	GRUPPO 3g	Spettro Y	0	0	118	0	-588	0
	GRUPPO 3h	Spettro Y	0	0	118	0	-588	0
	GRUPPO 2	Spettro Y	0	0	109	0	-517	0
Sollecitazioni statiche spalla	g ₁	Peso spalla	3686	0	0	1299	0	0
	g ₁	Rinterro interno	3131	0	0	-2943	0	0
	g ₁	Rinterro esterno	174	0	0	358	0	0
	g ₁	Spinta terre (per STR)	0	1100	0	1927	0	0
	q _{1k}	Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	2238	0	0	-2104	0	0
	q _{1k}	Spinta carico accidentale 50kPa + 10kPa su bandiera(per STR)	0	1023	-627	2711	1661	0
	g ₁	Spinta terre (per GEO)	0	1100	0	1927	0	0
	q _{1k}	Spinta carico accidentale 50kPa +10kPa su bandiera(per GEO)	0	1023	-627	2711	1661	0
Sisma spalla	q ₆	Inerzia spalla dir longitudinale	0	404	0	628	0	0
	q ₆	Inerzia spalla dir trasversale	0	0	0	0	0	0
	q ₆	Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	343	0	1166	0	0
	q ₆	Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale	0	0	0	0	0	0
	q ₆	Incremento di spinta sismica (per STR)	0	309	-189	819	502	0
	q ₆	Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	309	-189	819	502	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0504001	REV. -A

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


	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0504001	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	11272	1486	9	3635	-42	0
SLU_STR_02	17069	3418	-579	12698	223	568
SLU_STR_03	17069	3408	-579	12644	223	548
SLU_STR_04	17272	3315	-564	12618	552	345
SLU_STR_05	17272	3427	-564	13209	552	568
SLU_STR_06	15895	3258	-724	9140	-1360	345
SLU_STR_07	15895	3370	-724	9731	-1360	568
SLU_STR_08	15692	3351	-738	9166	-879	548
SLU_STR_09	15692	3335	-738	9083	-879	517
SLU_STR_010	17069	3702	-731	14198	1027	1137
SLU_STR_011	17069	3682	-731	14091	1027	1096
SLU_STR_012	17272	3487	-724	13528	1394	689
SLU_STR_013	17272	3711	-724	14710	1394	1137
SLU_STR_014	15895	3430	-811	10050	-901	689
SLU_STR_015	15895	3654	-811	11232	-901	1137
SLU_STR_016	15692	3625	-811	10613	-496	1096
SLU_STR_017	15692	3594	-811	10448	-496	1034
SLU_STR_018	14596	3032	-738	4951	1685	0
SLU_STR_019	13824	1935	330	11818	-2186	568
SLU_STR_020	13824	1925	330	11764	-2186	548
SLU_STR_021	14026	1831	345	11738	-1857	345
SLU_STR_022	14026	1943	345	12329	-1857	568
SLU_STR_023	12649	1774	185	8260	-3769	345
SLU_STR_024	12649	1886	185	8851	-3769	568
SLU_STR_025	12447	1868	171	8286	-3288	548
SLU_STR_026	12447	1852	171	8203	-3288	517
SLU_STR_027	13824	2219	178	13318	-1382	1137
SLU_STR_028	13824	2199	178	13211	-1382	1096
SLU_STR_029	14026	2004	185	12647	-1015	689
SLU_STR_030	14026	2227	185	13830	-1015	1137
SLU_STR_031	12649	1947	98	9170	-3310	689
SLU_STR_032	12649	2171	98	10352	-3310	1137

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0504001	-A	57 di 99

SLU_STR_033	12447	2142	98	9733	-2905	1096
SLU_STR_034	12447	2110	98	9568	-2905	1034
SLU_STR_035	11351	1548	171	4071	-724	0
SLV_STR_01	8782	2567	-235	7621	362	78
SLV_STR_02	8782	2565	-235	7613	362	76
SLV_STR_03	8810	2550	-233	7592	410	48
SLV_STR_04	8810	2565	-233	7673	410	78
SLV_STR_05	8620	2525	-258	6990	164	48
SLV_STR_06	8620	2541	-258	7071	164	78
SLV_STR_07	8592	2541	-259	7011	228	76
SLV_STR_08	8592	2539	-259	7000	228	71
SLV_STR_09	8782	2606	-256	7828	472	157
SLV_STR_010	8782	2603	-256	7813	472	151
SLV_STR_011	8810	2574	-255	7717	526	95
SLV_STR_012	8810	2605	-255	7880	526	157
SLV_STR_013	8620	2549	-270	7115	228	95
SLV_STR_014	8620	2580	-270	7278	228	157
SLV_STR_015	8592	2579	-269	7211	281	151
SLV_STR_016	8592	2574	-269	7188	281	143
SLV_STR_017	8441	2477	-262	6289	603	0
SLV_STR_018	8782	1726	-13	5245	-444	78
SLV_STR_019	8782	1725	-13	5238	-444	76
SLV_STR_020	8810	1711	-13	5228	-390	48
SLV_STR_021	8810	1727	-13	5310	-390	78
SLV_STR_022	8620	1699	-43	4713	-592	48
SLV_STR_023	8620	1714	-43	4794	-592	78
SLV_STR_024	8592	1712	-44	4722	-534	76
SLV_STR_025	8592	1710	-44	4710	-534	71
SLV_STR_026	8782	1766	-34	5452	-333	157
SLV_STR_027	8782	1763	-34	5437	-333	151
SLV_STR_028	8810	1735	-35	5354	-274	95
SLV_STR_029	8810	1766	-35	5517	-274	157
SLV_STR_030	8620	1722	-55	4838	-529	95
SLV_STR_031	8620	1753	-55	5001	-529	157
SLV_STR_032	8592	1750	-54	4921	-482	151
SLV_STR_033	8592	1746	-54	4899	-482	143
SLV_STR_034	8441	1663	-54	4099	-110	0
SLE_rara_01	7983	1100	6	2980	-28	0
SLE_rara_02	11981	2429	-400	9215	158	392

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	58 di 99

SLE_rara_03	11981	2422	-400	9178	158	378
SLE_rara_04	12120	2358	-390	9159	384	238
SLE_rara_05	12120	2435	-390	9567	384	392
SLE_rara_06	11171	2320	-500	6766	-934	238
SLE_rara_07	11171	2397	-500	7174	-934	392
SLE_rara_08	11031	2384	-510	6784	-602	378
SLE_rara_09	11031	2374	-510	6727	-602	356
SLE_rara_010	11981	2625	-505	10250	712	784
SLE_rara_011	11981	2611	-505	10176	712	756
SLE_rara_012	12120	2477	-500	9786	965	475
SLE_rara_013	12120	2631	-500	10602	965	784
SLE_rara_014	11171	2439	-560	7393	-617	475
SLE_rara_015	11171	2593	-560	8209	-617	784
SLE_rara_016	11031	2573	-560	7782	-338	756
SLE_rara_017	11031	2552	-560	7668	-338	713
SLE_rara_018	10275	2165	-510	3881	1166	0
SLE_fre_01	7983	1100	3	2980	-14	0
SLE_fre_02	10158	1929	-187	7345	-2	470
SLE_fre_03	10158	1921	-187	7300	-2	454
SLE_fre_04	10241	1840	-181	7066	134	285
SLE_fre_05	10241	1932	-181	7556	134	470
SLE_fre_06	9861	1872	-225	6360	-1153	380
SLE_fre_07	9861	1996	-225	7012	-1153	627
SLE_fre_08	9750	1980	-233	6671	-888	605
SLE_fre_09	9750	1963	-233	6580	-888	570
SLE_QP_01	7983	1100	0	2980	0	0
SLU_GEO_01	8200	1100	8	3493	-36	0
SLU_GEO_02	13197	2767	-499	11308	191	490
SLU_GEO_03	13197	2758	-499	11262	191	473
SLU_GEO_04	13372	2678	-486	11240	475	297
SLU_GEO_05	13372	2774	-486	11750	475	490
SLU_GEO_06	12185	2629	-624	8241	-1174	297
SLU_GEO_07	12185	2725	-624	8750	-1174	490
SLU_GEO_08	12010	2709	-636	8263	-758	473
SLU_GEO_09	12010	2696	-636	8192	-758	446
SLU_GEO_010	13197	3012	-630	12602	884	980
SLU_GEO_011	13197	2995	-630	12509	884	945
SLU_GEO_012	13372	2826	-624	12024	1201	594
SLU_GEO_013	13372	3019	-624	13043	1201	980
SLU_GEO_014	12185	2777	-699	9025	-778	594

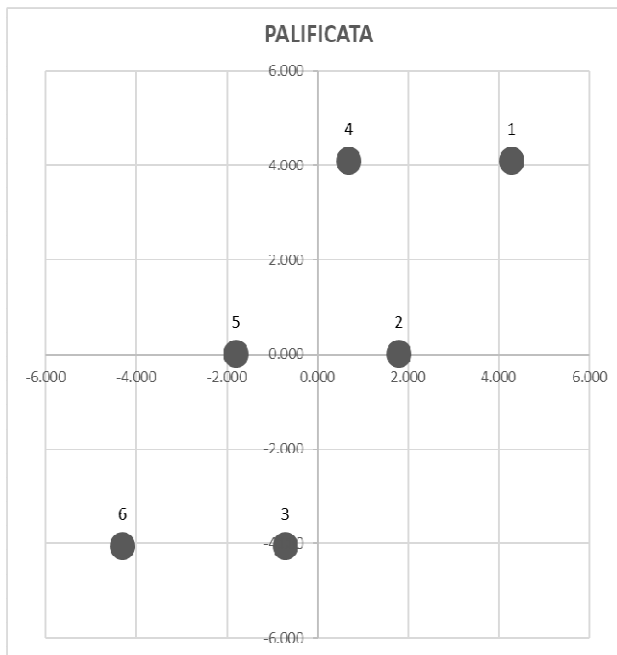
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0504001	-A	59 di 99

