

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47I09000030009

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

VI03 - Nuovo ponte sulla Roggia Speziana Km 11+817,66

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 3 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 - UC INFRASTRUTTURE NORD
Dott. Ing. Francesco Borelli
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
n. 23172 Sez. 4^a

File: NM0Z20D26CLVI0304001A

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	20
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.....	66
9.1	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ALLO SLU.....	66
9.2	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ALLO SLE.....	68
9.2.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure</i>	71
9.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio</i>	72
9.3	VERIFICA A TAGLIO.....	72
10	VERIFICA PLINTO DI FONDAZIONE.....	75
10.1	SOLLECITAZIONI	75
10.2	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE	76
10.2.1	<i>SLU</i>	77
10.2.2	<i>SLE</i>	79
10.2.2.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure</i>	79
10.2.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio</i>	79
10.3	VERIFICA A TAGLIO.....	80
11	VERIFICA DEL MURO FRONTALE	81
11.1	SOLLECITAZIONI AL PIEDE PARAMENTO	81
11.2	SOLLECITAZIONI AL PIEDE PARAMENTO COMBinate	84
11.3	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE	88

11.3.1	SLU.....	88
11.3.2	SLE.....	90
11.3.2.1	Stato limite di formazione delle fessure.....	90
11.3.2.2	Verifica delle tensioni di esercizio.....	91
11.4	VERIFICA A TAGLIO.....	91
12	VERIFICA DEI MURI ANDATORI.....	93
12.1	SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAMENTO.....	93
12.2	SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAMENTO COMBinate.....	94
12.3	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE.....	95
12.3.1	SLU.....	95
12.3.2	SLE.....	96
12.3.2.1	Stato limite di formazione delle fessure.....	96
12.3.2.2	Verifica delle tensioni di esercizio.....	97
12.4	VERIFICA A TAGLIO.....	97

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 VI03 (Nuovo ponte sulla Roggia Speziana) sulla tratta ferroviaria Milano Rogoredo – Pavia dal km 11+817,66 al km 11+831,66.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	7 di 98

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo delle spalle del ponte.

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 14m.

Lunghezza impalcato: 14.8m.

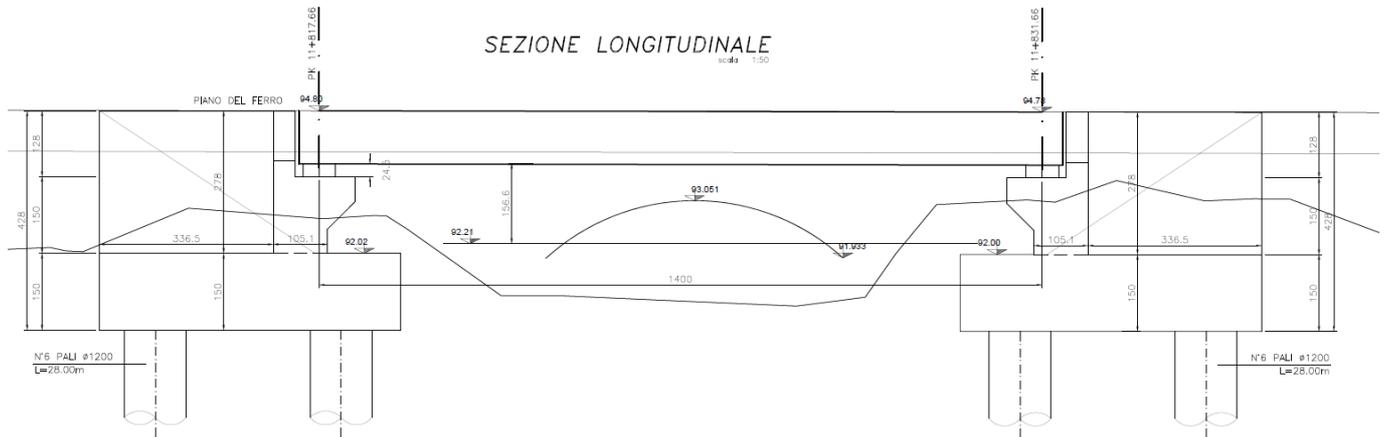
La fondazione delle spalle è costituita da un plinto su pali.

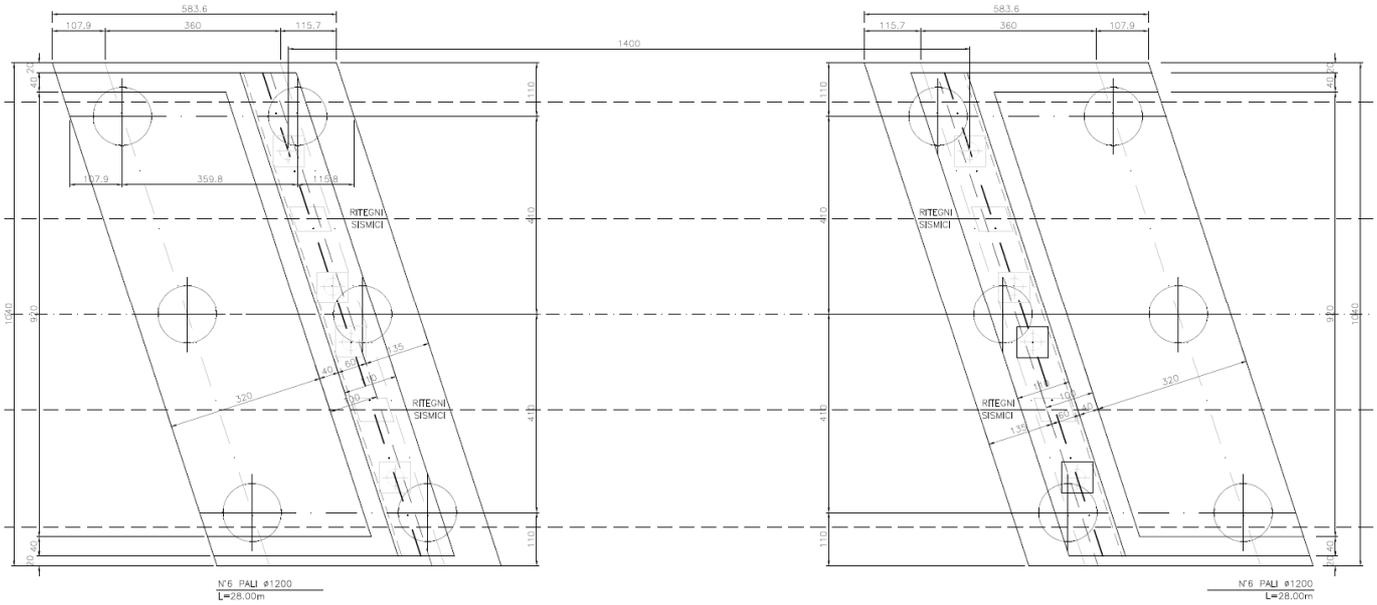
Ciascuna palificata è costituita da n.6 pali di diametro 1.2m e lunghezza 28m.

Il plinto di fondazione presenta un'altezza di 1.5m e dimensioni in pianta di 5.836m x 10.400m.

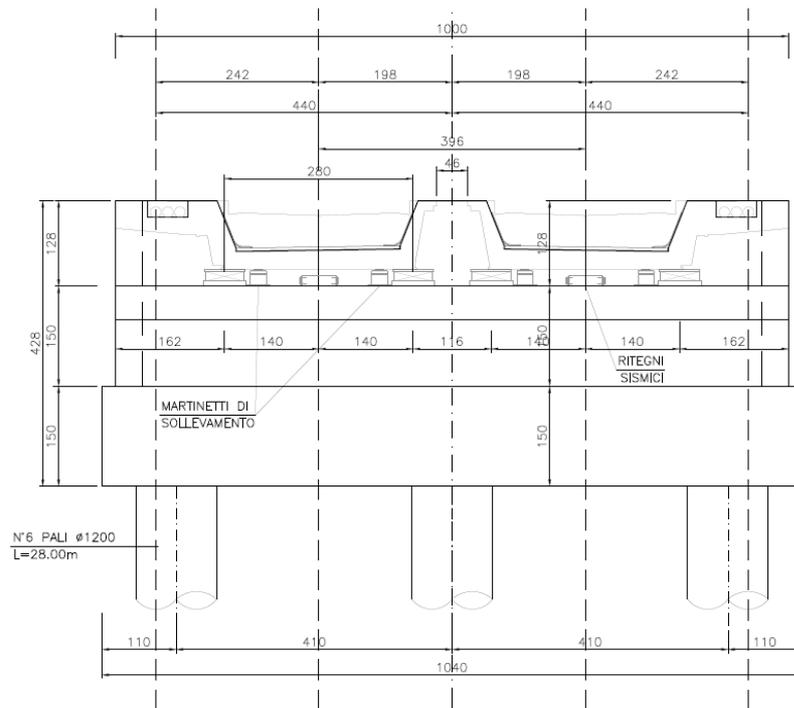
Le dimensioni delle strutture in elevazione delle spalle sono le seguenti:

paramento di testata:	spessore: 1.00m	altezza: 1.50m	lunghezza: 10m (in retto)
muro paraghiaia:	spessore: 0.40m	altezza: 1.30m circa	lunghezza: 10m (in retto)
muri andatori:	spessore: 0.40m	altezza: 2.80m circa	lunghezza: 3.36m





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 CLVI0304001	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		
8	PNMP21004	da 0 a 6m	Sg	20	17	25	25		25
		da 6m a 28m	S	20	17	30	22	30	30
		da 28m a 30m	Sg	20	17	30	30		30

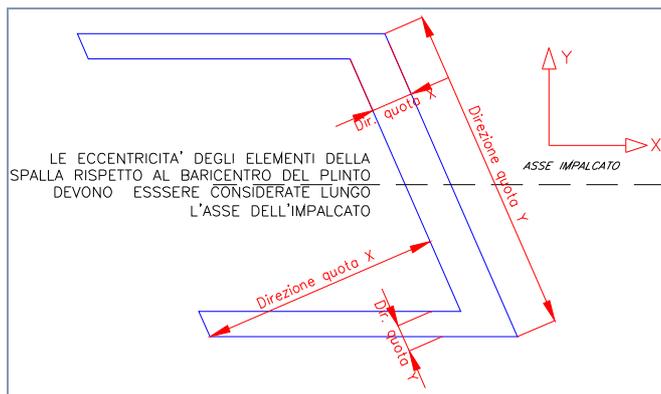
PROFONDITA'	E' _{op} [MPa]		Vs [m/s]		categoria	G ₀ [MPa]	
	max	min	max	min	terreno	max	min
da 0 a 6m	6	6	113	113	C	26	26
da 6m a 28m	46	3	331	163		227	55
da 28m a 30m	47	47	254	254		133	133

5 CARATTERISTICHE DELLE SPALLE

5.1 Geometria delle spalle

Inclinazione spalla rispetto all'asse dell'impalcato: 18.21°.

	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	10.51	1.3	0.66	0.0	3.65
Paramento di testata	1	10.51	1.5	0.97	0.0	2.25
Muri andatori parte sup. DX	3.36	0.42	1.3	0.32	0.0	3.65
Muri andatori parte inf. DX	3.36	0.42	1.5	0.32	0.0	2.25
Orecchia DX	0	0.00	0	0	0.0	
Muri andatori parte sup. SX	3.36	0.42	1.3	-2.8	0.0	3.65
Muri andatori parte inf. SX	3.36	0.42	1.5	-2.8	0.0	2.25
Orecchia SX	0	0.00	0		0.0	
Plinto	5.55	10.93	1.5	0	0.0	0.75
Rinterro interno	3.36	9.7	2.8	-1.24	0.0	2.90
Rinterro laterale	5.55	0.42	1.4	0	0.0	2.20
Rinterro anteriore	1.19	10.51	0.9	2.2	0.0	1.95

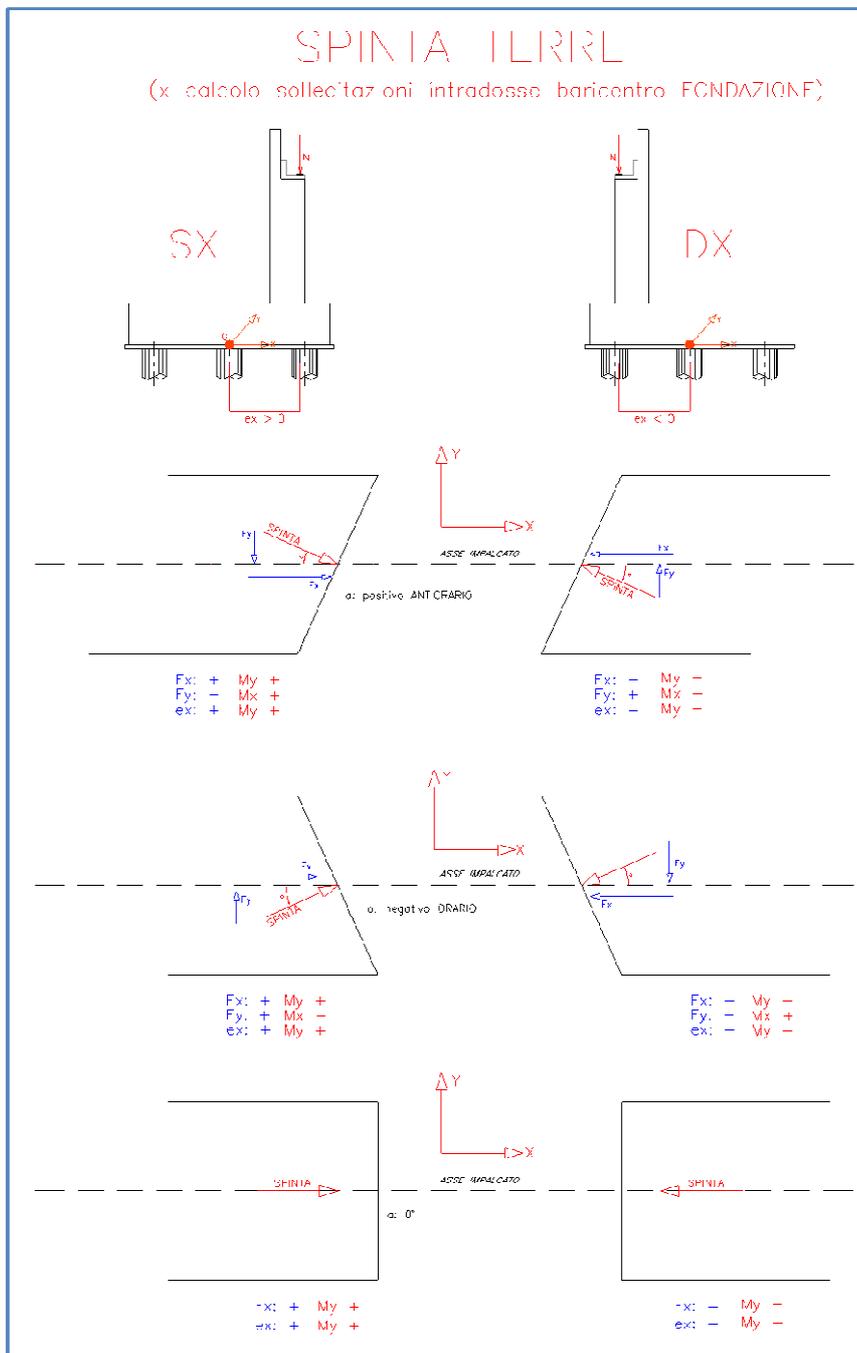


5.2 Caratteristiche del terreno del rilevato a tergo spalla

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	

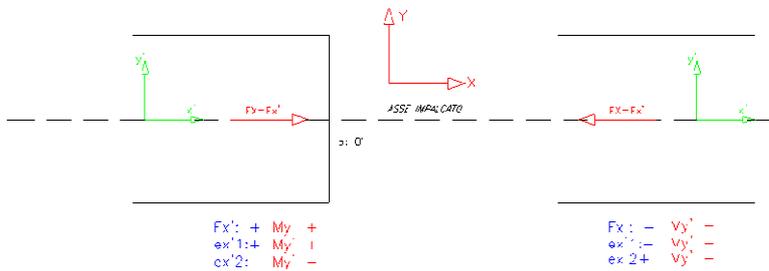
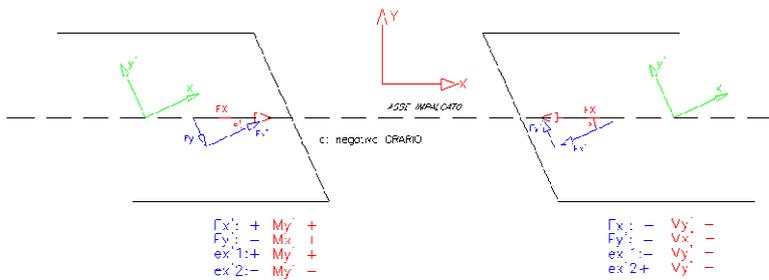
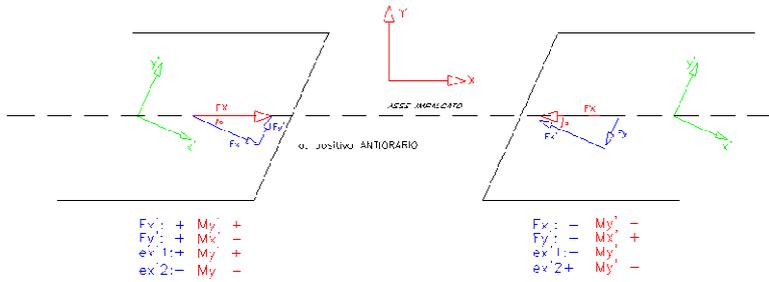
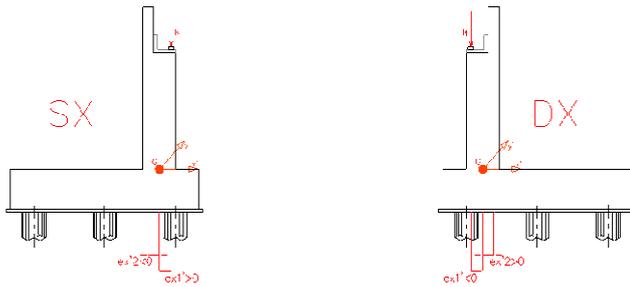
6 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