SLU_GEO_015	12185	2970	-699	10044	-778	980
SLU_GEO_016	12010	2945	-699	9510	-428	945
SLU_GEO_017	12010	2918	-699	9368	-428	891
SLU_GEO_018	11065	2433	-636	4628	1452	0
SLV_GEO_01	8782	2567	-235	7621	362	78
SLV_GEO_02	8782	2565	-235	7613	362	76
SLV_GEO_03	8810	2550	-233	7592	410	48
SLV_GEO_04	8810	2565	-233	7673	410	78
SLV_GEO_05	8620	2525	-258	6990	164	48
SLV_GEO_06	8620	2541	-258	7071	164	78
SLV_GEO_07	8592	2541	-259	7011	228	76
SLV_GEO_08	8592	2539	-259	7000	228	71
SLV_GEO_09	8782	2606	-256	7828	472	157
SLV_GEO_010	8782	2603	-256	7813	472	151
SLV_GEO_011	8810	2574	-255	7717	526	95
SLV_GEO_012	8810	2605	-255	7880	526	157
SLV_GEO_013	8620	2549	-270	7115	228	95
SLV_GEO_014	8620	2580	-270	7278	228	157
SLV_GEO_015	8592	2579	-269	7211	281	151
SLV_GEO_016	8592	2574	-269	7188	281	143
SLV_GEO_017	8441	2477	-262	6289	603	0
SLV_GEO_018	8782	1726	-13	5245	-444	78
SLV_GEO_019	8782	1725	-13	5238	-444	76
SLV_GEO_020	8810	1711	-13	5228	-390	48
SLV_GEO_021	8810	1727	-13	5310	-390	78
SLV_GEO_022	8620	1699	-43	4713	-592	48
SLV_GEO_023	8620	1714	-43	4794	-592	78
SLV_GEO_024	8592	1712	-44	4722	-534	76
SLV_GEO_025	8592	1710	-44	4710	-534	71
SLV_GEO_026	8782	1766	-34	5452	-333	157
SLV_GEO_027	8782	1763	-34	5437	-333	151
SLV_GEO_028	8810	1735	-35	5354	-274	95
SLV_GEO_029	8810	1766	-35	5517	-274	157
SLV_GEO_030	8620	1722	-55	4838	-529	95
SLV_GEO_031	8620	1753	-55	5001	-529	157
SLV_GEO_032	8592	1750	-54	4921	-482	151
SLV_GEO_033	8592	1746	-54	4899	-482	143
SLV_GEO_034	8441	1630	-54	3944	-110	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: $N_{\text{palo},i} = N/n.\text{pali} + M_y/\Sigma x^2 x_i + M_x/\Sigma y^2 y_i$

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

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

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:

	NP.1 [kN]	NP.3 [kN]	NP.6 [kN]	NP.4 [kN]	TP.1 [kN]	TP.3 [kN]	TP.6 [kN]	TP.4 [kN]	MP.1 [kN]	MP.3 [kN]	MP.6 [kN]	MP.4 [kN]
SLU_STR_01	2228	1824	1529	1933	248	248	248	248	672	672	672	672
SLU_STR_02	4088	2632	1602	3058	578	578	578	578	1568	1568	1568	1568
SLU_STR_03	4083	2633	1607	3057	576	576	576	576	1563	1563	1563	1563
SLU_STR_04	4134	2647	1623	3111	560	560	560	560	1521	1521	1521	1521
SLU_STR_05	4191	2637	1566	3120	579	579	579	579	1571	1571	1571	1571
SLU_STR_06	3451	2589	1848	2709	556	556	556	556	1509	1509	1509	1509
SLU_STR_07	3508	2580	1790	2719	574	574	574	574	1559	1559	1559	1559
SLU_STR_08	3449	2525	1782	2705	572	572	572	572	1552	1552	1552	1552
SLU_STR_09	3441	2527	1790	2704	569	569	569	569	1545	1545	1545	1545
SLU_STR_010	4283	2559	1407	3131	629	629	629	629	1707	1707	1707	1707
SLU_STR_011	4272	2561	1418	3129	626	626	626	626	1698	1698	1698	1698
SLU_STR_012	4274	2581	1483	3177	594	594	594	594	1611	1611	1611	1611
SLU_STR_013	4388	2562	1369	3195	630	630	630	630	1710	1710	1710	1710
SLU_STR_014	3567	2547	1731	2752	587	587	587	587	1594	1594	1594	1594
SLU_STR_015	3681	2528	1617	2770	624	624	624	624	1693	1693	1693	1693
SLU_STR_016	3613	2479	1618	2752	619	619	619	619	1680	1680	1680	1680
SLU_STR_017	3597	2482	1634	2749	614	614	614	614	1666	1666	1666	1666
SLU_STR_018	3015	2252	1850	2614	520	520	520	520	1411	1411	1411	1411
SLU_STR_019	3314	2253	1294	2356	327	327	327	327	888	888	888	888

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10504001	-A	62 di 99

SLU_STR_020	3309	2253	1299	2355	325	325	325	325	883	883	883	883
SLU_STR_021	3360	2267	1315	2408	311	311	311	311	843	843	843	843
SLU_STR_022	3418	2258	1258	2418	329	329	329	329	893	893	893	893
SLU_STR_023	2677	2210	1540	2007	297	297	297	297	807	807	807	807
SLU_STR_024	2734	2200	1483	2016	316	316	316	316	857	857	857	857
SLU_STR_025	2675	2146	1474	2003	313	313	313	313	848	848	848	848
SLU_STR_026	2667	2147	1482	2002	310	310	310	310	841	841	841	841
SLU_STR_027	3509	2180	1099	2428	371	371	371	371	1007	1007	1007	1007
SLU_STR_028	3498	2181	1110	2427	368	368	368	368	998	998	998	998
SLU_STR_029	3500	2201	1176	2474	335	335	335	335	910	910	910	910
SLU_STR_030	3615	2183	1061	2493	373	373	373	373	1011	1011	1011	1011
SLU_STR_031	2793	2167	1424	2049	325	325	325	325	882	882	882	882
SLU_STR_032	2907	2149	1309	2068	362	362	362	362	983	983	983	983
SLU_STR_033	2839	2100	1310	2049	357	357	357	357	970	970	970	970
SLU_STR_034	2823	2102	1326	2047	352	352	352	352	956	956	956	956
SLU_STR_035	2241	1872	1542	1911	260	260	260	260	705	705	705	705
SLV_STR_01	2224	1322	704	1606	430	430	430	430	1166	1166	1166	1166
SLV_STR_02	2223	1322	704	1606	429	429	429	429	1165	1165	1165	1165
SLV_STR_03	2229	1324	708	1613	427	427	427	427	1158	1158	1158	1158
SLV_STR_04	2236	1323	700	1614	429	429	429	429	1165	1165	1165	1165
SLV_STR_05	2124	1317	750	1557	423	423	423	423	1148	1148	1148	1148
SLV_STR_06	2131	1316	742	1558	426	426	426	426	1155	1155	1155	1155
SLV_STR_07	2125	1308	739	1556	426	426	426	426	1155	1155	1155	1155
SLV_STR_08	2124	1308	740	1556	425	425	425	425	1154	1154	1154	1154
SLV_STR_09	2251	1312	677	1616	436	436	436	436	1184	1184	1184	1184
SLV_STR_010	2249	1312	678	1615	436	436	436	436	1183	1183	1183	1183
SLV_STR_011	2248	1315	689	1622	431	431	431	431	1170	1170	1170	1170
SLV_STR_012	2264	1312	673	1624	436	436	436	436	1184	1184	1184	1184
SLV_STR_013	2140	1311	734	1562	427	427	427	427	1159	1159	1159	1159
SLV_STR_014	2155	1308	718	1565	432	432	432	432	1173	1173	1173	1173
SLV_STR_015	2147	1302	717	1563	432	432	432	432	1173	1173	1173	1173
SLV_STR_016	2145	1302	719	1562	431	431	431	431	1171	1171	1171	1171
SLV_STR_017	2053	1271	761	1543	415	415	415	415	1127	1127	1127	1127
SLV_STR_018	1944	1409	983	1519	288	288	288	288	781	781	781	781
SLV_STR_019	1944	1409	984	1519	288	288	288	288	780	780	780	780
SLV_STR_020	1951	1410	986	1527	285	285	285	285	774	774	774	774
SLV_STR_021	1959	1409	978	1528	288	288	288	288	781	781	781	781
SLV_STR_022	1857	1399	1017	1474	283	283	283	283	769	769	769	769
SLV_STR_023	1865	1398	1009	1476	286	286	286	286	776	776	776	776
SLV_STR_024	1856	1391	1008	1473	285	285	285	285	775	775	775	775
SLV_STR_025	1855	1391	1009	1473	285	285	285	285	774	774	774	774
SLV_STR_026	1971	1399	956	1529	294	294	294	294	799	799	799	799
SLV_STR_027	1970	1399	958	1529	294	294	294	294	797	797	797	797
SLV_STR_028	1970	1401	967	1536	289	289	289	289	785	785	785	785
SLV_STR_029	1986	1399	951	1538	294	294	294	294	799	799	799	799