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



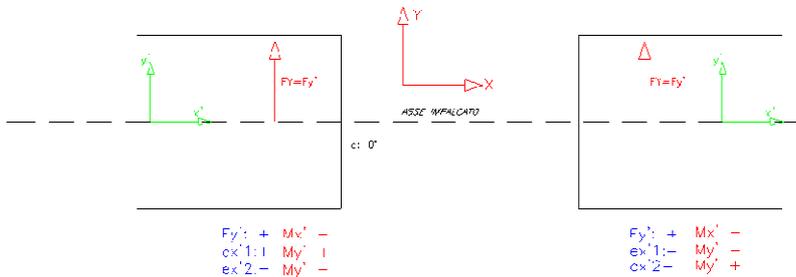
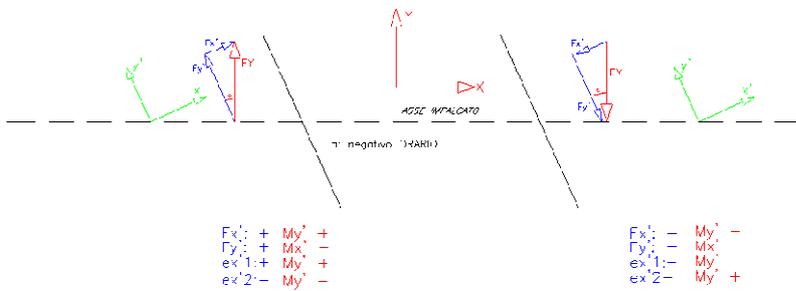
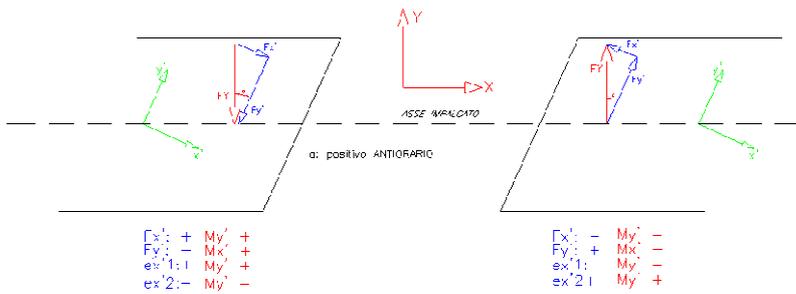
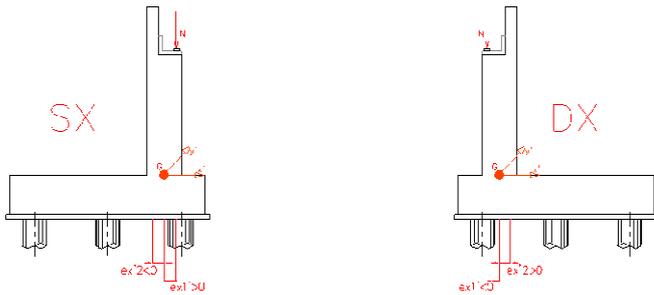
FRFNATURA, ATTRITO SISMA LONGTUDINALE

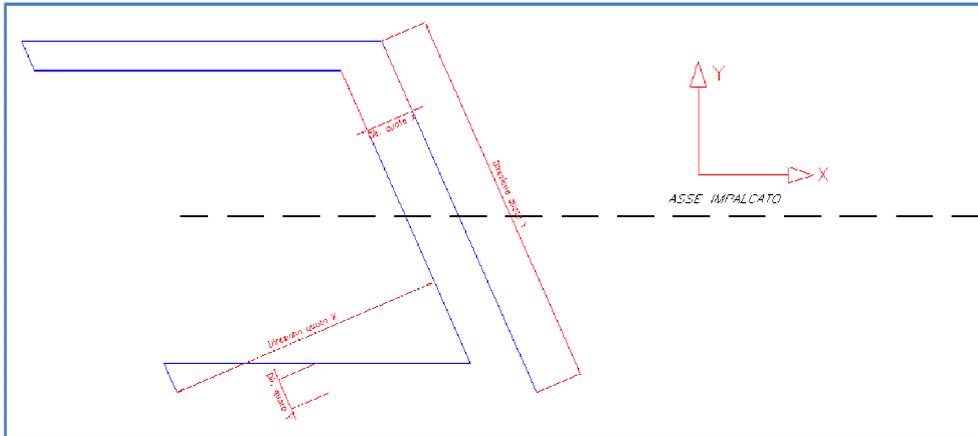
(x calcoli sollecitazioni PARAMENTO)



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: 30.5 kN/m.

6.2 Carichi permanenti non strutturali (g2)

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

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

Il peso a metro lineare del permanente non strutturale della singola vasca dell'impalcato è pari a: 65.71 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.

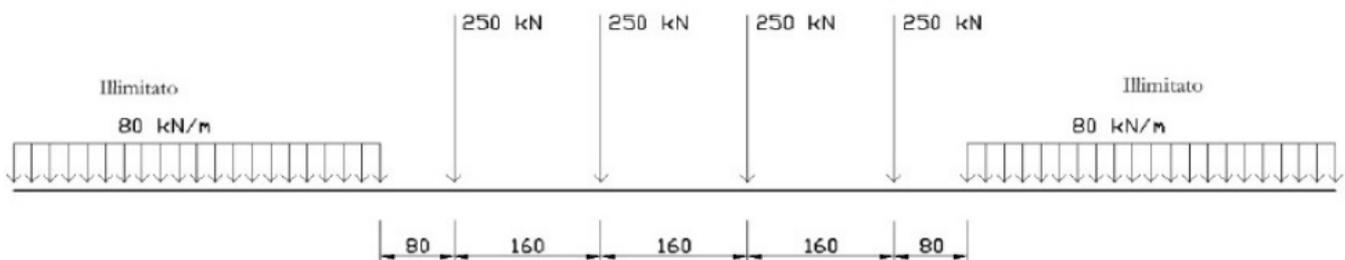
I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono essere moltiplicati per il coefficiente di adattamento α il cui valore deve essere assunto in accordo alla tabella seguente.

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.

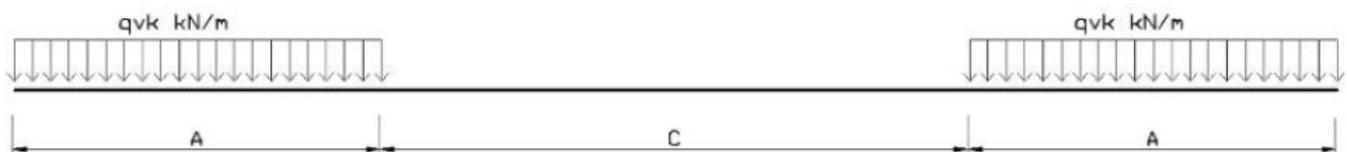
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	18 di 98

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]

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0304001	-A	19 di 98

Distanza tra i carichi distribuiti	b	5.3 [m]
Coefficiente alfa	α	1.1
Carico distribuito	q_{vk}	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	q_{vk}	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	1143 kN
SW/0	1083 kN
SW/2	1110 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	1143	1110	1143	
	LM71	SW2	LM71	SW2	kN
	LM71	LM71			
Binario 2	1143	1143			kN
N	2287	2253	1143	1110	kN
Mx	0	-66	-2264	-2198	kNm

La distanza dell'asse di ciascun binario dall'asse della spalla è pari a 1.98m.

Treno scarico:

N 74 kN
Mx -146.5 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:

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

modelli SW/2	$Q_{lb,k}$	$35 \text{ [KN/m]} \times L \text{ [m]}$
--------------	------------	--

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	325.6	417	645
SW/0	325.6	417	645
SW/2	518	663	1026

Avviamento

	Fx	My	Mt
LM71	537.24	688	1064
SW/0	537.24	688	1064
SW/2	488.4	625	967

Le azioni sono state calcolate a partire dall'intera lunghezza del ponte pari a $L=14.8m$

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						
						
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 (coefficiente di esposizione)

c_p (coefficiente di forma)

c_d (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	25 di 98

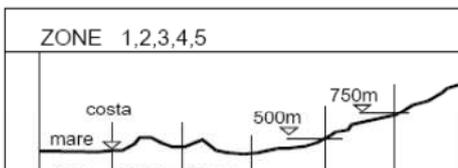
Coefficiente di esposizione

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

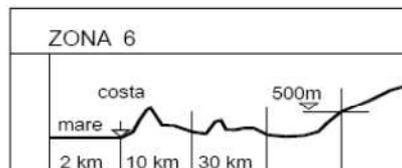


A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

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

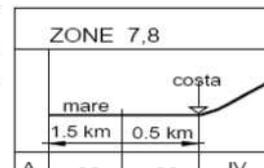
** Categoria III in zona 2,3,4,5
Categoria IV in zona 1

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	8.0	39.0 kN
M _x tot	-6.1	-107.7 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 CLVI0304001	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 CLVI0304001	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:

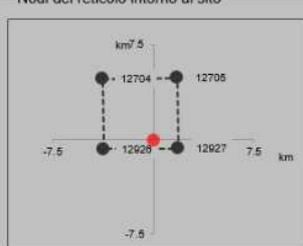
Ricerca per comune

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

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

Scelta della strategia di progettazione (Fase 2)

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica locale

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

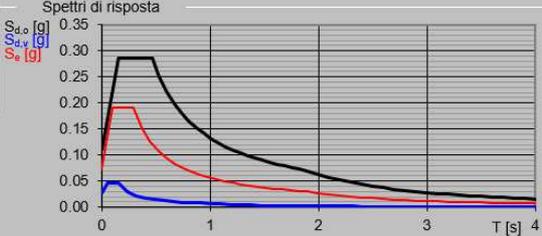
Compon. verticale

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

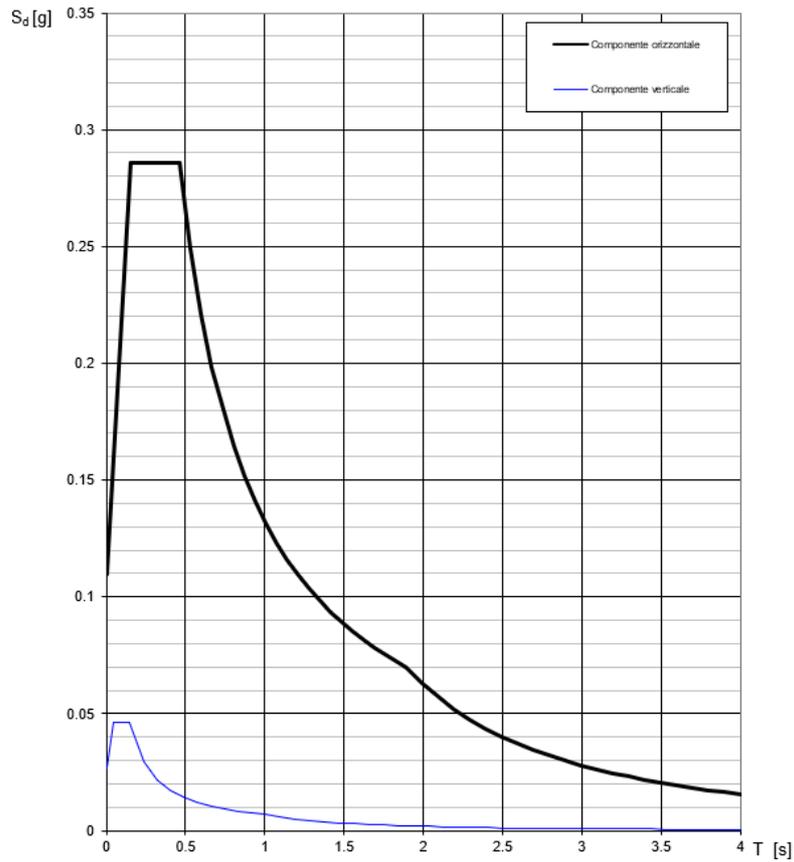
— Spettro di progetto - componente verticale

— 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		2677.0	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	156	119	Fx, My
Sisma trasv Y	0.5	156	-119	Fy, Mx

Treni in condizioni sismiche sull'intero impalcato

Aliquota carichi variabili da traffico: 0.2

	N tot (kN)	F sis (kN)
LM71	1910	42
SW/0	2165	47
SW/2	2442	53

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	CLV10304001	-A	36 di 98

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	2253	-66	163	208	322	269	344	532	210	-269
GRUPPO 1b	2253	-66	259	332	513	244	313	484	210	-269
GRUPPO 1c	2287	0	163	208	322	0	0	0	220	-282
GRUPPO 1d	2287	0	0	0	0	269	344	532	220	-282
GRUPPO 1e	1143	-2264	163	208	322				110	-141
GRUPPO 1f	1143	-2264				269	344	532	110	-141
GRUPPO 1g	1110	-2198	259	332	513				100	-128
GRUPPO 1h	1110	-2198				244	313	484	100	-128
GRUPPO 3a	2253	-66	326	417	645	537	688	1064	105	-134
GRUPPO 3b	2253	-66	518	663	1026	488	625	967	105	-134
GRUPPO 3c	2287	0	326	417	645	0	0	0	110	-141
GRUPPO 3d	2287	0	0	0	0	537	688	1064	110	-141
GRUPPO 3e	1143	-2264	326	417	645				50	-64
GRUPPO 3f	1143	-2264				537	688	1064	50	-64
GRUPPO 3g	1110	-2198	518	663	1026				50	-64
GRUPPO 3h	1110	-2198				488	625	967	50	-64

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	37 di 98

GRUPPO 2	74	-147							100	128
GRUPPO 4a	1352	-40	195	250	387	322	413	638	126	-161
GRUPPO 4b	1352	-40	311	398	615	293	375	580	126	-161
GRUPPO 4c	1372	0	195	250	387	0	0	0	132	-169
GRUPPO 4d	1372	0	0	0	0	322	413	638	132	-169
GRUPPO 4e	915	-1811	260	333	516				88	-113
GRUPPO 4f	915	-1811				430	550	851	88	-113
GRUPPO 4g	888	-1758	414	530	821				80	-102
GRUPPO 4h	888	-1758				391	500	774	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	2253	269	210	344	-335	532
GRUPPO 1b	2253	259	210	332	-335	513
GRUPPO 1c	2287	163	220	208	-282	322
GRUPPO 1d	2287	269	220	344	-282	532
GRUPPO 1e	1143	163	110	208	-2405	322
GRUPPO 1f	1143	269	110	344	-2405	532
GRUPPO 1g	1110	259	100	332	-2326	513
GRUPPO 1h	1110	244	100	313	-2326	484
GRUPPO 3a	2253	537	105	688	-201	1064
GRUPPO 3b	2253	518	105	663	-201	1026
GRUPPO 3c	2287	326	110	417	-141	645
GRUPPO 3d	2287	537	110	688	-141	1064
GRUPPO 3e	1143	326	50	417	-2328	645
GRUPPO 3f	1143	537	50	688	-2328	1064
GRUPPO 3g	1110	518	50	663	-2262	1026
GRUPPO 3h	1110	488	50	625	-2262	967
GRUPPO 2	74	0	100	0	-19	0
GRUPPO 4a	1352	322	126	413	-201	638
GRUPPO 4b	1352	311	126	398	-201	615
GRUPPO 4c	1372	195	132	250	-169	387
GRUPPO 4d	1372	322	132	413	-169	638
GRUPPO 4e	915	260	88	333	-1924	516
GRUPPO 4f	915	430	88	550	-1924	851
GRUPPO 4g	888	414	80	530	-1861	821
GRUPPO 4h	888	391	80	500	-1861	774

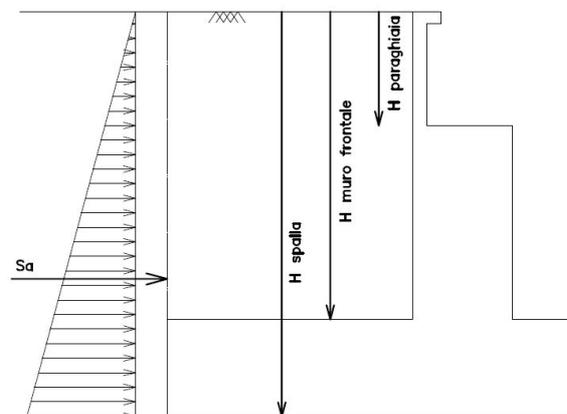
Le forze sismiche dovute agli accidentali da traffico ferroviario sono le seguenti (kN; kNm):

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	48	155	24	-77
LM71 in A e SW2 in F	GRUPPO 1b	48	155	24	-77
LM71 in F e LM71 in A	GRUPPO 1c	42	136	21	-68
LM71 in A e LM71 in F	GRUPPO 1d	42	136	21	-68
LM71 in F	GRUPPO 1e	21	68	10	-34
LM71 in A	GRUPPO 1f	21	68	10	-34
SW2 in F	GRUPPO 1g	27	87	13	-43
SW2 in A	GRUPPO 1h	27	87	13	-43
Lm71 in F e SW2 in A	GRUPPO 3a	48	155	24	-77
Lm71 in A e SW2 in F	GRUPPO 3b	48	155	24	-77
LM71 in F e LM71 in A	GRUPPO 3c	42	136	21	-68
LM71 in A e LM71 in F	GRUPPO 3d	42	136	21	-68
LM71 in F	GRUPPO 3e	21	68	10	-34
LM71 in A	GRUPPO 3f	21	68	10	-34
SW2 in F	GRUPPO 3g	27	87	13	-43
SW2 in A	GRUPPO 3h	27	87	13	-43

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.



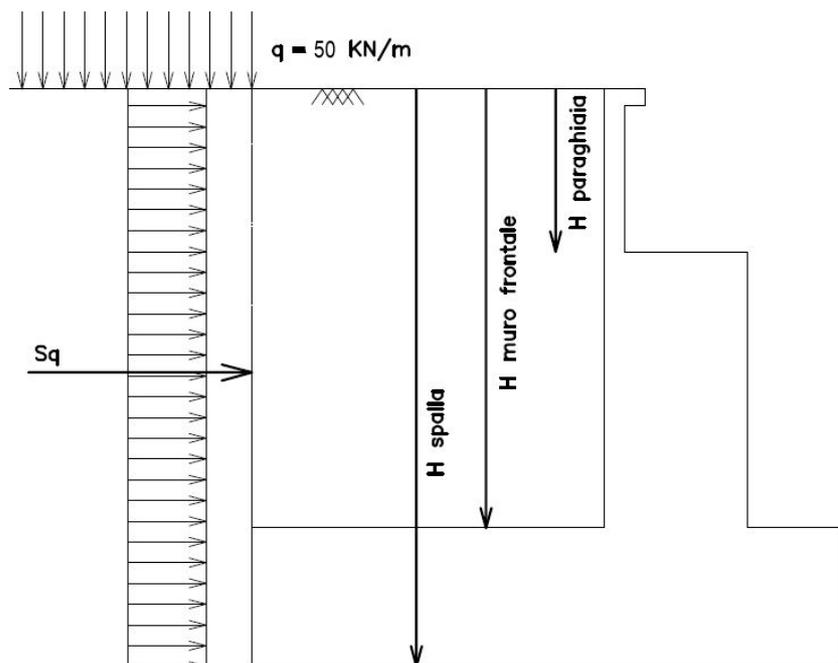
Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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.

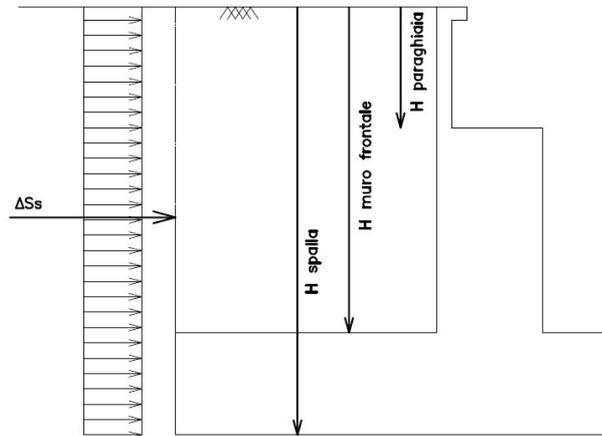


Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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
$S=S_T \cdot S_s$	Fattore che tiene conto del profilo topografico	1.5
$a_{max}=S \cdot a_g$		0.110g
β_m	(coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito)	1
$k_h=\beta_m \cdot a_{max}/g$	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	137	0	0	90	0
Paramento di testata	394	0	0	382	0
Muri andatori parte sup. DX	46	0	0	14.7	0
Muri andatori parte inf. DX	53	0	0	16.9	0
Orecchia DX	0	0	0	0.0	0
Muri andatori parte sup. SX	46	0	0	-128.4	0
Muri andatori parte inf. SX	53	0	0	-148.2	0
Orecchia SX	0	0	0	0.0	0
Plinto	2275	0	0	0.0	0
Rinterro interno	1820	0	0	-2256.2	0
Rinterro laterale	131	0	0	0.0	0
Rinterro anteriore	225	0	0	495.3	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	300.8	99.0	732.0	-240.8
Spinta su plinto	0.0	425.0	139.8	296.3	-97.5
Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	1765.7			-2189.4	
Spinta carico accidentale 50kN/mq		825.0	271.4	1773.7	-583.5
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	3003	0	0	227	0
Rinterro interno	1820	0	0	-2256	0
Rinterro esterno	356	0	0	495	0
Spinta terre (per STR)	0	726	239	1028	-338
Spinta carico accidentale 50kPa (per STR)	0	825	271	1774	-584

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	42 di 98

Spinta terre (per GEO)		726	239	1028	-338
Spinta carico accidentale 50kPa (per GEO)	0	825	271	1774	-584

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	329		401	
Inerzia spalla dir trasversale			329		-401
Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	199		578	
Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale			199		-578
Incremento di spinta sismica (per STR)	0	202	66	435	-143
Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	202	66	435	-143

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	451.4	0.0		0.0	0.0	
g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	972.5			0.0	0.0	
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2253.5	268.6	210.0	343.8	-335.1	531.9
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2253.5	259.0	210.0	331.5	-335.1	512.8
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	2287.0	162.8	220.0	208.4	-281.6	322.3
GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	2287.0	268.6	220.0	343.8	-281.6	531.9
GRUPPO 1e	LM71 in F	1143.5	162.8	110.0	208.4	-2404.9	322.3
GRUPPO 1f	LM71 in A	1143.5	268.6	110.0	343.8	-2404.9	531.9
GRUPPO 1g	SW2 in F	1110.0	259.0	100.0	331.5	-2325.8	512.8
GRUPPO 1h	SW2 in A	1110.0	244.2	100.0	312.6	-2325.8	483.5
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2253.5	537.2	105.0	687.7	-200.7	1063.7
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2253.5	518.0	105.0	663.0	-200.7	1025.6
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	2287.0	325.6	110.0	416.8	-140.8	644.7
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	2287.0	537.2	110.0	687.7	-140.8	1063.7
GRUPPO 3e	LM71 in F	1143.5	325.6	50.0	416.8	-2328.1	644.7
GRUPPO 3f	LM71 in A	1143.5	537.2	50.0	687.7	-2328.1	1063.7
GRUPPO 3g	SW2 in F	1110.0	518.0	50.0	663.0	-2261.8	1025.6
GRUPPO 3h	SW2 in A	1110.0	488.4	50.0	625.2	-2261.8	967.0
GRUPPO 2	Treno scarico	74.0	0.0	100.0	0.0	-18.5	0.0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0304001	-A	43 di 98

GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1352.1	322.3	126.0	412.6	-201.1	638.2
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1352.1	310.8	126.0	397.8	-201.1	615.4
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1372.2	195.4	132.0	250.1	-169.0	386.8
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1372.2	322.3	132.0	412.6	-169.0	638.2
GRUPPO 4e	LM71 in F	914.8	260.5	88.0	333.4	-1923.9	515.8
GRUPPO 4f	LM71 in A	914.8	429.8	88.0	550.1	-1923.9	851.0
GRUPPO 4g	SW2 in F	888.0	414.4	80.0	530.4	-1860.6	820.5
GRUPPO 4h	SW2 in A	888.0	390.7	80.0	500.1	-1860.6	773.6
q _{5,scarico}	Vento a ponte scarico			8.0		-6.1	
q _{5,carico}	Vento a ponte carico			39.0		-107.7	
Q ₄	Centrifuga						
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli		147.1				
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli		147.1				
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli		148.4				
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli		148.4				
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli		102.7				
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli		102.7				
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli		101.4				
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli		101.4				
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli		147.1				
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli		147.1				
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli		148.4				
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli		148.4				
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli		102.7				
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli		102.7				
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli		101.4				
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli		101.4				
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli		59.9				
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli		111.0				
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli		111.0				
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli		111.8				
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli		111.8				
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli		93.5				
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli		93.5				
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli		92.5				
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli		92.5				
GRUPPO 1a	Spettro X		203.6		273.5		
GRUPPO 1b	Spettro X		203.6		273.5		
GRUPPO 1c	Spettro X		197.7		254.6		
GRUPPO 1d	Spettro X		197.7		254.6		

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10304001	-A	44 di 98

GRUPPO 1e	Spettro X		176.8		186.7		
GRUPPO 1f	Spettro X		176.8		186.7		
GRUPPO 1g	Spettro X		182.7		205.7		
GRUPPO 1h	Spettro X		182.7		205.7		
GRUPPO 3a	Spettro X		203.6		273.5		
GRUPPO 3b	Spettro X		203.6		273.5		
GRUPPO 3c	Spettro X		197.7		254.6		
GRUPPO 3d	Spettro X		197.7		254.6		
GRUPPO 3e	Spettro X		176.8		186.7		
GRUPPO 3f	Spettro X		176.8		186.7		
GRUPPO 3g	Spettro X		182.7		205.7		
GRUPPO 3h	Spettro X		182.7		205.7		
GRUPPO 2	Spettro X		155.9		118.9		
GRUPPO 1a	Spettro Y			179.7		-196.2	
GRUPPO 1b	Spettro Y			179.7		-196.2	
GRUPPO 1c	Spettro Y			176.8		-186.7	
GRUPPO 1d	Spettro Y			176.8		-186.7	
GRUPPO 1e	Spettro Y			166.4		-152.8	
GRUPPO 1f	Spettro Y			166.4		-152.8	
GRUPPO 1g	Spettro Y			169.3		-162.3	
GRUPPO 1h	Spettro Y			169.3		-162.3	
GRUPPO 3a	Spettro Y			179.7		-196.2	
GRUPPO 3b	Spettro Y			179.7		-196.2	
GRUPPO 3c	Spettro Y			176.8		-186.7	
GRUPPO 3d	Spettro Y			176.8		-186.7	
GRUPPO 3e	Spettro Y			166.4		-152.8	
GRUPPO 3f	Spettro Y			166.4		-152.8	
GRUPPO 3g	Spettro Y			169.3		-162.3	
GRUPPO 3h	Spettro Y			169.3		-162.3	
GRUPPO 2	Spettro Y			155.9		-118.9	

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	451	0	0	603	0	0
g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	973	0	0	1298	0	0
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2253	269	210	4158	-965	532
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2253	259	210	4117	-965	513
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	2287	163	220	3750	-942	322

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0304001	-A	45 di 98

GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	2287	269	220	4203	-942	532
GRUPPO 1e	LM71 in F	1143	163	110	2223	-2735	322
GRUPPO 1f	LM71 in A	1143	269	110	2676	-2735	532
GRUPPO 1g	SW2 in F	1110	259	100	2590	-2626	513
GRUPPO 1h	SW2 in A	1110	244	100	2527	-2626	484
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2253	537	105	5308	-516	1064
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2253	518	105	5225	-516	1026
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	2287	326	110	4447	-471	645
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	2287	537	110	5353	-471	1064
GRUPPO 3e	LM71 in F	1143	326	50	2920	-2478	645
GRUPPO 3f	LM71 in A	1143	537	50	3826	-2478	1064
GRUPPO 3g	SW2 in F	1110	518	50	3699	-2412	1026
GRUPPO 3h	SW2 in A	1110	488	50	3572	-2412	967
GRUPPO 2	Treno scarico	74	0	100	99	-319	0
GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1352	322	126	3185	-579	638
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1352	311	126	3135	-579	615
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1372	195	132	2668	-565	387
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1372	322	132	3212	-565	638
GRUPPO 4e	LM71 in F	915	260	88	2336	-2188	516
GRUPPO 4f	LM71 in A	915	430	88	3061	-2188	851
GRUPPO 4g	SW2 in F	888	414	80	2959	-2101	821
GRUPPO 4h	SW2 in A	888	391	80	2858	-2101	774
q _{5,scarico}	Vento a ponte scarico	0	0	8	0	-30	0
q _{5,carico}	Vento a ponte carico	0	0	39	0	-225	0
Q ₄	Centrifuga	0	0	0	0	0	0
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	147	0	441	0	0
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	147	0	441	0	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	148	0	445	0	0
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	148	0	445	0	0
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	103	0	308	0	0
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	103	0	308	0	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	101	0	304	0	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	101	0	304	0	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	147	0	441	0	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	147	0	441	0	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	148	0	445	0	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	148	0	445	0	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	103	0	308	0	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	103	0	308	0	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	101	0	304	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	46 di 98

GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	101	0	304	0	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	60	0	180	0	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	111	0	333	0	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	111	0	333	0	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	112	0	336	0	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	112	0	336	0	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	94	0	281	0	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	94	0	281	0	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	92	0	277	0	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	92	0	277	0	0
GRUPPO 1a	Spettro X	0	204	0	884	0	0
GRUPPO 1b	Spettro X	0	204	0	884	0	0
GRUPPO 1c	Spettro X	0	198	0	848	0	0
GRUPPO 1d	Spettro X	0	198	0	848	0	0
GRUPPO 1e	Spettro X	0	177	0	717	0	0
GRUPPO 1f	Spettro X	0	177	0	717	0	0
GRUPPO 1g	Spettro X	0	183	0	754	0	0
GRUPPO 1h	Spettro X	0	183	0	754	0	0
GRUPPO 3a	Spettro X	0	204	0	884	0	0
GRUPPO 3b	Spettro X	0	204	0	884	0	0
GRUPPO 3c	Spettro X	0	198	0	848	0	0
GRUPPO 3d	Spettro X	0	198	0	848	0	0
GRUPPO 3e	Spettro X	0	177	0	717	0	0
GRUPPO 3f	Spettro X	0	177	0	717	0	0
GRUPPO 3g	Spettro X	0	183	0	754	0	0
GRUPPO 3h	Spettro X	0	183	0	754	0	0
GRUPPO 2	Spettro X	0	156	0	587	0	0
GRUPPO 1a	Spettro Y	0	0	180	0	-735	0
GRUPPO 1b	Spettro Y	0	0	180	0	-735	0
GRUPPO 1c	Spettro Y	0	0	177	0	-717	0
GRUPPO 1d	Spettro Y	0	0	177	0	-717	0
GRUPPO 1e	Spettro Y	0	0	166	0	-652	0
GRUPPO 1f	Spettro Y	0	0	166	0	-652	0
GRUPPO 1g	Spettro Y	0	0	169	0	-670	0
GRUPPO 1h	Spettro Y	0	0	169	0	-670	0
GRUPPO 3a	Spettro Y	0	0	180	0	-735	0
GRUPPO 3b	Spettro Y	0	0	180	0	-735	0
GRUPPO 3c	Spettro Y	0	0	177	0	-717	0
GRUPPO 3d	Spettro Y	0	0	177	0	-717	0
GRUPPO 3e	Spettro Y	0	0	166	0	-652	0
GRUPPO 3f	Spettro Y	0	0	166	0	-652	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10304001	-A	47 di 98