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10504001	-A	63 di 99

SLV_STR_030	1873	1393	1001	1480	287	287	287	287	779	779	779	779
SLV_STR_031	1889	1391	985	1483	292	292	292	292	793	793	793	793
SLV_STR_032	1879	1384	985	1480	292	292	292	292	792	792	792	792
SLV_STR_033	1877	1385	987	1479	291	291	291	291	790	790	790	790
SLV_STR_034	1797	1349	1017	1464	277	277	277	277	752	752	752	752
SLE_rara_01	1617	1285	1044	1376	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE_rara_02	2899	1842	1095	2151	410	410	410	410	1114	1114	1114	1114
SLE_rara_03	2895	1843	1099	2151	409	409	409	409	1110	1110	1110	1110
SLE_rara_04	2930	1853	1110	2188	398	398	398	398	1081	1081	1081	1081
SLE_rara_05	2970	1846	1070	2194	411	411	411	411	1115	1115	1115	1115
SLE_rara_06	2460	1813	1264	1911	396	396	396	396	1073	1073	1073	1073
SLE_rara_07	2499	1806	1225	1917	408	408	408	408	1107	1107	1107	1107
SLE_rara_08	2458	1769	1219	1908	406	406	406	406	1103	1103	1103	1103
SLE_rara_09	2453	1770	1224	1907	405	405	405	405	1098	1098	1098	1098
SLE_rara_010	3033	1792	961	2202	446	446	446	446	1209	1209	1209	1209
SLE_rara_011	3026	1793	968	2200	443	443	443	443	1203	1203	1203	1203
SLE_rara_012	3027	1807	1013	2233	421	421	421	421	1143	1143	1143	1143
SLE_rara_013	3106	1794	934	2246	446	446	446	446	1211	1211	1211	1211
SLE_rara_014	2540	1784	1184	1940	417	417	417	417	1132	1132	1132	1132
SLE_rara_015	2619	1771	1105	1953	442	442	442	442	1200	1200	1200	1200
SLE_rara_016	2571	1737	1106	1940	439	439	439	439	1191	1191	1191	1191
SLE_rara_017	2560	1739	1117	1938	435	435	435	435	1182	1182	1182	1182
SLE_rara_018	2160	1580	1265	1845	371	371	371	371	1006	1006	1006	1006
SLE_fre_01	1618	1284	1043	1376	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE_fre_02	2404	1578	982	1808	323	323	323	323	877	877	877	877
SLE_fre_03	2400	1578	986	1807	322	322	322	322	873	873	873	873
SLE_fre_04	2399	1588	1015	1826	308	308	308	308	836	836	836	836
SLE_fre_05	2447	1580	967	1834	323	323	323	323	878	878	878	878
SLE_fre_06	2189	1614	1099	1673	314	314	314	314	853	853	853	853
SLE_fre_07	2252	1604	1035	1683	335	335	335	335	908	908	908	908
SLE_fre_08	2216	1575	1034	1675	332	332	332	332	902	902	902	902
SLE_fre_09	2208	1576	1042	1674	329	329	329	329	894	894	894	894
SLE_QP_01	1619	1284	1042	1377	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU_GEO_01	1703	1314	1031	1419	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU_GEO_02	3306	2010	1093	2389	469	469	469	469	1272	1272	1272	1272
SLU_GEO_03	3302	2011	1097	2388	467	467	467	467	1268	1268	1268	1268
SLU_GEO_04	3346	2023	1111	2434	454	454	454	454	1231	1231	1231	1231
SLU_GEO_05	3395	2015	1062	2442	469	469	469	469	1274	1274	1274	1274
SLU_GEO_06	2757	1973	1305	2088	450	450	450	450	1222	1222	1222	1222
SLU_GEO_07	2806	1965	1256	2096	466	466	466	466	1264	1264	1264	1264
SLU_GEO_08	2755	1918	1248	2085	464	464	464	464	1259	1259	1259	1259
SLU_GEO_09	2748	1920	1255	2084	462	462	462	462	1253	1253	1253	1253
SLU_GEO_010	3474	1947	925	2452	513	513	513	513	1392	1392	1392	1392
SLU_GEO_011	3465	1949	934	2450	510	510	510	510	1384	1384	1384	1384
SLU_GEO_012	3467	1966	991	2491	482	482	482	482	1309	1309	1309	1309

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10504001	-A	64 di 99

SLU_GEO_013	3565	1950	892	2507	514	514	514	514	1395	1395	1395	1395
SLU_GEO_014	2857	1937	1205	2125	477	477	477	477	1295	1295	1295	1295
SLU_GEO_015	2956	1921	1106	2141	509	509	509	509	1380	1380	1380	1380
SLU_GEO_016	2896	1879	1107	2125	505	505	505	505	1369	1369	1369	1369
SLU_GEO_017	2882	1881	1121	2123	500	500	500	500	1357	1357	1357	1357
SLU_GEO_018	2381	1682	1307	2006	419	419	419	419	1138	1138	1138	1138
SLV_GEO_01	2224	1322	704	1606	430	430	430	430	1166	1166	1166	1166
SLV_GEO_02	2223	1322	704	1606	429	429	429	429	1165	1165	1165	1165
SLV_GEO_03	2229	1324	708	1613	427	427	427	427	1158	1158	1158	1158
SLV_GEO_04	2236	1323	700	1614	429	429	429	429	1165	1165	1165	1165
SLV_GEO_05	2124	1317	750	1557	423	423	423	423	1148	1148	1148	1148
SLV_GEO_06	2131	1316	742	1558	426	426	426	426	1155	1155	1155	1155
SLV_GEO_07	2125	1308	739	1556	426	426	426	426	1155	1155	1155	1155
SLV_GEO_08	2124	1308	740	1556	425	425	425	425	1154	1154	1154	1154
SLV_GEO_09	2251	1312	677	1616	436	436	436	436	1184	1184	1184	1184
SLV_GEO_010	2249	1312	678	1615	436	436	436	436	1183	1183	1183	1183
SLV_GEO_011	2248	1315	689	1622	431	431	431	431	1170	1170	1170	1170
SLV_GEO_012	2264	1312	673	1624	436	436	436	436	1184	1184	1184	1184
SLV_GEO_013	2140	1311	734	1562	427	427	427	427	1159	1159	1159	1159
SLV_GEO_014	2155	1308	718	1565	432	432	432	432	1173	1173	1173	1173
SLV_GEO_015	2147	1302	717	1563	432	432	432	432	1173	1173	1173	1173
SLV_GEO_016	2145	1302	719	1562	431	431	431	431	1171	1171	1171	1171
SLV_GEO_017	2053	1271	761	1543	415	415	415	415	1127	1127	1127	1127
SLV_GEO_018	1944	1409	983	1519	288	288	288	288	781	781	781	781
SLV_GEO_019	1944	1409	984	1519	288	288	288	288	780	780	780	780
SLV_GEO_020	1951	1410	986	1527	285	285	285	285	774	774	774	774
SLV_GEO_021	1959	1409	978	1528	288	288	288	288	781	781	781	781
SLV_GEO_022	1857	1399	1017	1474	283	283	283	283	769	769	769	769
SLV_GEO_023	1865	1398	1009	1476	286	286	286	286	776	776	776	776
SLV_GEO_024	1856	1391	1008	1473	285	285	285	285	775	775	775	775
SLV_GEO_025	1855	1391	1009	1473	285	285	285	285	774	774	774	774
SLV_GEO_026	1971	1399	956	1529	294	294	294	294	799	799	799	799
SLV_GEO_027	1970	1399	958	1529	294	294	294	294	797	797	797	797
SLV_GEO_028	1970	1401	967	1536	289	289	289	289	785	785	785	785
SLV_GEO_029	1986	1399	951	1538	294	294	294	294	799	799	799	799
SLV_GEO_030	1873	1393	1001	1480	287	287	287	287	779	779	779	779
SLV_GEO_031	1889	1391	985	1483	292	292	292	292	793	793	793	793
SLV_GEO_032	1879	1384	985	1480	292	292	292	292	792	792	792	792
SLV_GEO_033	1877	1385	987	1479	291	291	291	291	790	790	790	790
SLV_GEO_034	1782	1352	1032	1462	272	272	272	272	738	738	738	738

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	20	D 26	CLVI0504001	-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]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
SLU STR	MIN	2228	1824	1061	1911	248	248	248	248	672	672	672	672
SLU STR	MAX	4388	2647	1850	3195	630	630	630	630	1710	1710	1710	1710
SLV STR	MIN	1797	1271	673	1464	277	277	277	277	752	752	752	752
SLV STR	MAX	2264	1410	1017	1624	436	436	436	436	1184	1184	1184	1184
SLE RARA	MIN	1617	1285	934	1376	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE RARA	MAX	3106	1853	1265	2246	446	446	446	446	1211	1211	1211	1211
SLE FREQ	MIN	1618	1284	967	1376	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE FREQ	MAX	2447	1614	1099	1834	335	335	335	335	908	908	908	908
SLE QP	MIN	1619	1284	1042	1377	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE QP	MAX	1619	1284	1042	1377	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MIN	1703	1314	892	1419	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MAX	3565	2023	1307	2507	514	514	514	514	1395	1395	1395	1395
SLV GEO	MIN	1782	1271	673	1462	272	272	272	272	738	738	738	738
SLV GEO	MAX	2264	1410	1032	1624	436	436	436	436	1184	1184	1184	1184