GRUPPO 3g	Spettro Y	0	0	169	0	-670	0
GRUPPO 3h	Spettro Y	0	0	169	0	-670	0
GRUPPO 2	Spettro Y	0	0	156	0	-587	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	451	0	0	603	0	0
	g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	973	0	0	1298	0	0
	GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2253	269	210	4158	-965	532
	GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2253	259	210	4117	-965	513
	GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	2287	163	220	3750	-942	322
	GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	2287	269	220	4203	-942	532
	GRUPPO 1e	LM71 in F	1143	163	110	2223	-2735	322
	GRUPPO 1f	LM71 in A	1143	269	110	2676	-2735	532
	GRUPPO 1g	SW2 in F	1110	259	100	2590	-2626	513
	GRUPPO 1h	SW2 in A	1110	244	100	2527	-2626	484
	GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2253	537	105	5308	-516	1064
	GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2253	518	105	5225	-516	1026
	GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	2287	326	110	4447	-471	645
	GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	2287	537	110	5353	-471	1064
	GRUPPO 3e	LM71 in F	1143	326	50	2920	-2478	645
	GRUPPO 3f	LM71 in A	1143	537	50	3826	-2478	1064
	GRUPPO 3g	SW2 in F	1110	518	50	3699	-2412	1026
	GRUPPO 3h	SW2 in A	1110	488	50	3572	-2412	967
	GRUPPO 2	Treno scarico	74	0	100	99	-319	0
	GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1352	322	126	3185	-579	638
	GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1352	311	126	3135	-579	615
	GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1372	195	132	2668	-565	387
	GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1372	322	132	3212	-565	638
	GRUPPO 4e	LM71 in F	915	260	88	2336	-2188	516
	GRUPPO 4f	LM71 in A	915	430	88	3061	-2188	851
	GRUPPO 4g	SW2 in F	888	414	80	2959	-2101	821
	GRUPPO 4h	SW2 in A	888	391	80	2858	-2101	774
	q5,scarico	Vento a ponte scarico	0	0	8	0	-30	0
	q5,carico	Vento a ponte carico	0	0	39	0	-225	0
	Q4	Centrifuga	0	0	0	0	0	0
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	147	0	441	0	0	
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	147	0	441	0	0	
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	148	0	445	0	0	
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	148	0	445	0	0	
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	103	0	308	0	0	

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	48 di 98

GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	103	0	308	0	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	101	0	304	0	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	101	0	304	0	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	147	0	441	0	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	147	0	441	0	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	148	0	445	0	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	148	0	445	0	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	103	0	308	0	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	103	0	308	0	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	101	0	304	0	0
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	101	0	304	0	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	60	0	180	0	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	111	0	333	0	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	111	0	333	0	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	112	0	336	0	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	112	0	336	0	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	94	0	281	0	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	94	0	281	0	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	92	0	277	0	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	92	0	277	0	0
GRUPPO 1a	Spettro X	0	204	0	884	0	0
GRUPPO 1b	Spettro X	0	204	0	884	0	0
GRUPPO 1c	Spettro X	0	198	0	848	0	0
GRUPPO 1d	Spettro X	0	198	0	848	0	0
GRUPPO 1e	Spettro X	0	177	0	717	0	0
GRUPPO 1f	Spettro X	0	177	0	717	0	0
GRUPPO 1g	Spettro X	0	183	0	754	0	0
GRUPPO 1h	Spettro X	0	183	0	754	0	0
GRUPPO 3a	Spettro X	0	204	0	884	0	0
GRUPPO 3b	Spettro X	0	204	0	884	0	0
GRUPPO 3c	Spettro X	0	198	0	848	0	0
GRUPPO 3d	Spettro X	0	198	0	848	0	0
GRUPPO 3e	Spettro X	0	177	0	717	0	0
GRUPPO 3f	Spettro X	0	177	0	717	0	0
GRUPPO 3g	Spettro X	0	183	0	754	0	0
GRUPPO 3h	Spettro X	0	183	0	754	0	0
GRUPPO 2	Spettro X	0	156	0	587	0	0
GRUPPO 1a	Spettro Y	0	0	180	0	-735	0
GRUPPO 1b	Spettro Y	0	0	180	0	-735	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0304001	-A	49 di 98

	GRUPPO 1c	Spettro Y	0	0	177	0	-717	0
	GRUPPO 1d	Spettro Y	0	0	177	0	-717	0
	GRUPPO 1e	Spettro Y	0	0	166	0	-652	0
	GRUPPO 1f	Spettro Y	0	0	166	0	-652	0
	GRUPPO 1g	Spettro Y	0	0	169	0	-670	0
	GRUPPO 1h	Spettro Y	0	0	169	0	-670	0
	GRUPPO 3a	Spettro Y	0	0	180	0	-735	0
	GRUPPO 3b	Spettro Y	0	0	180	0	-735	0
	GRUPPO 3c	Spettro Y	0	0	177	0	-717	0
	GRUPPO 3d	Spettro Y	0	0	177	0	-717	0
	GRUPPO 3e	Spettro Y	0	0	166	0	-652	0
	GRUPPO 3f	Spettro Y	0	0	166	0	-652	0
	GRUPPO 3g	Spettro Y	0	0	169	0	-670	0
	GRUPPO 3h	Spettro Y	0	0	169	0	-670	0
	GRUPPO 2	Spettro Y	0	0	156	0	-587	0
Sollecitazioni statiche spalla	g ₁	Peso spalla	3003	0	0	227	0	0
	g ₁	Rinterro interno	1820	0	0	-2256	0	0
	g ₁	Rinterro esterno	356	0	0	495	0	0
	g ₁	Spinta terre (per STR)	0	726	239	1028	-338	0
	q _{1k}	Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	1766	0	0	-2189	0	0
	q _{1k}	Spinta carico accidentale 50kPa + 10kPa su bandiera(per STR)	0	825	271	1774	-584	0
	g ₁	Spinta terre (per GEO)	0	726	239	1028	-338	0
	q _{1k}	Spinta carico accidentale 50kPa +10kPa su bandiera(per GEO)	0	825	271	1774	-584	0
Sisma spalla	q ₆	Inerzia spalla dir longitudinale	0	329	0	401	0	0
	q ₆	Inerzia spalla dir trasversale	0	0	329	0	-401	0
	q ₆	Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	199	0	578	0	0
	q ₆	Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale	0	0	199	0	-578	0
	q ₆	Incremento di spinta sismica (per STR)	0	202	66	435	-143	0
	q ₆	Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	202	66	435	-143	0

 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 CLVI0304001	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 CLVI0304001	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.

 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 CLVI0304001	REV. -A

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	9239	980	334	1620	-502	0
SLU_STR_02	15067	2786	1055	7709	-2904	771
SLU_STR_03	15067	2772	1055	7649	-2904	744
SLU_STR_04	15116	2635	1070	7123	-2870	467
SLU_STR_05	15116	2788	1070	7779	-2870	771
SLU_STR_06	13458	2566	910	4703	-5471	467
SLU_STR_07	13458	2720	910	5360	-5471	771
SLU_STR_08	13409	2704	896	5229	-5312	744
SLU_STR_09	13409	2682	896	5138	-5312	701
SLU_STR_010	15067	3176	903	9376	-2253	1542
SLU_STR_011	15067	3148	903	9256	-2253	1487
SLU_STR_012	15116	2871	910	8133	-2188	935
SLU_STR_013	15116	3178	910	9446	-2188	1542
SLU_STR_014	13458	2802	823	5714	-5098	935
SLU_STR_015	13458	3109	823	7027	-5098	1542
SLU_STR_016	13409	3079	823	6837	-5002	1487
SLU_STR_017	13409	3036	823	6653	-5002	1402
SLU_STR_018	11907	2266	896	1430	-1967	0
SLU_STR_019	12507	1590	662	8311	-2058	771
SLU_STR_020	12507	1576	662	8252	-2058	744
SLU_STR_021	12555	1439	676	7726	-2024	467
SLU_STR_022	12555	1592	676	8382	-2024	771
SLU_STR_023	10897	1370	517	5306	-4624	467
SLU_STR_024	10897	1523	517	5963	-4624	771
SLU_STR_025	10849	1507	502	5832	-4466	744
SLU_STR_026	10849	1486	502	5740	-4466	701
SLU_STR_027	12507	1979	510	9978	-1407	1542
SLU_STR_028	12507	1952	510	9859	-1407	1487
SLU_STR_029	12555	1675	517	8736	-1341	935
SLU_STR_030	12555	1981	517	10049	-1341	1542
SLU_STR_031	10897	1606	430	6317	-4252	935
SLU_STR_032	10897	1913	430	7630	-4252	1542

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0304001	-A	57 di 98

SLU_STR_033	10849	1883	430	7440	-4156	1487
SLU_STR_034	10849	1840	430	7256	-4156	1402
SLU_STR_035	9347	1070	502	2033	-1121	0
SLV_STR_01	7406	1908	614	4530	-1305	106
SLV_STR_02	7406	1906	614	4522	-1305	103
SLV_STR_03	7413	1881	615	4413	-1295	64
SLV_STR_04	7413	1902	615	4504	-1295	106
SLV_STR_05	7184	1851	590	3950	-1634	64
SLV_STR_06	7184	1872	590	4040	-1634	106
SLV_STR_07	7177	1876	589	4059	-1618	103
SLV_STR_08	7177	1873	589	4046	-1618	97
SLV_STR_09	7406	1961	593	4760	-1215	213
SLV_STR_010	7406	1958	593	4744	-1215	205
SLV_STR_011	7413	1914	593	4553	-1201	129
SLV_STR_012	7413	1956	593	4734	-1201	213
SLV_STR_013	7184	1884	578	4089	-1583	129
SLV_STR_014	7184	1926	578	4270	-1583	213
SLV_STR_015	7177	1928	579	4281	-1575	205
SLV_STR_016	7177	1922	579	4255	-1575	193
SLV_STR_017	6970	1789	585	3369	-1131	0
SLV_STR_018	7406	1254	1063	2922	-2405	106
SLV_STR_019	7406	1252	1063	2914	-2405	103
SLV_STR_020	7413	1231	1062	2830	-2382	64
SLV_STR_021	7413	1253	1062	2921	-2382	106
SLV_STR_022	7184	1216	1029	2458	-2676	64
SLV_STR_023	7184	1237	1029	2549	-2676	106
SLV_STR_024	7177	1237	1030	2542	-2672	103
SLV_STR_025	7177	1234	1030	2529	-2672	97
SLV_STR_026	7406	1308	1042	3152	-2316	213
SLV_STR_027	7406	1304	1042	3135	-2316	205
SLV_STR_028	7413	1264	1040	2969	-2288	129
SLV_STR_029	7413	1306	1040	3151	-2288	213
SLV_STR_030	7184	1249	1017	2598	-2624	129
SLV_STR_031	7184	1291	1017	2779	-2624	213
SLV_STR_032	7177	1289	1020	2763	-2629	205
SLV_STR_033	7177	1283	1020	2738	-2629	193
SLV_STR_034	6970	1169	1017	1968	-2127	0
SLE_rara_01	6602	726	247	1396	-368	0
SLE_rara_02	10621	1967	744	5579	-2022	532

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	58 di 98

SLE_rara_03	10621	1957	744	5538	-2022	513
SLE_rara_04	10655	1862	754	5175	-1998	322
SLE_rara_05	10655	1968	754	5628	-1998	532
SLE_rara_06	9511	1816	644	3511	-3791	322
SLE_rara_07	9511	1922	644	3964	-3791	532
SLE_rara_08	9478	1911	634	3874	-3682	513
SLE_rara_09	9478	1896	634	3811	-3682	484
SLE_rara_010	10621	2235	639	6729	-1572	1064
SLE_rara_011	10621	2216	639	6647	-1572	1026
SLE_rara_012	10655	2025	644	5872	-1527	645
SLE_rara_013	10655	2236	644	6778	-1527	1064
SLE_rara_014	9511	1979	584	4208	-3535	645
SLE_rara_015	9511	2191	584	5114	-3535	1064
SLE_rara_016	9478	2170	584	4983	-3468	1026
SLE_rara_017	9478	2141	584	4856	-3468	967
SLE_rara_018	8442	1611	634	1259	-1375	0
SLE_fre_01	6602	726	243	1396	-353	0
SLE_fre_02	8837	1572	500	4706	-1209	638
SLE_fre_03	8837	1560	500	4656	-1209	615
SLE_fre_04	8857	1446	506	4191	-1195	387
SLE_fre_05	8857	1572	506	4735	-1195	638
SLE_fre_06	8400	1492	462	3805	-2818	516
SLE_fre_07	8400	1662	462	4529	-2818	851
SLE_fre_08	8373	1645	454	4424	-2731	821
SLE_fre_09	8373	1621	454	4323	-2731	774
SLE_QP_01	6602	726	239	1396	-338	0
SLU_GEO_01	6894	726	249	1785	-377	0
SLU_GEO_02	11918	2284	871	7037	-2449	665
SLU_GEO_03	11918	2272	871	6985	-2449	641
SLU_GEO_04	11960	2153	883	6532	-2420	403
SLU_GEO_05	11960	2286	883	7098	-2420	665
SLU_GEO_06	10530	2094	746	4445	-4661	403
SLU_GEO_07	10530	2226	746	5011	-4661	665
SLU_GEO_08	10489	2213	733	4899	-4525	641
SLU_GEO_09	10489	2194	733	4820	-4525	604
SLU_GEO_010	11918	2620	740	8474	-1887	1330
SLU_GEO_011	11918	2596	740	8371	-1887	1282
SLU_GEO_012	11960	2357	746	7403	-1831	806
SLU_GEO_013	11960	2622	746	8535	-1831	1330
SLU_GEO_014	10530	2298	671	5316	-4340	806

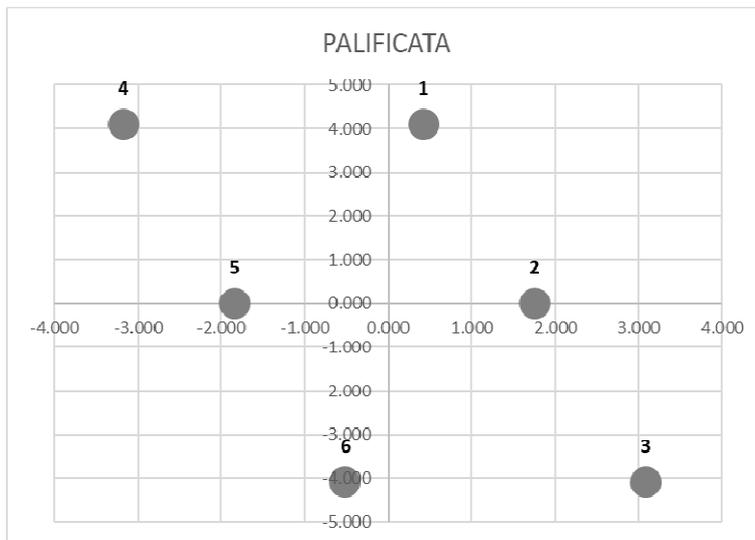
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10304001	-A	59 di 98

SLU_GEO_015	10530	2562	671	6449	-4340	1330
SLU_GEO_016	10489	2536	671	6285	-4258	1282
SLU_GEO_017	10489	2499	671	6126	-4258	1209
SLU_GEO_018	9194	1835	733	1623	-1641	0
SLV_GEO_01	7406	1908	614	4530	-1305	106
SLV_GEO_02	7406	1906	614	4522	-1305	103
SLV_GEO_03	7413	1881	615	4413	-1295	64
SLV_GEO_04	7413	1902	615	4504	-1295	106
SLV_GEO_05	7184	1851	590	3950	-1634	64
SLV_GEO_06	7184	1872	590	4040	-1634	106
SLV_GEO_07	7177	1876	589	4059	-1618	103
SLV_GEO_08	7177	1873	589	4046	-1618	97
SLV_GEO_09	7406	1961	593	4760	-1215	213
SLV_GEO_010	7406	1958	593	4744	-1215	205
SLV_GEO_011	7413	1914	593	4553	-1201	129
SLV_GEO_012	7413	1956	593	4734	-1201	213
SLV_GEO_013	7184	1884	578	4089	-1583	129
SLV_GEO_014	7184	1926	578	4270	-1583	213
SLV_GEO_015	7177	1928	579	4281	-1575	205
SLV_GEO_016	7177	1922	579	4255	-1575	193
SLV_GEO_017	6970	1789	585	3369	-1131	0
SLV_GEO_018	7406	1254	1063	2922	-2405	106
SLV_GEO_019	7406	1252	1063	2914	-2405	103
SLV_GEO_020	7413	1231	1062	2830	-2382	64
SLV_GEO_021	7413	1253	1062	2921	-2382	106
SLV_GEO_022	7184	1216	1029	2458	-2676	64
SLV_GEO_023	7184	1237	1029	2549	-2676	106
SLV_GEO_024	7177	1237	1030	2542	-2672	103
SLV_GEO_025	7177	1234	1030	2529	-2672	97
SLV_GEO_026	7406	1308	1042	3152	-2316	213
SLV_GEO_027	7406	1304	1042	3135	-2316	205
SLV_GEO_028	7413	1264	1040	2969	-2288	129
SLV_GEO_029	7413	1306	1040	3151	-2288	213
SLV_GEO_030	7184	1249	1017	2598	-2624	129
SLV_GEO_031	7184	1291	1017	2779	-2624	213
SLV_GEO_032	7177	1289	1020	2763	-2629	205
SLV_GEO_033	7177	1283	1020	2738	-2629	193
SLV_GEO_034	6970	1122	1017	1792	-2127	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	0.429	4.1
2	1.760	0
3	3.090	-4.1
4	-3.171	4.1
5	-1.840	0
6	-0.510	-4.1

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

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

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

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

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

L/l	C_M
2	1.06
3	0.97

4	0.93
≥ 5	0.93

k_h	1.5	kg/cm ³
λ	2.92	m
L	28	m
L/ λ	9.6	-
C_M	0.93	-

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

	N P.1 [kN]	N P.3 [kN]	N P.6 [kN]	N P.4 [kN]	T P.1 [kN]	T P.3 [kN]	T P.6 [kN]	T P.4 [kN]	M P.1 [kN]	M P.3 [kN]	M P.6 [kN]	M P.4 [kN]
SLU_STR_01	1535	1759	1539	1316	173	173	173	173	468	468	468	468
SLU_STR_02	2459	3586	2540	1413	497	497	497	497	1348	1348	1348	1348
SLU_STR_03	2458	3579	2541	1420	494	494	494	494	1342	1342	1342	1342
SLU_STR_04	2459	3524	2557	1493	474	474	474	474	1286	1286	1286	1286
SLU_STR_05	2470	3600	2545	1414	498	498	498	498	1351	1351	1351	1351
SLU_STR_06	1985	3124	2486	1347	454	454	454	454	1232	1232	1232	1232
SLU_STR_07	1996	3201	2473	1269	478	478	478	478	1297	1297	1297	1297
SLU_STR_08	1995	3168	2458	1286	475	475	475	475	1288	1288	1288	1288
SLU_STR_09	1994	3157	2460	1297	471	471	471	471	1279	1279	1279	1279
SLU_STR_010	2525	3740	2468	1253	550	550	550	550	1493	1493	1493	1493
SLU_STR_011	2523	3727	2471	1267	546	546	546	546	1481	1481	1481	1481
SLU_STR_012	2517	3600	2496	1414	502	502	502	502	1362	1362	1362	1362
SLU_STR_013	2539	3753	2471	1257	551	551	551	551	1495	1495	1495	1495
SLU_STR_014	2024	3219	2444	1249	487	487	487	487	1321	1321	1321	1321
SLU_STR_015	2046	3372	2419	1092	536	536	536	536	1455	1455	1455	1455
SLU_STR_016	2040	3336	2408	1113	531	531	531	531	1442	1442	1442	1442
SLU_STR_017	2037	3315	2412	1135	524	524	524	524	1423	1423	1423	1423
SLU_STR_018	1888	2271	2077	1694	406	406	406	406	1102	1102	1102	1102
SLU_STR_019	2093	3178	2050	966	287	287	287	287	779	779	779	779
SLU_STR_020	2092	3171	2051	973	285	285	285	285	773	773	773	773
SLU_STR_021	2094	3116	2067	1046	265	265	265	265	719	719	719	719
SLU_STR_022	2105	3192	2055	967	288	288	288	288	782	782	782	782
SLU_STR_023	1620	2716	1996	900	244	244	244	244	662	662	662	662
SLU_STR_024	1631	2793	1984	822	268	268	268	268	728	728	728	728
SLU_STR_025	1630	2760	1968	839	265	265	265	265	719	719	719	719
SLU_STR_026	1629	2749	1970	850	261	261	261	261	709	709	709	709
SLU_STR_027	2160	3332	1978	806	341	341	341	341	925	925	925	925

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10304001	-A	62 di 98

SLU_STR_028	2158	3318	1981	820	336	336	336	336	912	912	912	912
SLU_STR_029	2152	3192	2006	967	292	292	292	292	793	793	793	793
SLU_STR_030	2173	3345	1981	810	341	341	341	341	926	926	926	926
SLU_STR_031	1659	2811	1954	802	277	277	277	277	752	752	752	752
SLU_STR_032	1680	2964	1929	645	327	327	327	327	887	887	887	887
SLU_STR_033	1675	2928	1919	665	322	322	322	322	874	874	874	874
SLU_STR_034	1672	2907	1922	687	315	315	315	315	855	855	855	855
SLU_STR_035	1522	1863	1587	1246	197	197	197	197	535	535	535	535
SLV_STR_01	1228	1842	1227	613	334	334	334	334	906	906	906	906
SLV_STR_02	1228	1841	1227	614	334	334	334	334	906	906	906	906
SLV_STR_03	1228	1828	1230	629	330	330	330	330	895	895	895	895
SLV_STR_04	1229	1839	1228	618	333	333	333	333	904	904	904	904
SLV_STR_05	1162	1757	1221	626	324	324	324	324	879	879	879	879
SLV_STR_06	1163	1768	1219	615	327	327	327	327	888	888	888	888
SLV_STR_07	1163	1768	1217	612	328	328	328	328	889	889	889	889
SLV_STR_08	1163	1766	1217	614	327	327	327	327	888	888	888	888
SLV_STR_09	1237	1863	1217	591	342	342	342	342	927	927	927	927
SLV_STR_010	1237	1861	1217	593	341	341	341	341	925	925	925	925
SLV_STR_011	1236	1839	1221	618	334	334	334	334	906	906	906	906
SLV_STR_012	1239	1860	1218	596	341	341	341	341	924	924	924	924
SLV_STR_013	1167	1770	1215	612	328	328	328	328	891	891	891	891
SLV_STR_014	1170	1791	1212	590	335	335	335	335	909	909	909	909
SLV_STR_015	1169	1791	1210	589	335	335	335	335	910	910	910	910
SLV_STR_016	1169	1788	1210	592	334	334	334	334	908	908	908	908
SLV_STR_017	1147	1623	1166	690	314	314	314	314	851	851	851	851
SLV_STR_018	1135	1721	1325	738	274	274	274	274	744	744	744	744
SLV_STR_019	1135	1720	1325	739	274	274	274	274	743	743	743	743
SLV_STR_020	1136	1710	1326	752	271	271	271	271	735	735	735	735
SLV_STR_021	1137	1721	1325	741	274	274	274	274	743	743	743	743
SLV_STR_022	1074	1647	1313	740	266	266	266	266	721	721	721	721
SLV_STR_023	1075	1657	1312	730	268	268	268	268	728	728	728	728
SLV_STR_024	1074	1655	1310	729	268	268	268	268	728	728	728	728
SLV_STR_025	1074	1654	1311	731	268	268	268	268	727	727	727	727
SLV_STR_026	1144	1743	1315	716	279	279	279	279	756	756	756	756
SLV_STR_027	1144	1741	1315	718	278	278	278	278	755	755	755	755
SLV_STR_028	1144	1721	1318	741	273	273	273	273	740	740	740	740
SLV_STR_029	1147	1742	1314	719	278	278	278	278	755	755	755	755
SLV_STR_030	1079	1660	1307	727	268	268	268	268	728	728	728	728
SLV_STR_031	1082	1681	1304	705	274	274	274	274	743	743	743	743
SLV_STR_032	1081	1678	1303	706	274	274	274	274	743	743	743	743
SLV_STR_033	1080	1675	1304	709	273	273	273	273	741	741	741	741
SLV_STR_034	1064	1521	1254	797	258	258	258	258	701	701	701	701
SLE_rara_01	1100	1285	1096	911	128	128	128	128	347	347	347	347
SLE_rara_02	1737	2543	1786	980	350	350	350	350	951	951	951	951
SLE_rara_03	1736	2539	1787	985	349	349	349	349	947	947	947	947

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10304001	-A	63 di 98

SLE_rara_04	1738	2500	1798	1035	335	335	335	335	909	909	909	909
SLE_rara_05	1745	2553	1789	981	351	351	351	351	953	953	953	953
SLE_rara_06	1411	2225	1749	934	321	321	321	321	872	872	872	872
SLE_rara_07	1418	2278	1740	880	338	338	338	338	917	917	917	917
SLE_rara_08	1418	2255	1730	892	336	336	336	336	911	911	911	911
SLE_rara_09	1417	2248	1731	900	333	333	333	333	904	904	904	904
SLE_rara_010	1783	2650	1737	870	387	387	387	387	1051	1051	1051	1051
SLE_rara_011	1782	2640	1738	880	384	384	384	384	1043	1043	1043	1043
SLE_rara_012	1778	2553	1756	981	354	354	354	354	961	961	961	961
SLE_rara_013	1792	2658	1739	873	388	388	388	388	1053	1053	1053	1053
SLE_rara_014	1438	2291	1720	867	344	344	344	344	933	933	933	933
SLE_rara_015	1452	2396	1702	758	378	378	378	378	1025	1025	1025	1025
SLE_rara_016	1449	2371	1695	773	375	375	375	375	1016	1016	1016	1016
SLE_rara_017	1447	2357	1698	788	370	370	370	370	1003	1003	1003	1003
SLE_rara_018	1343	1637	1467	1173	288	288	288	288	783	783	783	783
SLE_fre_01	1101	1284	1095	912	128	128	128	128	346	346	346	346
SLE_fre_02	1475	2095	1456	837	275	275	275	275	746	746	746	746
SLE_fre_03	1474	2089	1457	843	273	273	273	273	741	741	741	741
SLE_fre_04	1471	2037	1469	902	255	255	255	255	693	693	693	693
SLE_fre_05	1480	2101	1458	837	275	275	275	275	747	747	747	747
SLE_fre_06	1290	2015	1499	773	260	260	260	260	707	707	707	707
SLE_fre_07	1301	2099	1485	687	287	287	287	287	780	780	780	780
SLE_fre_08	1301	2077	1477	700	284	284	284	284	772	772	772	772
SLE_fre_09	1299	2066	1479	712	281	281	281	281	762	762	762	762
SLE_QP_01	1102	1284	1094	913	127	127	127	127	346	346	346	346
SLU_GEO_01	1155	1380	1138	913	128	128	128	128	347	347	347	347
SLU_GEO_02	1951	2955	2000	996	407	407	407	407	1106	1106	1106	1106
SLU_GEO_03	1950	2949	2001	1002	406	406	406	406	1101	1101	1101	1101
SLU_GEO_04	1951	2902	2015	1065	388	388	388	388	1053	1053	1053	1053
SLU_GEO_05	1960	2968	2004	997	408	408	408	408	1108	1108	1108	1108
SLU_GEO_06	1543	2557	1954	940	370	370	370	370	1005	1005	1005	1005
SLU_GEO_07	1552	2623	1943	872	391	391	391	391	1062	1062	1062	1062
SLU_GEO_08	1551	2595	1930	887	388	388	388	388	1054	1054	1054	1054
SLU_GEO_09	1550	2585	1931	896	386	386	386	386	1046	1046	1046	1046
SLU_GEO_010	2008	3088	1939	858	454	454	454	454	1231	1231	1231	1231
SLU_GEO_011	2007	3076	1941	871	450	450	450	450	1221	1221	1221	1221
SLU_GEO_012	2001	2967	1963	997	412	412	412	412	1118	1118	1118	1118
SLU_GEO_013	2020	3099	1941	861	454	454	454	454	1233	1233	1233	1233
SLU_GEO_014	1576	2639	1918	855	399	399	399	399	1083	1083	1083	1083
SLU_GEO_015	1595	2771	1896	720	441	441	441	441	1198	1198	1198	1198
SLU_GEO_016	1590	2740	1887	737	437	437	437	437	1187	1187	1187	1187
SLU_GEO_017	1587	2721	1890	756	431	431	431	431	1170	1170	1170	1170
SLU_GEO_018	1458	1821	1601	1238	329	329	329	329	894	894	894	894
SLV_GEO_01	1228	1842	1227	613	334	334	334	334	906	906	906	906
SLV_GEO_02	1228	1841	1227	614	334	334	334	334	906	906	906	906

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10304001	-A	64 di 98

SLV_GEO_03	1228	1828	1230	629	330	330	330	330	895	895	895	895
SLV_GEO_04	1229	1839	1228	618	333	333	333	333	904	904	904	904
SLV_GEO_05	1162	1757	1221	626	324	324	324	324	879	879	879	879
SLV_GEO_06	1163	1768	1219	615	327	327	327	327	888	888	888	888
SLV_GEO_07	1163	1768	1217	612	328	328	328	328	889	889	889	889
SLV_GEO_08	1163	1766	1217	614	327	327	327	327	888	888	888	888
SLV_GEO_09	1237	1863	1217	591	342	342	342	342	927	927	927	927
SLV_GEO_010	1237	1861	1217	593	341	341	341	341	925	925	925	925
SLV_GEO_011	1236	1839	1221	618	334	334	334	334	906	906	906	906
SLV_GEO_012	1239	1860	1218	596	341	341	341	341	924	924	924	924
SLV_GEO_013	1167	1770	1215	612	328	328	328	328	891	891	891	891
SLV_GEO_014	1170	1791	1212	590	335	335	335	335	909	909	909	909
SLV_GEO_015	1169	1791	1210	589	335	335	335	335	910	910	910	910
SLV_GEO_016	1169	1788	1210	592	334	334	334	334	908	908	908	908
SLV_GEO_017	1147	1623	1166	690	314	314	314	314	851	851	851	851
SLV_GEO_018	1135	1721	1325	738	274	274	274	274	744	744	744	744
SLV_GEO_019	1135	1720	1325	739	274	274	274	274	743	743	743	743
SLV_GEO_020	1136	1710	1326	752	271	271	271	271	735	735	735	735
SLV_GEO_021	1137	1721	1325	741	274	274	274	274	743	743	743	743
SLV_GEO_022	1074	1647	1313	740	266	266	266	266	721	721	721	721
SLV_GEO_023	1075	1657	1312	730	268	268	268	268	728	728	728	728
SLV_GEO_024	1074	1655	1310	729	268	268	268	268	728	728	728	728
SLV_GEO_025	1074	1654	1311	731	268	268	268	268	727	727	727	727
SLV_GEO_026	1144	1743	1315	716	279	279	279	279	756	756	756	756
SLV_GEO_027	1144	1741	1315	718	278	278	278	278	755	755	755	755
SLV_GEO_028	1144	1721	1318	741	273	273	273	273	740	740	740	740
SLV_GEO_029	1147	1742	1314	719	278	278	278	278	755	755	755	755
SLV_GEO_030	1079	1660	1307	727	268	268	268	268	728	728	728	728
SLV_GEO_031	1082	1681	1304	705	274	274	274	274	743	743	743	743
SLV_GEO_032	1081	1678	1303	706	274	274	274	274	743	743	743	743
SLV_GEO_033	1080	1675	1304	709	273	273	273	273	741	741	741	741
SLV_GEO_034	1061	1500	1257	818	252	252	252	252	685	685	685	685