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]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
SLU STR	MIN	1682	1276	511	1363	248	248	248	248	672	672	672	672
SLU STR	MAX	3842	2098	1300	2647	630	630	630	630	1710	1710	1710	1710
SLV STR	MIN	1797	1271	673	1464	277	277	277	277	752	752	752	752
SLV STR	MAX	2264	1410	1017	1624	436	436	436	436	1184	1184	1184	1184
SLE RARA	MIN	1617	1285	934	1376	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE RARA	MAX	3106	1853	1265	2246	446	446	446	446	1211	1211	1211	1211
SLE FREQ	MIN	1618	1284	967	1376	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE FREQ	MAX	2447	1614	1099	1834	335	335	335	335	908	908	908	908
SLE QP	MIN	1619	1284	1042	1377	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE QP	MAX	1619	1284	1042	1377	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MIN	1617	1286	906	1375	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MAX	3479	1995	1321	2463	514	514	514	514	1395	1395	1395	1395

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	66 di 99

SLV GEO	MIN	1782	1271	673	1462	272	272	272	272	738	738	738	738
SLV GEO	MAX	2264	1410	1032	1624	436	436	436	436	1184	1184	1184	1184

9 VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE

Diametro del palo: 1200mm
 Copriferro: 60mm
 Armatura longitudinale: 45 ϕ 26
 Staffatura: ϕ 16 passo 15cm

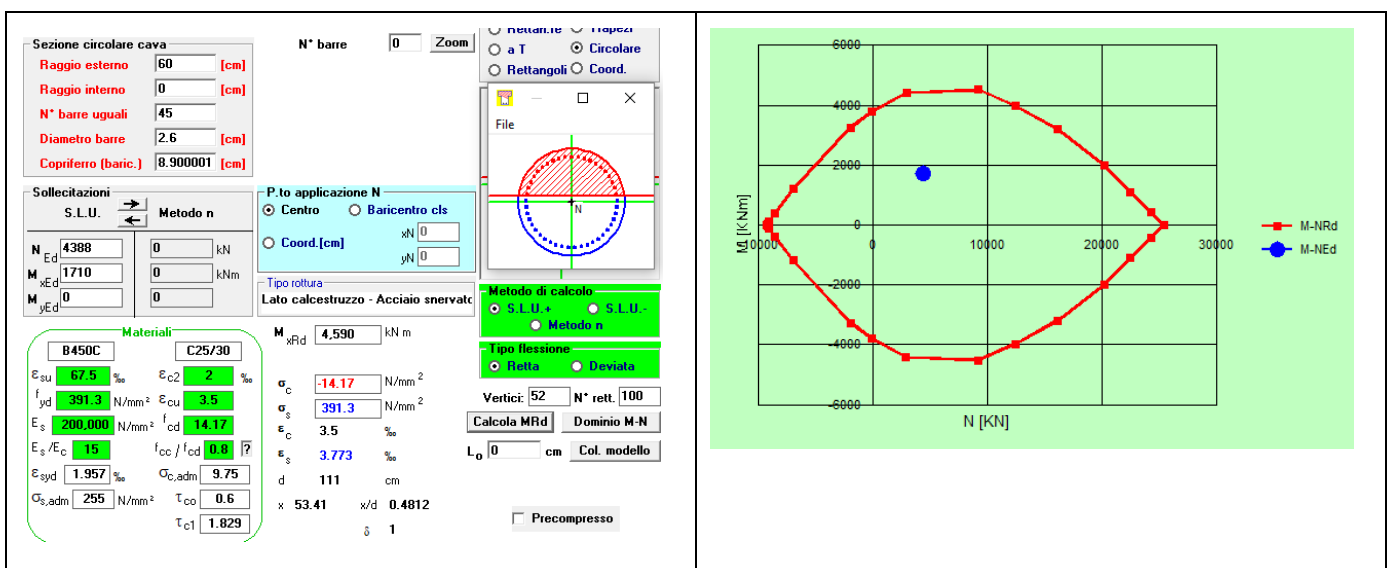
9.1 Verifica a pressoflessione allo SLU

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)	4388	2264
M (kNm)	1710	1184
Nmin (kN)	511	673
M (kNm)	1011	1184

Verifiche:



RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10504001	-A	68 di 99

Titolo : _____

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}: 2264 0 kN
M_{xEd}: 1184 0 kNm
M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

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 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

Metodo di calcolo

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

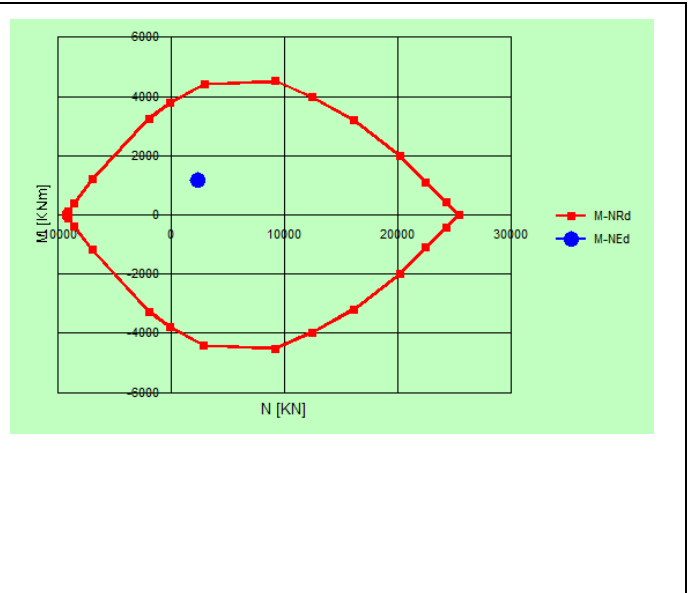
Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀: 0 cm Col. modello

M_{xRd} : 4.318 kNm
 σ_c : -14.17 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 5.128 ‰
d: 111 cm
x: 45.02 x/d: 0.4057
 δ : 0.9471

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}: 511 0 kN
M_{xEd}: 1011 0 kNm
M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

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 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

Metodo di calcolo

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

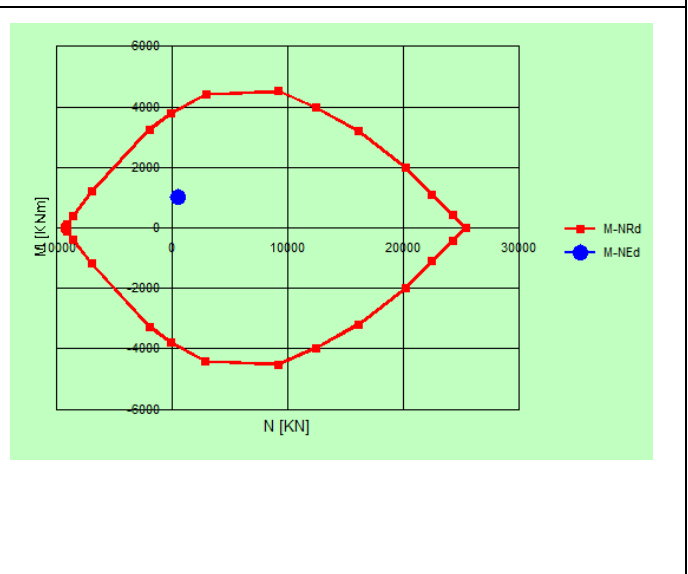
Tipo flessione

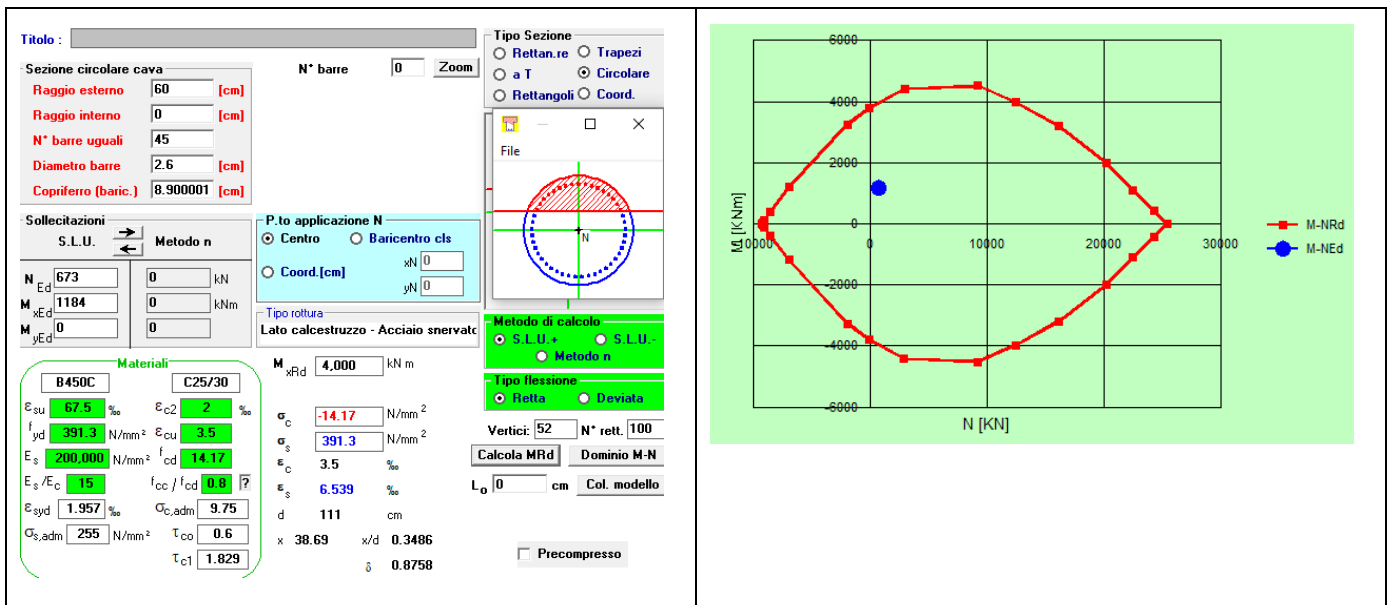
Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀: 0 cm Col. modello

M_{xRd} : 3.964 kNm
 σ_c : -14.17 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 6.705 ‰
d: 111 cm
x: 38.06 x/d: 0.343
 δ : 0.8687

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)	3106	2447	1619
M (kNm)	1211	878	498
Nmin (kN)	1617	1618	1619
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:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 2 - QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0504001	REV. -A

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

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

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

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: $w_1 = 0.2 \text{ mm}$, $w_2 = 0.3 \text{ mm}$, $w_3 = 0.4 \text{ mm}$.