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

		N P.1	N P.3	N P.6	N P.4	T P.1	T P.3	T P.6	T P.4	M P.1	M P.3	M P.6	M P.4
		[kN]											
SLU STR	MIN	1522	1759	1539	645	173	173	173	173	468	468	468	468
SLU STR	MAX	2539	3753	2557	1694	551	551	551	551	1495	1495	1495	1495
SLV STR	MIN	1064	1521	1166	589	258	258	258	258	701	701	701	701
SLV STR	MAX	1239	1863	1326	797	342	342	342	342	927	927	927	927

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	65 di 98

SLE RARA	MIN	1100	1285	1096	758	128	128	128	128	347	347	347	347
SLE RARA	MAX	1792	2658	1798	1173	388	388	388	388	1053	1053	1053	1053
SLE FREQ	MIN	1101	1284	1095	687	128	128	128	128	346	346	346	346
SLE FREQ	MAX	1480	2101	1499	912	287	287	287	287	780	780	780	780
SLE QP	MIN	1102	1284	1094	913	127	127	127	127	346	346	346	346
SLE QP	MAX	1102	1284	1094	913	127	127	127	127	346	346	346	346
SLU GEO	MIN	1155	1380	1138	720	128	128	128	128	347	347	347	347
SLU GEO	MAX	2020	3099	2015	1238	454	454	454	454	1233	1233	1233	1233
SLV GEO	MIN	1061	1500	1166	589	252	252	252	252	685	685	685	685
SLV GEO	MAX	1239	1863	1326	818	342	342	342	342	927	927	927	927

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

		N P.1	N P.3	N P.6	N P.4	T P.1	T P.3	T P.6	T P.4	M P.1	M P.3	M P.6	M P.4
		[kN]											
SLU STR	MIN	1085	1335	1097	189	173	173	173	173	468	468	468	468
SLU STR	MAX	2101	3329	2115	1238	551	551	551	551	1495	1495	1495	1495
SLV STR	MIN	1064	1521	1166	589	258	258	258	258	701	701	701	701
SLV STR	MAX	1239	1863	1326	797	342	342	342	342	927	927	927	927
SLE RARA	MIN	1100	1285	1096	758	128	128	128	128	347	347	347	347
SLE RARA	MAX	1792	2658	1798	1173	388	388	388	388	1053	1053	1053	1053
SLE FREQ	MIN	1101	1284	1095	687	128	128	128	128	346	346	346	346
SLE FREQ	MAX	1480	2101	1499	912	287	287	287	287	780	780	780	780
SLE QP	MIN	1102	1284	1094	913	127	127	127	127	346	346	346	346
SLE QP	MAX	1102	1284	1094	913	127	127	127	127	346	346	346	346
SLU GEO	MIN	1100	1286	1097	718	128	128	128	128	347	347	347	347
SLU GEO	MAX	1965	3005	1974	1236	454	454	454	454	1233	1233	1233	1233
SLV GEO	MIN	1061	1500	1166	589	252	252	252	252	685	685	685	685
SLV GEO	MAX	1239	1863	1326	818	342	342	342	342	927	927	927	927

9 VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE

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

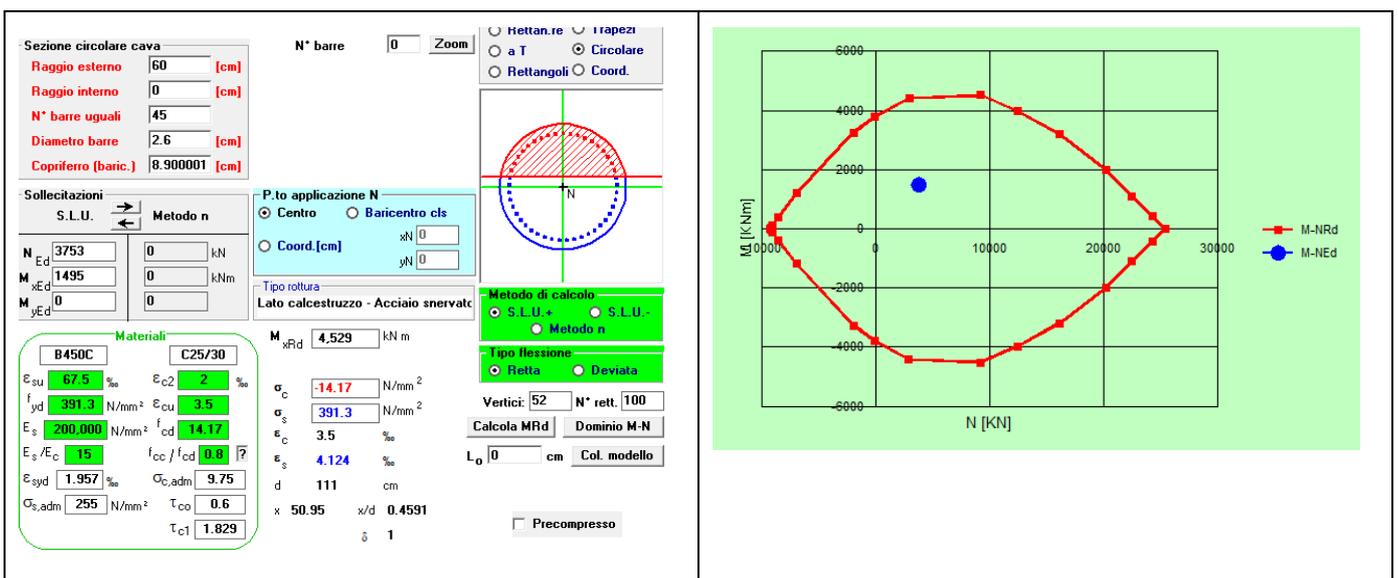
9.1 Verifica a pressoflessione allo SLU

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

Sollecitazioni di verifica:

	SLU STR	SLV STR
Nmax (kN)	3753	1863
M (kNm)	1495	927
Nmin (kN)	189	589
M (kNm)	887	910

Verifiche:



RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	67 di 98

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}: 1863 [kN]
M_{xEd}: 927 [kNm]
M_{yEd}: 0

P.to applicazione N: Centro (radio buttons)
Coord. [cm]: xN 0, yN 0

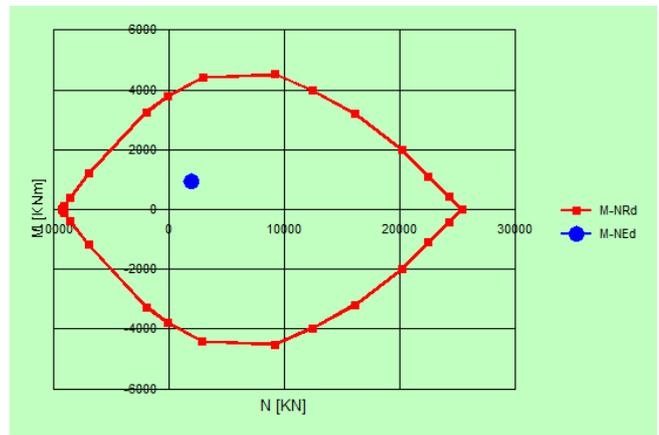
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

M_{xRd}: 4.246 kNm, σ_c: -14.17 N/mm², σ_s: 391.3 N/mm², ε_c: 3.5 ‰, ε_s: 5.443 ‰, d: 111 cm, x: 43.43, x/d: 0.3914, δ: 0.9292

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



Sezione circolare cava

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

N° barre: 0 Zoom

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 189 [kN]
M_{xEd}: 887 [kNm]
M_{yEd}: 0

P.to applicazione N: Centro (radio buttons)
Coord. [cm]: xN 0, yN 0

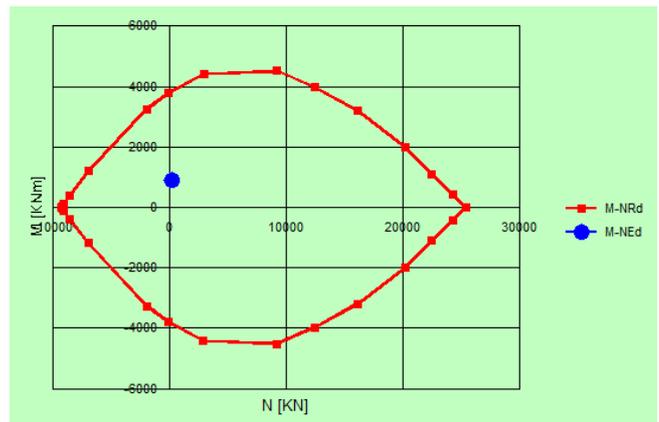
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

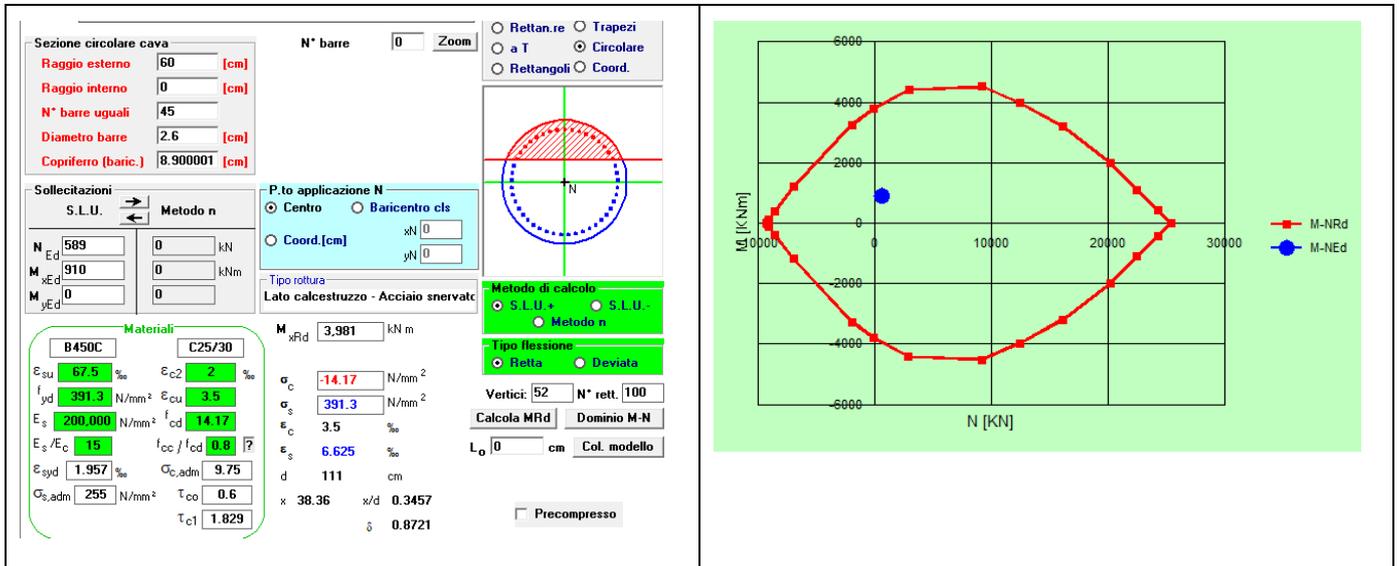
Materiali: B450C, C25/30

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

M_{xRd}: 3.886 kNm, σ_c: -14.17 N/mm², σ_s: 391.3 N/mm², ε_c: 3.5 ‰, ε_s: 7.054 ‰, d: 111 cm, x: 36.8, x/d: 0.3316, δ: 0.8545

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





9.2 Verifica a pressoflessione allo SLE

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

Sollecitazioni di verifica:

	SLE RARE	SLE FREQ	SLE QP
Nmax (kN)	2658	2101	1284
M (kNm)	1053	747	346
Nmin (kN)	1285	1284	1284
M (kNm)	347	346	346

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

Si distinguono i seguenti stati limite:

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

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

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

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0304001	REV. -A

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

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

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni di carico:

- combinazione rara

Le armature sono classificate come “armature poco sensibili”.

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

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

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

Il valore di calcolo è dato da:

$$W_K = 1.7 W_m$$

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

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

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

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

in cui:

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

 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 CLVI0304001	REV. -A

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)	-2.32	-0.49

Si supera lo stato limite di formazione delle fessure: 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	461.5	kg/cm ²
σ _{sr}	508.4	kg/cm ²
β ₁	1	-
β ₂	0.5	-
(1-β ₁ β ₂ (σ _{sr} /σ _s) ²)	0.39	-
E	2100000	kg/cm ²
ε _{sr}	0.0000879	-
w _m	0.0188	mm
w _k	0.0319	mm

w limite	0.2	mm
Verifica	OK	

 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 CLVI0304001	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)	6.4	2.3
$\sigma_{c_QuasiPERM}$ (MPa)	2.3	2.3

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)	-46.1	-6.9

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

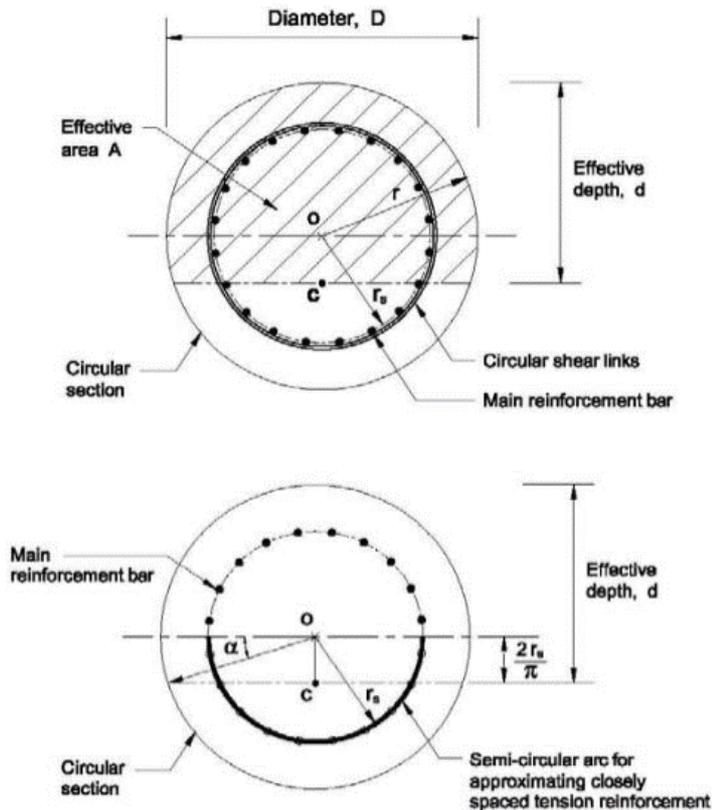
9.3 Verifica a taglio

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:

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



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

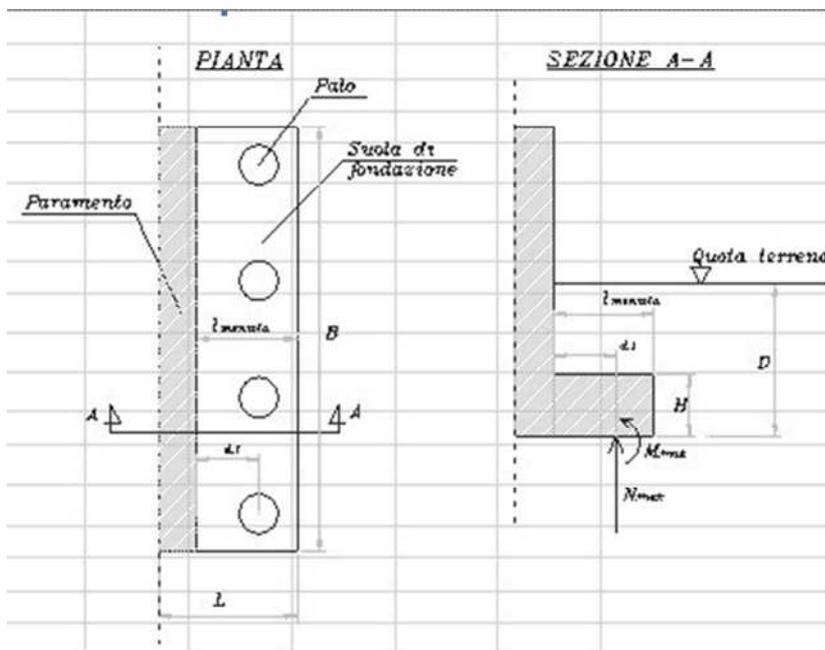
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	74 di 98

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	
Taglio agente	551.0	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.10

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}	3.365 m	
d_1	2.29 m	distanza pali dal setto
i	4.1 m	interasse pali

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0304001	-A	76 di 98

	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	$V_p =$ azione orizzontale sul palo
SLU STR	1164	551	-493	173	
SLV STR	585	342	-153	258	
SLE RARA	822	388	-218	128	
SLE FREQ	669	287	-143	128	
SLE Q.P.	412	127	231	128	

Sollecitazioni all'incastro della mensola:

	N_{MAX}			N_{MIN}		
	M	N (>0 traz)	V	M	N (>0 traz)	V
	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
	$=N_p \times d_1$	$=V_p$	$=N_p$	$=N_p \times d_1$	$=V_p$	$=N_p$
SLU STR	2665	551	1164	-1129	173	-493
SLV STR	1340	342	585	-350	258	-153
SLE RARA	1881	388	822	-500	128	-218
SLE FREQ	1532	287	669	-327	128	-143
SLE Q.P.	943	127	412	528	128	231

Sollecitazioni all'incastro della mensola a metro lineare:

Lunghezza di ripartizione 3.15 m

	N_{MAX}			N_{MIN}		
	M	N (>0 traz)	V	M	N (>0 traz)	V
	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
	$=N_p \times d_1$	$=V_p$	$=N_p$	$=N_p \times d_1$	$=V_p$	$=N_p$
SLU STR	846.2	174.9	369.5	-358.5	54.8	-156.5
SLV STR	425.3	108.4	185.7	-111.0	82.0	-48.5
SLE RARA	597.2	123.1	260.8	-158.6	40.6	-69.3
SLE FREQ	486.5	91.3	212.4	-103.8	40.5	-45.3
SLE Q.P.	299.4	40.4	130.7	167.6	40.5	73.2

10.2 Verifica a pressoflessione

Spessore:	150cm
Copriferro:	40mm
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: 3.15m (distanza tra bordo fondazione e interasse pali in direzione trasversale (Y)).