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;

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)	-2.64	-0.85

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	519.3	kg/cm ²
σ _{sr}	503.2	kg/cm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.53	-
E	2100000	kg/cm ²
ε _{sr}	0.0001312	-
w _m	0.0280	mm
w _k	0.0476	mm
w limite	0.2	mm
Verifica	OK	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 2 - QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0504001	REV. -A

9.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni 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.	Comb.
	N _{max}	N _{min}
σ_{c_RARA} (MPa)	7.4	3.2
$\sigma_{c_QuasiPERM}$ (MPa)	3.2	3.2

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}
σ_{s_RARA} (MPa)	-51.9	-13.9

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.

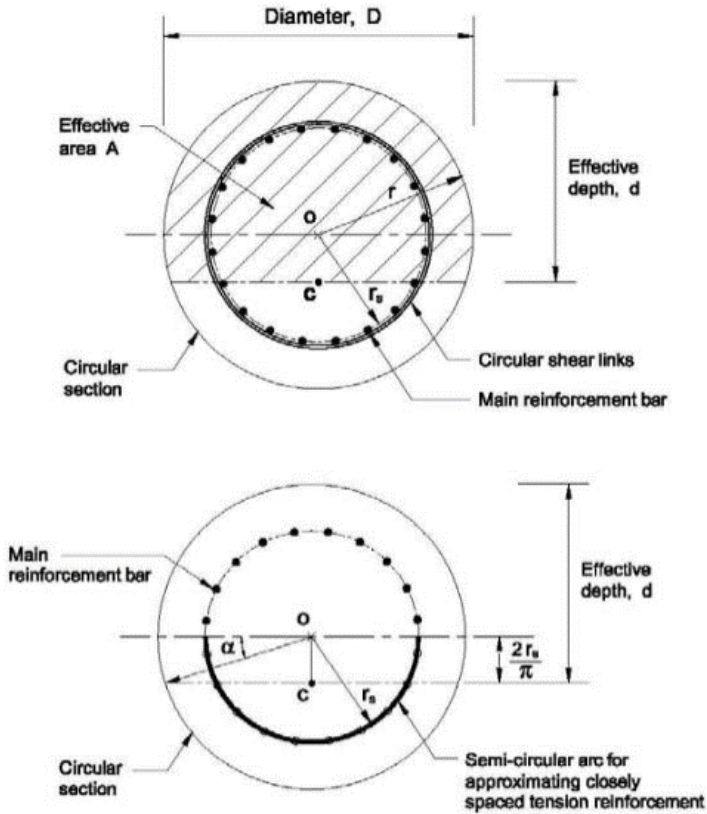
Per il calcolo della resistenza si fa riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3.2 NTC08 (Elementi dotati di armature resistenti a taglio).

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	20	D 26	CLVI0504001	-A	74 di 99



Armatura trasversale: staffatura passo 15 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	20	D 26	CLVI0504001	-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_l	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	kN	
Taglio agente	630	kN	
NON SODDISFA	FS	0.96	E' necessario disporre specifica armatura a taglio

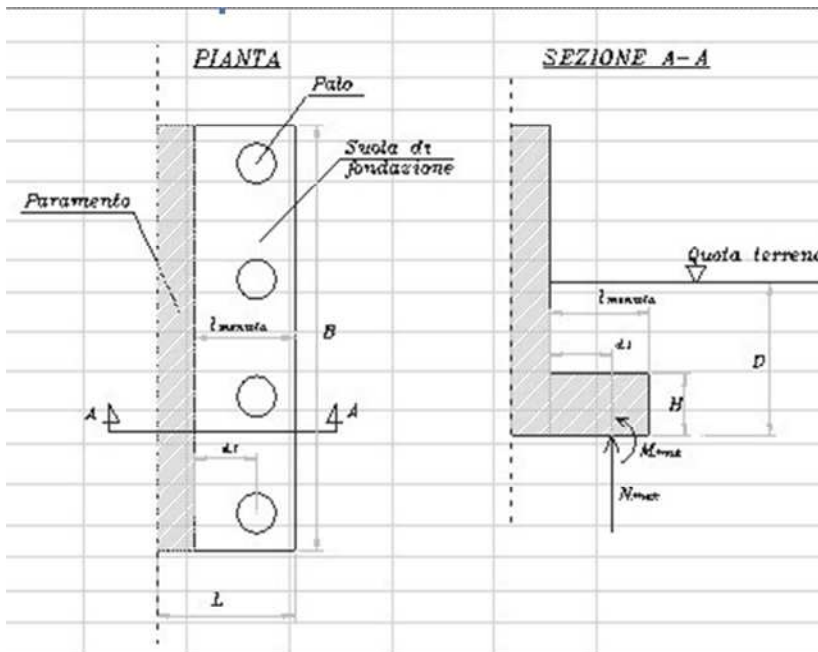
Con specifica armatura a taglio

f_{yd}	391.3	MPa	
$f'_{cd} = 0.5f_{cd}$	7.1	MPa	
n. braccia	2		
\emptyset	16	mm	
A_{sw}	401.92	mm ²	
Passo	0.15	m	
V_{Rsd}	873.3	kN	
V_{Rcd}	5941.0	kN	
$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}; V_{Rcd})$	873.3	kN	
Taglio agente	630	kN	
Verifica soddisfatta	FS	1.39	

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}	4.45 m	
d_1	3.09 m	distanza pali dal setto
i	4.78 m	interasse pali

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	77 di 99

	$N_{MAX,P}$ [kN]	V_p [kN]	$N_{MIN,P}$ [kN]	V_p [kN]	N_p = azione assiale sul palo V_p = azione orizzontale sul palo
SLU STR	1318	630	-654	248	
SLV STR	618	436	-333	277	
SLE RARA	941	446	-370	183	
SLE FREQ	716	335	-151	183	
SLE Q.P.	446	183	110	183	

Sollecitazioni all'incastro della mensola:

	N_{MAX}			N_{MIN}		
	M [kNm] = $N_p \times d_1$	N (>0 traz) [kN] = V_p	V [kN] = N_p	M [kNm] = $N_p \times d_1$	N (>0 traz) [kN] = V_p	V [kN] = N_p
SLU STR	4074	630	1318	-2020	248	-654
SLV STR	1910	436	618	-1029	277	-333
SLE RARA	2908	446	941	-1144	183	-370
SLE FREQ	2212	335	716	-466	183	-151
SLE Q.P.	1377	183	446	341	183	110

Sollecitazioni all'incastro della mensola a metro lineare:

Lunghezza di ripartizione

3.69 m

	N_{MAX}			N_{MIN}		
	M [kNm] = $N_p \times d_1$	N (>0 traz) [kN] = V_p	V [kN] = N_p	M [kNm] = $N_p \times d_1$	N (>0 traz) [kN] = V_p	V [kN] = N_p
SLU STR	1104.1	170.8	357.3	-547.4	67.1	-177.1
SLV STR	517.7	118.3	167.5	-278.9	75.1	-90.2
SLE RARA	788.2	121.0	255.1	-310.0	49.7	-100.3
SLE FREQ	599.3	90.7	194.0	-126.4	49.7	-40.9
SLE Q.P.	373.2	49.7	120.8	92.4	49.7	29.9

10.2 Verifica a pressoflessione

Spessore: 150cm

Copriferro: 40mm

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	78 di 99

Armatura longitudinale estradosso: $\phi 24/15$

Armatura longitudinale intradosso: $\phi 24/15$

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: 3.69m (distanza tra bordo fondazione e interasse pali in direzione trasversale (Y)).

Tirante-Puntone

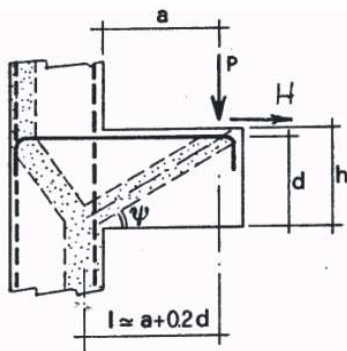


Figura 15: meccanismo di tirante-puntone

Le forze che entrano in gioco sono:

- P reazione vincolare del micropalo
- H azione tagliante 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) $R_s = [(A_s \cdot f_{yd} - H) \cdot 0,9d / L > P$

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

TIRANTE - PUNTONE Nmax (Armature intradosso)

	SLU STR	SLV STR	
P (kN)	1318	618	Reazione palo
H (kN)	630	436	Azione tagliante orizzontale
Azioni a ml di fondazione			
P/ml (kN/m)	357.3	167.5	

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	79 di 99

H/ml (kN/m)	170.8	118.3			
A_s	3014.4	mm ² /m	ϕ	24	/ 15
f_{yd}	391.3	MPa			
d	1.45	m			
a	3.09	m			
l=a+0.2d	3.38	m			
R_s (kN/m)	454.78	454.80	Resistenza tirante armatura = $(A_s * f_{yd} - H) * 0.9 * d / L$		
$R_s \geq P$	OK	OK			
FS=	1.27	2.71			
f_{cd}	14.11	MPa			
$\lambda = L/d$	2.33				
b	1	m			
c	1.5				
R_c	1901.3	kN/m	Resistenza biella calcestruzzo = $0.4 * b * d * f_{cd} * c / (1 + \lambda^2)$		
$R_c \geq R_s$	OK	OK			
FS=	4.18	4.18			