Tirante-Puntone

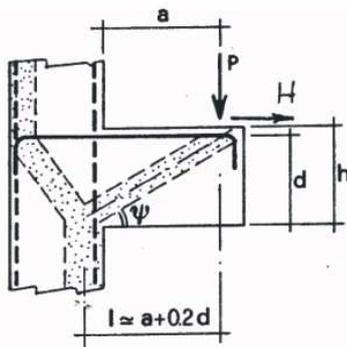


Figura 15: meccanismo di tirante-puntone

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)	1164	585	Reazione palo
H (kN)	551	342	Azione tagliante orizzontale
Azioni a ml di fondazione			
P/ml (kN/m)	369.5	185.7	
H/ml (kN/m)	174.9	108.4	
A_s	3014.4	mm ² /m	ϕ 24 / 15
f_{yd}	391.3	MPa	

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLV10304001	-A	78 di 98

d	1.45	m	
a	2.29	m	
l=a+0.2d	2.58	m	
R _s (kN/m)	595.81	595.85	Resistenza tirante armatura = (A _s *f _{yd} -H)*0.9*d/L
R_s>=P	OK	OK	
FS=	1.61	3.21	
f _{cd}	14.11	MPa	
λ=L/d	1.78		
b	1	m	
c	1.5		
R _c	2937.1	kN/m	Resistenza biella calcestruzzo = 0.4*b*d*f _{cd} *c/(1+λ ²)
R_c>=R_s	OK	OK	
FS=	4.93	4.93	

TIRANTE - PUNTONE Nmix (Armatore estradosso)

	SLV STR	SLE RARA	
P (kN)	-493	-153	Reazione palo
H (kN)	173	258	Azione tagliante orizzontale
Azioni a ml di fondazione			
P/ml (kN/m)	-156.5	-48.5	
H/ml (kN/m)	54.8	82.0	
A _s	3014.4	mm ² /m	φ 24 / 15
f _{yd}	391.3	MPa	
d	1.45	m	
a	2.29	m	
l=a+0.2d	2.58	m	
R _s (kN/m)	595.87	595.86	Resistenza tirante armatura = (A _s *f _{yd} -H)*0.9*d/L
R_s>=P	OK	OK	
FS=	3.81	12.29	
f _{cd}	14.11	MPa	
λ=L/d	1.78		
b	1	m	
c	1.5		
R _c	2937.1	kN/m	Resistenza biella calcestruzzo = 0.4*b*d*f _{cd} *c/(1+λ ²)
R_c>=R_s	OK	OK	
FS=	4.93	4.93	

 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 CLVI0304001	REV. -A

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)	-1.45	-0.39

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:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,55 * f_{ck} = 13.7 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

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

In particolare si ha:

	Comb.	Comb.
	N_{max}	N_{min}
σ_{c_RARA} (MPa)	2.31	0.60
$\sigma_{c_QuasiPERM}$ (MPa)	1.18	0.64

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:

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

 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 CLVI0304001	REV. -A

Si ha:

	Comb.	Comb.
	N_{max}	N_{min}
$\sigma_{s,RARA}$ (MPa)	-164.46	-44.91

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: 369.5 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	369.5	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.11

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>	451	0	0	164	0
<i>g2</i>	<i>Sovraccarichi permanenti impalcato</i>	973	0	0	353	0
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2253	269	210	1565	-335
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2253	259	210	1538	-335
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	2287	163	220	1283	-282
GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	2287	269	220	1577	-282
GRUPPO 1e	LM71 in F	1143	163	110	868	-2405
GRUPPO 1f	LM71 in A	1143	269	110	1162	-2405
GRUPPO 1g	SW2 in F	1110	259	100	1123	-2326
GRUPPO 1h	SW2 in A	1110	244	100	1082	-2326
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2253	537	105	2312	-201
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2253	518	105	2258	-201
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	2287	326	110	1735	-141
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	2287	537	110	2324	-141
GRUPPO 3e	LM71 in F	1143	326	50	1320	-2328
GRUPPO 3f	LM71 in A	1143	537	50	1909	-2328
GRUPPO 3g	SW2 in F	1110	518	50	1843	-2262
GRUPPO 3h	SW2 in A	1110	488	50	1761	-2262
GRUPPO 2	<i>Treno scarico</i>	74	0	100	27	-19
GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1352	322	126	1387	-201
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1352	311	126	1355	-201
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1372	195	132	1041	-169
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1372	322	132	1394	-169
GRUPPO 4e	LM71 in F	915	260	88	1056	-1924
GRUPPO 4f	LM71 in A	915	430	88	1527	-1924
GRUPPO 4g	SW2 in F	888	414	80	1474	-1861
GRUPPO 4h	SW2 in A	888	391	80	1409	-1861
<i>q5,scarico</i>	<i>Vento a ponte scarico</i>	0	0	8	0	-18
<i>q5,carico</i>	<i>Vento a ponte carico</i>	0	0	39	0	-166

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0304001	-A	82 di 98

Q4	Centrifuga	0	0	0	0	0
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	147	0	221	0
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	147	0	221	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	148	0	223	0
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	148	0	223	0
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	103	0	154	0
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	103	0	154	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	101	0	152	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	101	0	152	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	147	0	221	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	147	0	221	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	148	0	223	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	148	0	223	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	103	0	154	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	103	0	154	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	101	0	152	0
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	101	0	152	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	60	0	90	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	111	0	167	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	111	0	167	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	112	0	168	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	112	0	168	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	94	0	140	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	94	0	140	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	92	0	139	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	92	0	139	0
q6,vert, z	Spettro Z	0	0	0	0	0
Spettro X	Spettro X	0	204	0	579	0
Spettro X	Spettro X	0	204	0	579	0
Spettro X	Spettro X	0	198	0	551	0
Spettro X	Spettro X	0	198	0	551	0
Spettro X	Spettro X	0	177	0	452	0
Spettro X	Spettro X	0	177	0	452	0
Spettro X	Spettro X	0	183	0	480	0
Spettro X	Spettro X	0	183	0	480	0
Spettro X	Spettro X	0	204	0	579	0
Spettro X	Spettro X	0	204	0	579	0
Spettro X	Spettro X	0	198	0	551	0
Spettro X	Spettro X	0	198	0	551	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	83 di 98

Spettro X	Spettro X	0	177	0	452	0
Spettro X	Spettro X	0	177	0	452	0
Spettro X	Spettro X	0	183	0	480	0
Spettro X	Spettro X	0	183	0	480	0
Spettro X	Spettro X	0	156	0	353	0
Spettro Y	Spettro Y	0	0	180	0	-266
Spettro Y	Spettro Y	0	0	180	0	-266
Spettro Y	Spettro Y	0	0	177	0	-247
Spettro Y	Spettro Y	0	0	177	0	-247
Spettro Y	Spettro Y	0	0	166	0	-180
Spettro Y	Spettro Y	0	0	166	0	-180
Spettro Y	Spettro Y	0	0	169	0	-199
Spettro Y	Spettro Y	0	0	169	0	-199
Spettro Y	Spettro Y	0	0	180	0	-266
Spettro Y	Spettro Y	0	0	180	0	-266
Spettro Y	Spettro Y	0	0	177	0	-247
Spettro Y	Spettro Y	0	0	177	0	-247
Spettro Y	Spettro Y	0	0	166	0	-180
Spettro Y	Spettro Y	0	0	166	0	-180
Spettro Y	Spettro Y	0	0	169	0	-199
Spettro Y	Spettro Y	0	0	169	0	-199
Spettro Y	Spettro Y	0	0	156	0	-112
g1	Peso spalla (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	531	0	0	-43	0
g1	Rinterro interno	0	0	0	0	0
g1	Rinterro esterno	0	0	0	0	0
g1	Spinta terre (per STR)	0	291	0	272	0
q1k	Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	0	0	0	0	0
q1k	Spinta carico accidentale 50kN/mq	0	566	0	792	0
g1	Spinta terre (per GEO)	0	356	0	333	0
q1k	Spinta carico accidentale 50kPa +10kPa su bandiera(per GEO)	0	692	0	968	0
q6	Inerzia spalla dir longitudinale (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	0	55	-18	61	20
q6	Inerzia spalla dir trasversale (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	0	18	55	20	-61
q6	Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	0	0	0	0
q6	Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale	0	0	0	0	0
q6	Incremento di spinta sismica (per STR)	0	83	0	116	0
q6	Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	83	0	116	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	1955	393	12	841	-27
SLU_STR_02	5222	1824	340	4589	-635
SLU_STR_03	5222	1810	340	4550	-635
SLU_STR_04	5271	1672	354	4183	-558
SLU_STR_05	5271	1826	354	4610	-558
SLU_STR_06	3613	1603	195	3478	-3637
SLU_STR_07	3613	1757	195	3905	-3637
SLU_STR_08	3564	1741	180	3845	-3522
SLU_STR_09	3564	1719	180	3786	-3522
SLU_STR_010	5222	2213	187	5672	-441
SLU_STR_011	5222	2185	187	5594	-441
SLU_STR_012	5271	1908	195	4839	-354
SLU_STR_013	5271	2215	195	5692	-354
SLU_STR_014	3613	1840	108	4134	-3525
SLU_STR_015	3613	2146	108	4988	-3525
SLU_STR_016	3564	2116	108	4889	-3429
SLU_STR_017	3564	2074	108	4770	-3429
SLU_STR_018	2062	1303	180	2163	-176
SLU_STR_019	5222	1004	340	3441	-635
SLU_STR_020	5222	990	340	3402	-635
SLU_STR_021	5271	852	354	3035	-558
SLU_STR_022	5271	1006	354	3462	-558
SLU_STR_023	3613	783	195	2330	-3637
SLU_STR_024	3613	937	195	2757	-3637
SLU_STR_025	3564	921	180	2697	-3522
SLU_STR_026	3564	899	180	2638	-3522
SLU_STR_027	5222	1393	187	4524	-441
SLU_STR_028	5222	1365	187	4446	-441
SLU_STR_029	5271	1088	195	3691	-354
SLU_STR_030	5271	1395	195	4544	-354
SLU_STR_031	3613	1020	108	2986	-3525
SLU_STR_032	3613	1326	108	3840	-3525

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0304001	-A	85 di 98

SLU_STR_033	3564	1296	108	3741	-3429
SLU_STR_034	3564	1254	108	3622	-3429
SLU_STR_035	2062	483	180	1015	-176
SLV_STR_01	2405	835	94	2024	-124
SLV_STR_02	2405	833	94	2018	-124
SLV_STR_03	2412	808	95	1940	-111
SLV_STR_04	2412	829	95	1999	-111
SLV_STR_05	2183	778	70	1744	-525
SLV_STR_06	2183	799	70	1803	-525
SLV_STR_07	2177	803	69	1822	-512
SLV_STR_08	2177	800	69	1814	-512
SLV_STR_09	2405	889	73	2173	-97
SLV_STR_010	2405	885	73	2162	-97
SLV_STR_011	2412	841	73	2031	-82
SLV_STR_012	2412	883	73	2148	-82
SLV_STR_013	2183	811	58	1835	-510
SLV_STR_014	2183	853	58	1952	-510
SLV_STR_015	2177	855	59	1966	-499
SLV_STR_016	2177	849	59	1950	-499
SLV_STR_017	1969	716	65	1464	-38
SLV_STR_018	2405	608	272	1508	-318
SLV_STR_019	2405	606	272	1503	-318
SLV_STR_020	2412	586	271	1444	-298
SLV_STR_021	2412	607	271	1503	-298
SLV_STR_022	2183	570	238	1317	-689
SLV_STR_023	2183	591	238	1376	-689
SLV_STR_024	2177	591	239	1376	-683
SLV_STR_025	2177	588	239	1368	-683
SLV_STR_026	2405	662	251	1658	-292
SLV_STR_027	2405	658	251	1647	-292
SLV_STR_028	2412	618	249	1535	-270
SLV_STR_029	2412	661	249	1652	-270
SLV_STR_030	2183	603	226	1408	-674
SLV_STR_031	2183	645	226	1526	-674
SLV_STR_032	2177	643	229	1520	-670
SLV_STR_033	2177	637	229	1504	-670
SLV_STR_034	1969	523	226	1107	-178
SLE_rara_01	1955	291	8	746	-18
SLE_rara_02	4208	1273	233	3323	-435

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0304001	-A	86 di 98

SLE_rara_03	4208	1263	233	3296	-435
SLE_rara_04	4242	1168	243	3043	-381
SLE_rara_05	4242	1274	243	3337	-381
SLE_rara_06	3098	1122	133	2559	-2505
SLE_rara_07	3098	1228	133	2853	-2505
SLE_rara_08	3065	1217	123	2812	-2425
SLE_rara_09	3065	1202	123	2771	-2425
SLE_rara_010	4208	1541	128	4070	-300
SLE_rara_011	4208	1522	128	4016	-300
SLE_rara_012	4242	1331	133	3496	-240
SLE_rara_013	4242	1543	133	4084	-240
SLE_rara_014	3098	1285	73	3012	-2428
SLE_rara_015	3098	1497	73	3600	-2428
SLE_rara_016	3065	1476	73	3533	-2361
SLE_rara_017	3065	1447	73	3450	-2361
SLE_rara_018	2029	917	123	1654	-118
SLE_fre_01	1955	291	4	746	-9
SLE_fre_02	3307	1008	126	2695	-201
SLE_fre_03	3307	996	126	2663	-201
SLE_fre_04	3327	881	132	2351	-169
SLE_fre_05	3327	1008	132	2704	-169
SLE_fre_06	2869	928	88	2338	-1924
SLE_fre_07	2869	1097	88	2809	-1924
SLE_fre_08	2843	1081	80	2755	-1861
SLE_fre_09	2843	1057	80	2689	-1861
SLE_QP_01	1955	291	0	746	0
SLU_GEO_01	1955	356	10	806	-24
SLU_GEO_02	4772	1748	293	4259	-548
SLU_GEO_03	4772	1736	293	4226	-548
SLU_GEO_04	4813	1617	305	3909	-482
SLU_GEO_05	4813	1749	305	4277	-482
SLU_GEO_06	3384	1558	168	3301	-3136
SLU_GEO_07	3384	1690	168	3669	-3136
SLU_GEO_08	3342	1676	155	3618	-3037
SLU_GEO_09	3342	1658	155	3566	-3037
SLU_GEO_010	4772	2084	162	5193	-380
SLU_GEO_011	4772	2059	162	5126	-380
SLU_GEO_012	4813	1821	168	4475	-306
SLU_GEO_013	4813	2085	168	5211	-306

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0304001	-A	87 di 98

SLU_GEO_014	3384	1761	93	3867	-3040
SLU_GEO_015	3384	2026	93	4603	-3040
SLU_GEO_016	3342	2000	93	4518	-2957
SLU_GEO_017	3342	1963	93	4415	-2957
SLU_GEO_018	2047	1299	155	2167	-153
SLV_GEO_01	2405	925	94	2120	-124
SLV_GEO_02	2405	923	94	2114	-124
SLV_GEO_03	2412	898	95	2036	-111
SLV_GEO_04	2412	919	95	2095	-111
SLV_GEO_05	2183	868	70	1840	-525
SLV_GEO_06	2183	889	70	1899	-525
SLV_GEO_07	2177	893	69	1918	-512
SLV_GEO_08	2177	890	69	1910	-512
SLV_GEO_09	2405	979	73	2269	-97
SLV_GEO_010	2405	975	73	2258	-97
SLV_GEO_011	2412	931	73	2126	-82
SLV_GEO_012	2412	973	73	2244	-82
SLV_GEO_013	2183	901	58	1930	-510
SLV_GEO_014	2183	943	58	2048	-510
SLV_GEO_015	2177	945	59	2062	-499
SLV_GEO_016	2177	939	59	2046	-499
SLV_GEO_017	1969	806	65	1560	-38
SLV_GEO_018	2405	698	272	1604	-318
SLV_GEO_019	2405	697	272	1599	-318
SLV_GEO_020	2412	676	271	1540	-298
SLV_GEO_021	2412	697	271	1599	-298
SLV_GEO_022	2183	660	238	1413	-689
SLV_GEO_023	2183	682	238	1472	-689
SLV_GEO_024	2177	681	239	1472	-683
SLV_GEO_025	2177	678	239	1464	-683
SLV_GEO_026	2405	752	251	1754	-292
SLV_GEO_027	2405	748	251	1743	-292
SLV_GEO_028	2412	708	249	1630	-270
SLV_GEO_029	2412	751	249	1748	-270
SLV_GEO_030	2183	693	226	1504	-674
SLV_GEO_031	2183	735	226	1622	-674
SLV_GEO_032	2177	733	229	1616	-670
SLV_GEO_033	2177	727	229	1600	-670
SLV_GEO_034	1969	566	226	1097	-178

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.