TIRANTE - PUNTONE Nmix (Armature estradosso)

	SLV STR	SLE RARA			
P (kN)	-654	-333	Reazione palo		
H (kN)	248	277	Azione tagliante orizzontale		
Azioni a ml di fondazione					
P/ml (kN/m)	-177.1	-90.2			
H/ml (kN/m)	67.1	75.1			
A_s	3014.4	mm ² /m	ϕ	24	/ 15
f_{yd}	391.3	MPa			
d	1.45	m			
a	3.09	m			
l=a+0.2d	3.38	m			
R_s (kN/m)	454.82	454.81	Resistenza tirante armatura = $(A_s * f_{yd} - H) * 0.9 * d / L$		
$R_s \geq P$	OK	OK			
FS=	2.57	5.04			
f_{cd}	14.11	MPa			
$\lambda = L/d$	2.33				
b	1	m			
c	1.5				
R_c	1901.3	kN/m	Resistenza biella calcestruzzo = $0.4 * b * d * f_{cd} * c / (1 + \lambda^2)$		

$R_c \geq R_s$ **OK** **OK**
 $FS =$ **4.18** **4.18**

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)	-1.89	-0.75

Non si 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 le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

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

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

In particolare si ha:

	Comb.	Comb.
	N_{max}	N_{min}
σ_{c_RARA} (MPa)	3.09	1.21
$\sigma_{c_QuasiPERM}$ (MPa)	1.47	0.32

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:

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	81 di 99

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

Si ha:

	Comb. N _{max}	Comb. N _{min}
σ_{s_RARA} (MPa)	-210.60	-83.16

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: 357.3 kN/m (SLU STR)

Senza specifica armatura a taglio

Altezza utile (d)	1428	mm
k	1.37	
f _{ck}	24.90	MPa
A _{sl}	30.2	cmq
b _w	1.00	m
r _l	0.00212	-
S _{cp}	0.0	MPa
V _{min}	0.281	MPa
V1	409.9	kN
V2	401.8	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	409.9	kN
Taglio agente	357.3	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.15

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>	267	0	0	130	0
<i>g2</i>	<i>Sovraccarichi permanenti impalcato</i>	724	0	0	353	0
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1760	196	210	1598	-548
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1760	189	210	1571	-548
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	1899	119	220	1374	-282
GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	1899	196	220	1666	-282
GRUPPO 1e	LM71 in F	950	119	110	912	-2040
GRUPPO 1f	LM71 in A	950	196	110	1203	-2040
GRUPPO 1g	SW2 in F	810	189	100	1109	-1748
GRUPPO 1h	SW2 in A	810	178	100	1068	-1748
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1760	392	105	2339	-414
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1760	378	105	2286	-414
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	1899	238	110	1823	-141
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	1899	392	110	2407	-141
GRUPPO 3e	LM71 in F	950	238	50	1361	-1963
GRUPPO 3f	LM71 in A	950	392	50	1944	-1963
GRUPPO 3g	SW2 in F	810	378	50	1823	-1684
GRUPPO 3h	SW2 in A	810	356	50	1742	-1684
GRUPPO 2	<i>Treno scarico</i>	54	0	100	26	20
GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1056	235	126	1403	-329
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1056	227	126	1371	-329
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1140	143	132	1094	-169
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1140	235	132	1444	-169
GRUPPO 4e	LM71 in F	760	190	88	1089	-1632
GRUPPO 4f	LM71 in A	760	314	88	1556	-1632
GRUPPO 4g	SW2 in F	648	302	80	1459	-1398
GRUPPO 4h	SW2 in A	648	285	80	1393	-1398
<i>q5,scarico</i>	<i>Vento a ponte scarico</i>	0	0	6	0	-19
<i>q5,carico</i>	<i>Vento a ponte carico</i>	0	0	28	0	-150

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	83 di 99

Q4	Centrifuga	0	0	0	0	0
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	110	0	275	0
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	110	0	275	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	116	0	289	0
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	116	0	289	0
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	78	0	194	0
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	78	0	194	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	72	0	180	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	72	0	180	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	110	0	275	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	110	0	275	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	116	0	289	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	116	0	289	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	78	0	194	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	78	0	194	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	72	0	180	0
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	72	0	180	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	42	0	105	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	82	0	205	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	82	0	205	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	85	0	213	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	85	0	213	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	70	0	175	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	70	0	175	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	66	0	164	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	66	0	164	0
Spettro X	Spettro X	0	145	0	564	0
Spettro X	Spettro X	0	145	0	564	0
Spettro X	Spettro X	0	143	0	550	0
Spettro X	Spettro X	0	143	0	550	0
Spettro X	Spettro X	0	126	0	452	0
Spettro X	Spettro X	0	126	0	452	0
Spettro X	Spettro X	0	128	0	466	0
Spettro X	Spettro X	0	128	0	466	0
Spettro X	Spettro X	0	145	0	564	0
Spettro X	Spettro X	0	145	0	564	0
Spettro X	Spettro X	0	143	0	550	0
Spettro X	Spettro X	0	143	0	550	0
Spettro X	Spettro X	0	126	0	452	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	84 di 99

Spettro X	Spettro X	0	126	0	452	0
Spettro X	Spettro X	0	128	0	466	0
Spettro X	Spettro X	0	128	0	466	0
Spettro X	Spettro X	0	109	0	354	0
Spettro Y	Spettro Y	0	0	127	0	-142
Spettro Y	Spettro Y	0	0	127	0	-142
Spettro Y	Spettro Y	0	0	126	0	-138
Spettro Y	Spettro Y	0	0	126	0	-138
Spettro Y	Spettro Y	0	0	117	0	-110
Spettro Y	Spettro Y	0	0	117	0	-110
Spettro Y	Spettro Y	0	0	118	0	-114
Spettro Y	Spettro Y	0	0	118	0	-114
Spettro Y	Spettro Y	0	0	127	0	-142
Spettro Y	Spettro Y	0	0	127	0	-142
Spettro Y	Spettro Y	0	0	126	0	-138
Spettro Y	Spettro Y	0	0	126	0	-138
Spettro Y	Spettro Y	0	0	117	0	-110
Spettro Y	Spettro Y	0	0	117	0	-110
Spettro Y	Spettro Y	0	0	118	0	-114
Spettro Y	Spettro Y	0	0	118	0	-114
Spettro Y	Spettro Y	0	0	109	0	-83
g1	Peso spalla (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	0	0	109	0	-83
g1	Rinterro interno	889	0	0	-54	0
g1	Rinterro esterno	0	0	0	0	0
g1	Spinta terre (per STR)	0	0	0	0	0
q1k	Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	0	602	0	762	0
q1k	Spinta carico accidentale 50kN/mq	0	0	0	0	0
g1	Spinta terre (per GEO)	0	860	0	1634	0
q1k	Spinta carico accidentale 50kPa +10kPa su bandiera(per GEO)	0	736	0	932	0
q6	Inerzia spalla dir longitudinale (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	0	1052	0	1999	0
q6	Inerzia spalla dir trasversale (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	0	83	51	131	-80
q6	Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	-51	83	-80	-131
q6	Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale	0	0	0	0	0
q6	Incremento di spinta sismica (per STR)	0	0	0	0	0
q6	Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	171	0	326	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.

	N	F_L=F_x	F_T=F_y	M_{Long}=M_y	M_{Trasv}=M_x
Combo	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
SLU_STR_01	2539	812	9	1608	-29
SLU_STR_02	5090	2509	330	6708	-930
SLU_STR_03	5090	2499	330	6669	-930
SLU_STR_04	5293	2405	345	6404	-543
SLU_STR_05	5293	2517	345	6827	-543
SLU_STR_06	3916	2348	185	5591	-3093
SLU_STR_07	3916	2460	185	6014	-3093
SLU_STR_08	3713	2442	171	5856	-2669
SLU_STR_09	3713	2426	171	5797	-2669
SLU_STR_010	5090	2793	178	7782	-735
SLU_STR_011	5090	2773	178	7705	-735
SLU_STR_012	5293	2578	185	7055	-339
SLU_STR_013	5293	2802	185	7902	-339
SLU_STR_014	3916	2521	98	6242	-2982
SLU_STR_015	3916	2745	98	7089	-2982
SLU_STR_016	3713	2716	98	6892	-2576
SLU_STR_017	3713	2684	98	6774	-2576
SLU_STR_018	2617	2122	171	4173	-106
SLU_STR_019	5090	1262	330	4338	-930
SLU_STR_020	5090	1251	330	4299	-930
SLU_STR_021	5293	1158	345	4034	-543
SLU_STR_022	5293	1270	345	4457	-543
SLU_STR_023	3916	1101	185	3221	-3093
SLU_STR_024	3916	1213	185	3644	-3093
SLU_STR_025	3713	1194	171	3486	-2669
SLU_STR_026	3713	1179	171	3427	-2669
SLU_STR_027	5090	1546	178	5412	-735
SLU_STR_028	5090	1525	178	5335	-735
SLU_STR_029	5293	1330	185	4685	-339
SLU_STR_030	5293	1554	185	5532	-339
SLU_STR_031	3916	1273	98	3872	-2982
SLU_STR_032	3916	1497	98	4719	-2982

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0504001	-A	86 di 99

SLU_STR_033	3713	1468	98	4522	-2576
SLU_STR_034	3713	1437	98	4404	-2576
SLU_STR_035	2617	875	171	1803	-106
SLV_STR_01	2233	1219	156	2890	-272
SLV_STR_02	2233	1218	156	2884	-272
SLV_STR_03	2260	1202	157	2833	-217
SLV_STR_04	2260	1218	157	2892	-217
SLV_STR_05	2071	1178	133	2624	-561
SLV_STR_06	2071	1193	133	2682	-561
SLV_STR_07	2043	1193	131	2675	-503
SLV_STR_08	2043	1191	131	2667	-503
SLV_STR_09	2233	1258	135	3038	-245
SLV_STR_010	2233	1256	135	3027	-245
SLV_STR_011	2260	1226	135	2923	-189
SLV_STR_012	2260	1257	135	3040	-189
SLV_STR_013	2071	1202	121	2714	-545
SLV_STR_014	2071	1232	121	2831	-545
SLV_STR_015	2043	1231	121	2818	-491
SLV_STR_016	2043	1227	121	2801	-491
SLV_STR_017	1891	1130	128	2331	-140
SLV_STR_018	2233	904	267	2119	-407
SLV_STR_019	2233	903	267	2113	-407
SLV_STR_020	2260	889	268	2073	-349
SLV_STR_021	2260	904	268	2131	-349
SLV_STR_022	2071	876	237	1932	-674
SLV_STR_023	2071	892	237	1990	-674
SLV_STR_024	2043	890	237	1973	-619
SLV_STR_025	2043	888	237	1964	-619
SLV_STR_026	2233	943	246	2267	-380
SLV_STR_027	2233	940	246	2256	-380
SLV_STR_028	2260	913	246	2162	-321
SLV_STR_029	2260	944	246	2279	-321
SLV_STR_030	2071	900	225	2022	-658
SLV_STR_031	2071	931	225	2138	-658
SLV_STR_032	2043	928	227	2115	-606
SLV_STR_033	2043	923	227	2099	-606
SLV_STR_034	1891	840	227	1707	-234
SLE_rara_01	1881	602	6	1191	-19
SLE_rara_02	3640	1768	227	4699	-638

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0504001	-A	87 di 99

SLE_rara_03	3640	1761	227	4672	-638
SLE_rara_04	3780	1696	237	4489	-371
SLE_rara_05	3780	1774	237	4781	-371
SLE_rara_06	2830	1658	127	3931	-2130
SLE_rara_07	2830	1736	127	4223	-2130
SLE_rara_08	2691	1723	117	4115	-1838
SLE_rara_09	2691	1712	117	4074	-1838
SLE_rara_010	3640	1964	122	5440	-504
SLE_rara_011	3640	1950	122	5387	-504
SLE_rara_012	3780	1815	127	4938	-231
SLE_rara_013	3780	1970	127	5522	-231
SLE_rara_014	2830	1777	67	4380	-2053
SLE_rara_015	2830	1932	67	4964	-2053
SLE_rara_016	2691	1912	67	4829	-1774
SLE_rara_017	2691	1890	67	4748	-1774
SLE_rara_018	1935	1504	117	2957	-70
SLE_fre_01	1881	602	3	1191	-10
SLE_fre_02	2936	1349	126	3617	-329
SLE_fre_03	2936	1341	126	3585	-329
SLE_fre_04	3020	1260	132	3315	-169
SLE_fre_05	3020	1352	132	3666	-169
SLE_fre_06	2640	1292	88	3272	-1632
SLE_fre_07	2640	1415	88	3739	-1632
SLE_fre_08	2529	1400	80	3631	-1398
SLE_fre_09	2529	1383	80	3566	-1398
SLE_QP_01	1881	602	0	1191	0
SLU_GEO_01	2098	736	8	1467	-25
SLU_GEO_02	4298	2439	285	6320	-802
SLU_GEO_03	4298	2430	285	6287	-802
SLU_GEO_04	4472	2350	297	6059	-469
SLU_GEO_05	4472	2446	297	6424	-469
SLU_GEO_06	3285	2300	160	5357	-2667
SLU_GEO_07	3285	2397	160	5722	-2667
SLU_GEO_08	3110	2381	147	5586	-2302
SLU_GEO_09	3110	2367	147	5535	-2302
SLU_GEO_010	4298	2684	153	7247	-634
SLU_GEO_011	4298	2666	153	7180	-634
SLU_GEO_012	4472	2498	160	6620	-293
SLU_GEO_013	4472	2691	160	7350	-293

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0504001	-A	88 di 99

SLU_GEO_014	3285	2449	85	5918	-2571
SLU_GEO_015	3285	2642	85	6648	-2571
SLU_GEO_016	3110	2617	85	6479	-2222
SLU_GEO_017	3110	2590	85	6377	-2222
SLU_GEO_018	2165	2105	147	4134	-92
SLV_GEO_01	2233	1392	156	3132	-272
SLV_GEO_02	2233	1390	156	3127	-272
SLV_GEO_03	2260	1375	157	3076	-217
SLV_GEO_04	2260	1390	157	3135	-217
SLV_GEO_05	2071	1350	133	2867	-561
SLV_GEO_06	2071	1366	133	2925	-561
SLV_GEO_07	2043	1366	131	2917	-503
SLV_GEO_08	2043	1363	131	2909	-503
SLV_GEO_09	2233	1431	135	3280	-245
SLV_GEO_010	2233	1428	135	3270	-245
SLV_GEO_011	2260	1399	135	3166	-189
SLV_GEO_012	2260	1430	135	3283	-189
SLV_GEO_013	2071	1374	121	2957	-545
SLV_GEO_014	2071	1405	121	3073	-545
SLV_GEO_015	2043	1403	121	3060	-491
SLV_GEO_016	2043	1399	121	3044	-491
SLV_GEO_017	1891	1302	128	2574	-140
SLV_GEO_018	2233	1076	267	2361	-407
SLV_GEO_019	2233	1075	267	2356	-407
SLV_GEO_020	2260	1061	268	2315	-349
SLV_GEO_021	2260	1077	268	2374	-349
SLV_GEO_022	2071	1049	237	2174	-674
SLV_GEO_023	2071	1064	237	2233	-674
SLV_GEO_024	2043	1062	237	2215	-619
SLV_GEO_025	2043	1060	237	2207	-619
SLV_GEO_026	2233	1116	246	2510	-380
SLV_GEO_027	2233	1113	246	2499	-380
SLV_GEO_028	2260	1085	246	2405	-321
SLV_GEO_029	2260	1116	246	2522	-321
SLV_GEO_030	2071	1072	225	2264	-658
SLV_GEO_031	2071	1103	225	2381	-658
SLV_GEO_032	2043	1100	227	2358	-606
SLV_GEO_033	2043	1096	227	2342	-606
SLV_GEO_034	1891	980	227	1844	-234

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.

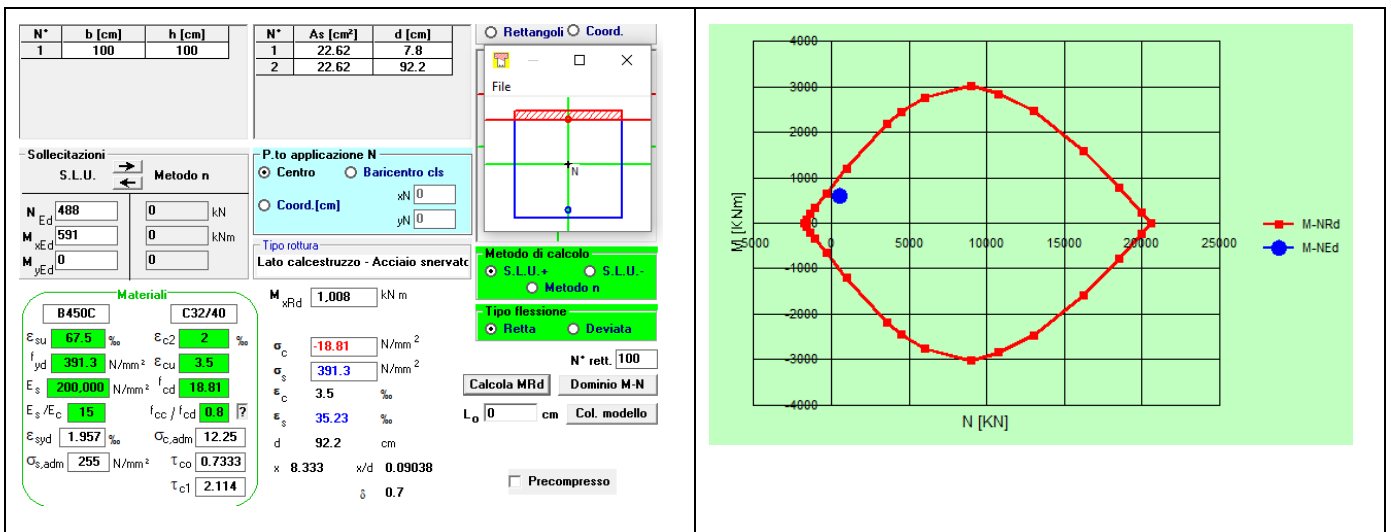
11.3.1 SLU

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)	488	174	488
M (kNm/m)	591	215	729

Verifiche:



RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10504001	-A	90 di 99

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	100	1	22.62	7.8
			2	22.62	92.2