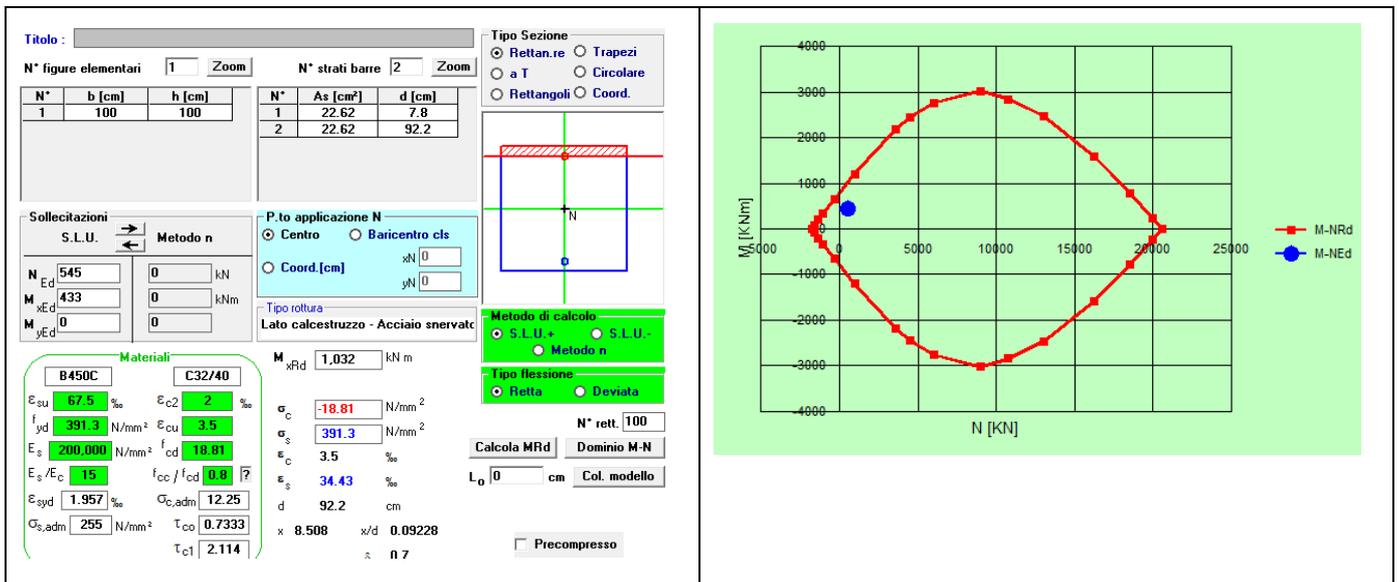
11.3.1 SLU

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)	545	202	545
M (kNm/m)	433	87	589

Verifiche:



RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10304001	-A	89 di 98

PROFILO :

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

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

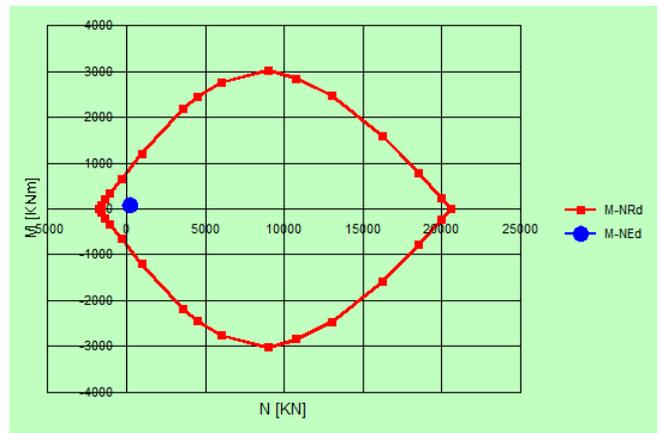
N_{Ed} 202 kN
M_{xEd} 87 kNm
M_{yEd} 0

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

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} 0.0
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
τ_{c1} 2.114

M_{xRd} 885.7 kNm
σ_c -18.81 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 39.45 ‰
d 92.2 cm
x 7.513 x/d 0.08149
δ 0.7

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



PROFILO :

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

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

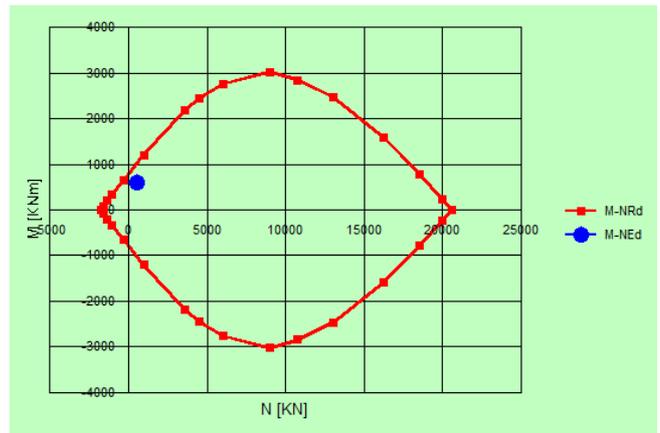
N_{Ed} 545 kN
M_{xEd} 589 kNm
M_{yEd} 0

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

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} 0.0
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
τ_{c1} 2.114

M_{xRd} 1.032 kNm
σ_c -18.81 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 34.43 ‰
d 92.2 cm
x 8.508 x/d 0.09228
δ 0.7

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



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)	439	202	439
M (kNm/m)	315	77	422

SLE FREQUENTI

	N_{max}	N_{min}	M_{max}
N (kN/m)	344	202	297
M (kNm/m)	243	77	290

SLE QUASI PERMANENTI (unica combinazione)

N (kN/m)	202
M (kNm/m)	77

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)	-1.24	-0.21	-1.80

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)	3.10	0.71	4.21
$\sigma_{c_QuasiPERM}$ (MPa)	0.71		

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)	-78.14	-6.89	-131.44

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: 229 kN/m (SLU_STR_013)

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	CLVI0304001	-A	92 di 98

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	229.0	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.44

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.

Sollecitazioni complessive al piede:

	N	F	M
	[kN]	[kN]	[kNm]
Peso proprio	99	0	0
Spinta Terreno STR	0	107	99
Spinta Terreno GEO	0	130	122
Spinta accidentale STR	0	190	266
Spinta accidentale GEO	0	233	326
Inerzia	0	11	15
Incremento di spinta sismica STR	0	30	43
Incremento di spinta sismica GEO	0	30	43

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	28	0	0
Spinta Terreno STR	0	30	28
Spinta Terreno GEO	0	37	34
Spinta accidentale STR	0	54	75
Spinta accidentale GEO	0	66	92
Inerzia	0	3	4
Incremento di spinta sismica STR	0	9	12
Incremento di spinta sismica GEO	0	9	12

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	36	119	147
SLU GEO	28	119	150
SLV STR	28	96	120
SLV GEO	28	114	143
RARA	28	84	103
FREQUENTE	28	57	66
QUASI PERM	28	30	28

12.3 Verifica a pressoflessione

Spessore muro:	40cm
Copriferro:	50mm
Armatura verticale zona tesa:	φ20/15
Armatura verticale zona compressa:	φ20/20
Armatura orizzontale su ambo i lati:	φ16/20

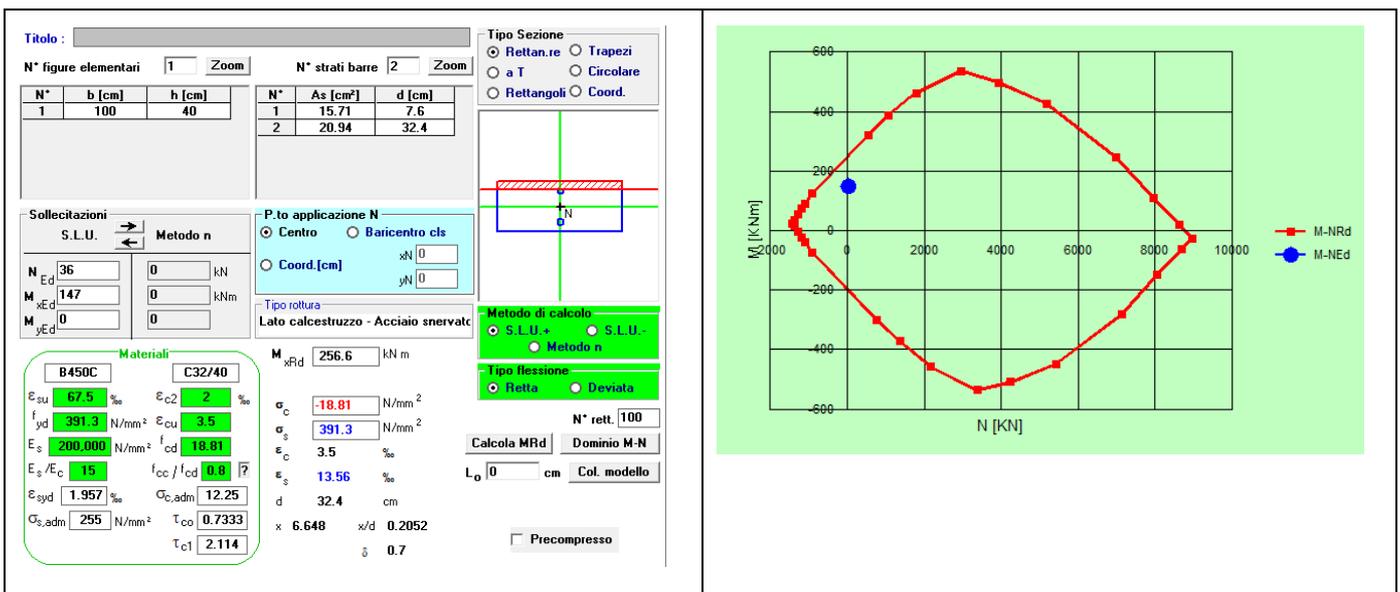
12.3.1 SLU

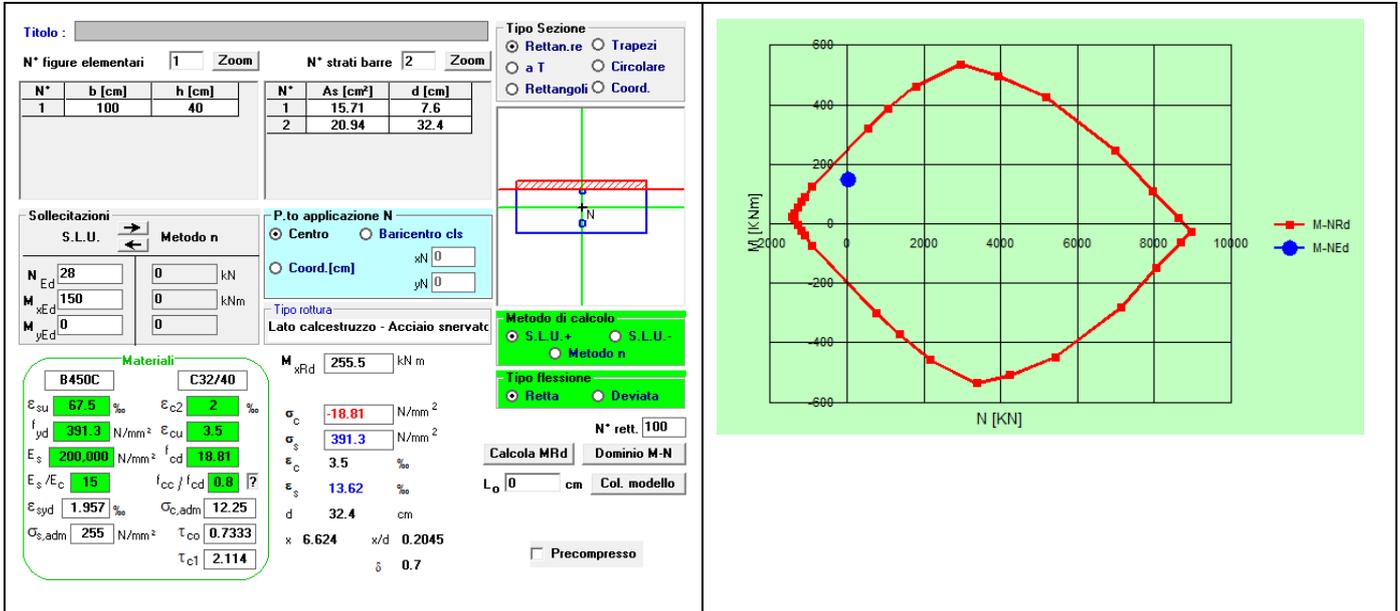
Sono state verificate le condizioni di N_{min} , N_{max} e M_{max} per le combinazioni SLU e SLV.

Sollecitazioni di verifica:

	N_{max}	N_{min}	M_{max}
N (kN/m)	36	28	28
M (kNm/m)	147	150	150

Verifiche:





12.3.2 SLE

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

12.3.2.1 Stato limite di formazione delle fessure

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

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2 = 3,1 / 1,2 = - 2,58 \text{ MPa.}$$

$$\sigma_{c_RARA} \text{ (MPa)} \quad -3,25$$

Si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non 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}	143.8	mm
A _{eff}	143800	mm ²
ρ	0.01456	-

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0304001	-A	97 di 98

S_{rm}	250.7	mm
σ_t	25.82	kg/cm ²
σ_s	1677.0	kg/cm ²
σ_{sr}	1597.0	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}	0.0004365	-
w_m	0.1094	mm
w_k	0.1860	mm

w limite	0.2	mm
Verifica	OK	

12.3.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

Si procede inoltre con la verifica tensionale per 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:

$$\sigma_{c_RARA} \text{ (MPa)} = 5.94$$

$$\sigma_{c_QuasiPERM} \text{ (MPa)} = 1.63$$

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:

$$\sigma_{s_RARA} \text{ (MPa)} = -167.7$$

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

12.4 Verifica a taglio

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

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

Massima azione di taglio: 119 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	119.0	kN
Verifica soddisfatta	FS	1.61