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

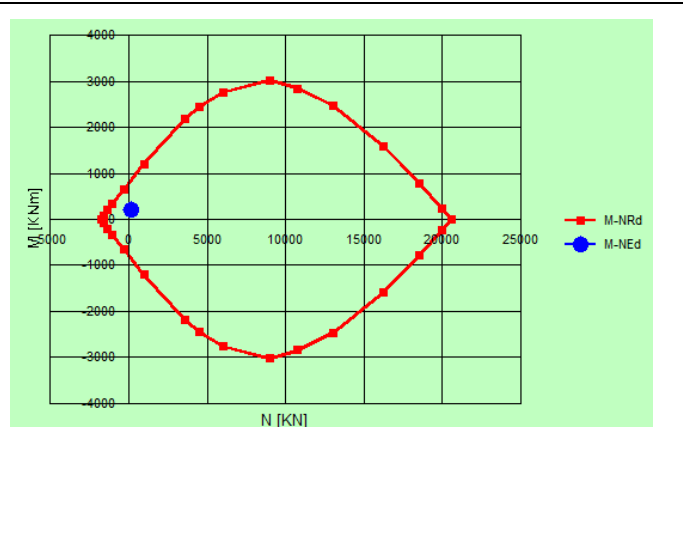
Tipo flessione: Retta Deviata

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 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

M_{xRd} 873.7 kNm
 σ_c -18.81 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 39.88 ‰
 d 92.2 cm
 x 7.438 x/d 0.08067
 δ 0.7

Calcola MRd Dominio M-N



N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	100	1	22.62	7.8
			2	22.62	92.2

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

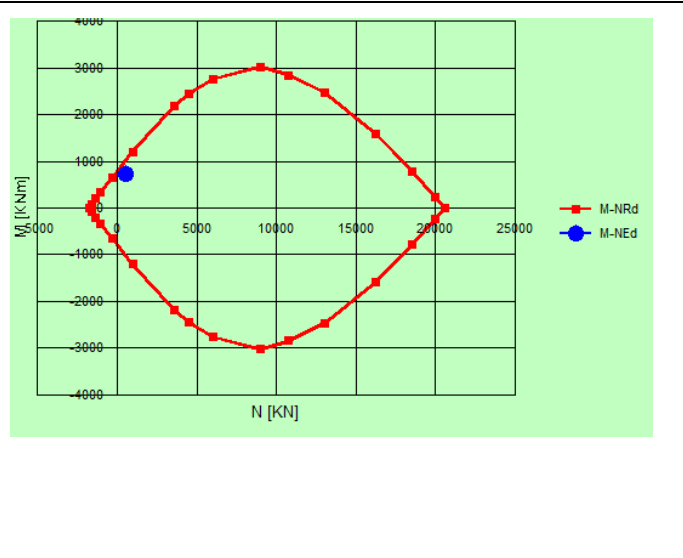
Tipo flessione: Retta Deviata

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 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

M_{xRd} 1,008 kNm
 σ_c -18.81 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 35.23 ‰
 d 92.2 cm
 x 8.333 x/d 0.09038
 δ 0.7

Calcola MRd Dominio M-N



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)	349	173	349
M (kNm/m)	414	110	509

SLE FREQUENTI

	N_{max}	N_{min}	M_{max}
N (kN/m)	279	173	244
M (kNm/m)	306	110	345

SLE QUASI PERMANENTI (unica combinazione)

N (kN/m)	173
M (kNm/m)	110

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)	-1.84	-0.41	-2.34

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 le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni 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)	4.14	1.07	5.08
$\sigma_{c_QuasiPERM}$ (MPa)	1.07		

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)	-144.16	-23.96	-192.86

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: 258 kN/m (SLU_STR_010)

Senza specifica armatura a taglio

Altezza utile (d)	918	mm
k	1.47	
f _{ck}	33.20	MPa
A _{sl}	22.7	cmq

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0504001	-A	93 di 99

b_w	1.00	m
r_l	0.00247	-
S_{cp}	0.0	MPa
V_{min}	0.358	MPa
V1	325.9	kN
V2	328.9	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	328.9	kN
Taglio agente	258.0	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.27

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

12.1 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

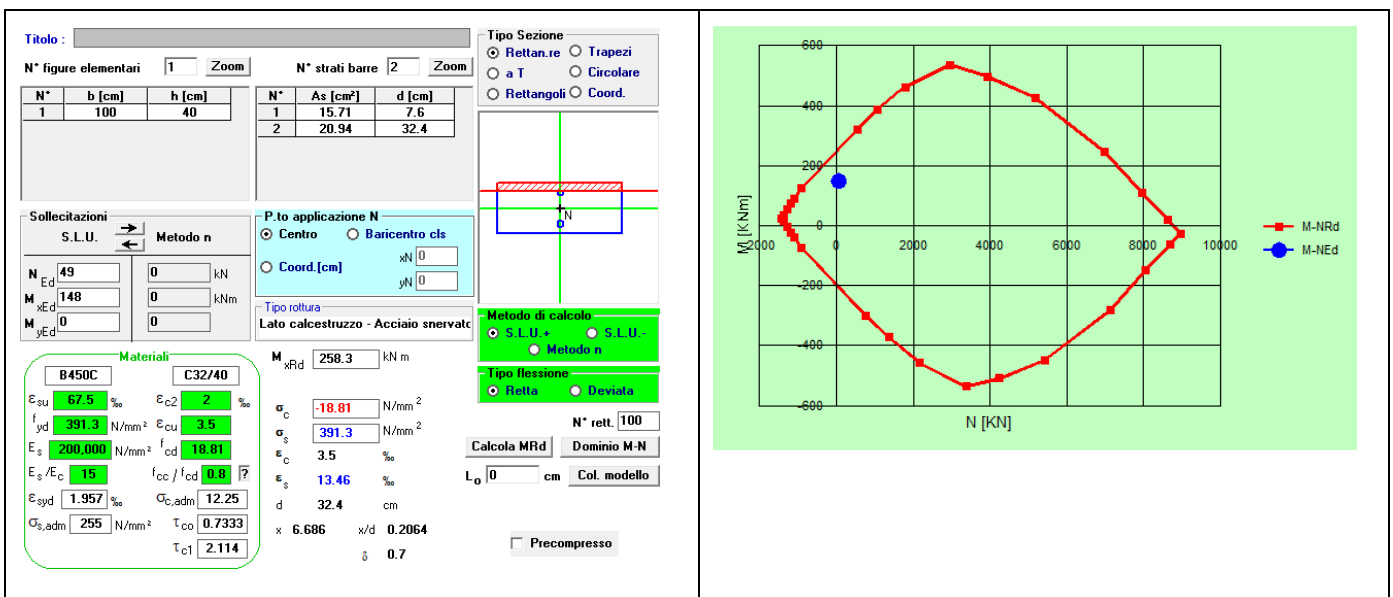
12.1.1 SLU

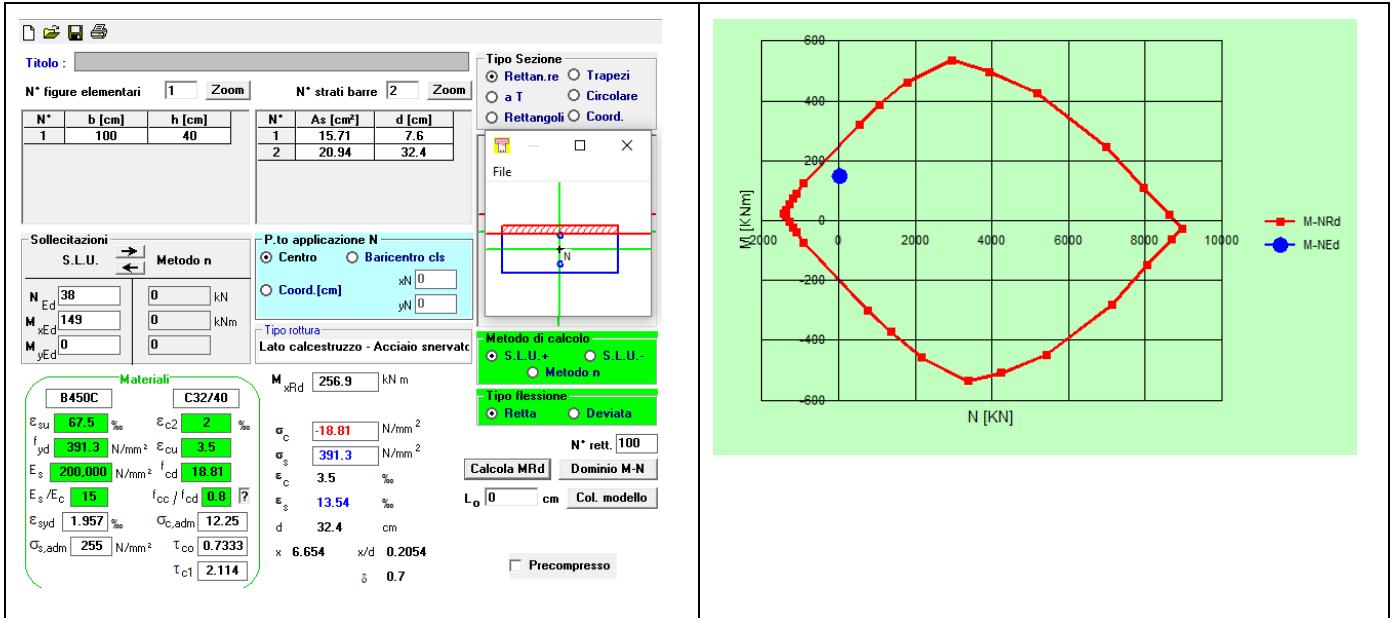
Sono state verificate le condizioni di N_{min} , N_{max} e M_{max} per le combinazioni SLU e SLV.

Sollecitazioni di verifica:

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

Verifiche:





12.1.2 SLE

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

12.1.2.1 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	20	D 26	CLVI0504001	-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	

12.1.2.2 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 $\sigma_s < \sigma_{s,max}$.

12.2 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