

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

## U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

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

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI06-VI07 - Nuovo ponte sul Cavo Borromeo Km 15+734,03

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 6 0 4    0 0 1    A

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

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD  
Dott. Ing. Francesco Borelli  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
n. 23172 Sez. 1/8

File: NMOZ20D26CLVI0604001A

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	6
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	10
2.1	NORMATIVA E ISTRUZIONI .....	10
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI .....	11
3.1	CALCESTRUZZO .....	11
3.2	ACCIAIO.....	11
3.2.1	<i>Acciaio per cemento armato.....</i>	<i>11</i>
4	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....	12
5	CARATTERISTICHE DELLE SPALLE.....	13
5.1	GEOMETRIA DELLE SPALLE .....	13
5.2	CARATTERISTICHE DEL TERRENO DEL RILEVATO A TERGO SPALLA .....	13
6	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO .....	14
6.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI (G1).....	17
6.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2).....	17
6.3	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO.....	17
6.3.1	<i>Treno di carico LM 71.....</i>	<i>18</i>
6.3.2	<i>Treno di carico SW.....</i>	<i>19</i>
6.3.3	<i>Treno scarico.....</i>	<i>20</i>
6.3.4	<i>Schemi di carico adottati.....</i>	<i>20</i>
6.3.5	<i>Effetti dinamici .....</i>	<i>21</i>
6.4	AZIONE LATERALE DI SERPEGGIO.....	22
6.5	AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA .....	22
6.6	AZIONE DEL VENTO.....	23
6.7	AZIONE SISMICA .....	27
6.7.1	<i>Vita nominale .....</i>	<i>27</i>
6.7.2	<i>Classe d'uso .....</i>	<i>27</i>

6.7.3	<i>Periodo di riferimento</i> .....	28
6.7.4	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità sismica</i> .....	28
6.7.5	<i>Caratterizzazione sismica del terreno</i> .....	29
6.7.5.1	<i>Categorie di Sottosuolo</i> .....	29
6.7.5.2	<i>Condizioni topografiche</i> .....	30
6.7.5.3	<i>Amplificazione Stratigrafica e Topografica</i> .....	30
6.7.6	<i>Parametri sismici di calcolo</i> .....	31
6.7.7	<i>Definizione delle azioni sismiche derivanti dall'impalcato</i> .....	35
6.8	<b>RIEPILOGO DELLE AZIONI DEL TRAFFICO FERROVIARIO DELL'IMPALCATO</b> .....	36
6.9	<b>SPINTA STATICA DEL TERRENO</b> .....	39
6.10	<b>SPINTA DOVUTA AL SOVRACCARICO ACCIDENTALE E PERMANENTE</b> .....	40
6.11	<b>SOVRASPINTA SISMICA</b> .....	40
6.12	<b>FORZE DI INERZIA DOVUTE AL SISMA</b> .....	41
6.13	<b>RIEPILOGO DELLE AZIONI DERIVANTI DALLA SPALLA RISPETTO AL BARICENTRO DELLA FONDAZIONE</b> .....	42
6.13.1	<i>Pesi propri spalla</i> .....	42
6.13.2	<i>Spinte spalla</i> .....	42
6.13.3	<i>Pesi + spinte spalla</i> .....	42
6.13.4	<i>Inerzie ed incremento di spinta sismica</i> .....	43
6.14	<b>RIEPILOGO DELLE AZIONI DERIVANTI DALL'IMPALCATO</b> .....	43
6.14.1	<i>Azioni ad intradosso baggiolo</i> .....	43
6.14.2	<i>Azioni a baricentro intradosso plinto</i> .....	45
6.15	<b>RIEPILOGO COMPLESSIVO DELLE AZIONI A BARICENTRO INTRADOSO PLINTO</b> .....	48
7	<b>COMBINAZIONI DI CARICO</b> .....	51
7.1	<b>COMBINAZIONI SLU</b> .....	53
7.1.1	<i>Combinazioni SLU STR</i> .....	53
7.1.2	<i>Combinazioni SLU GEO</i> .....	54
7.2	<b>COMBINAZIONI SLE</b> .....	54

7.2.1	Combinazioni SLE RARA .....	55
7.2.2	Combinazioni SLE FREQUENTE .....	55
7.2.3	Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE .....	55
7.3	COMBINAZIONI SISMICHE .....	56
7.3.1	Combinazioni SLV STR .....	56
7.3.2	Combinazioni SLV GEO .....	56
7.4	SOLLECITAZIONI COMBinate .....	57
8	CALCOLO SOLLECITAZIONI SUI SINGOLI PALI DI FONDAZIONE .....	61
9	VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE .....	68
9.1	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ALLO SLU .....	68
9.2	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ALLO SLE .....	70
9.2.1	Stato limite di formazione delle fessure .....	73
9.2.2	Verifica delle tensioni di esercizio .....	74
9.3	VERIFICA A TAGLIO .....	74
10	VERIFICA PLINTO DI FONDAZIONE .....	77
10.1	SOLLECITAZIONI .....	77
10.2	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE .....	78
10.2.1	SLU .....	79
10.2.2	SLE .....	81
10.2.2.1	Stato limite di formazione delle fessure .....	81
10.2.2.2	Verifica delle tensioni di esercizio .....	82
10.3	VERIFICA A TAGLIO .....	82
11	VERIFICA DEL MURO FRONTALE .....	84
11.1	SOLLECITAZIONI AL PIEDE PARAMENTO .....	84
11.2	SOLLECITAZIONI AL PIEDE PARAMENTO COMBinate .....	87
11.3	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE .....	91
11.3.1	SLU .....	91

11.3.2	<i>SLE</i> .....	93
11.3.2.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure</i> .....	93
11.3.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio</i> .....	94
11.4	VERIFICA A TAGLIO.....	95
12	VERIFICA DEI MURI ANDATORI.....	96
12.1	SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAMENTO .....	96
12.2	SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAMENTO COMBinate .....	97
12.1	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE .....	98
12.1.1	<i>SLU</i> .....	98
12.1.2	<i>SLE</i> .....	99
12.1.2.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure</i> .....	99
12.1.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio</i> .....	100
12.2	VERIFICA A TAGLIO.....	101

## 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.

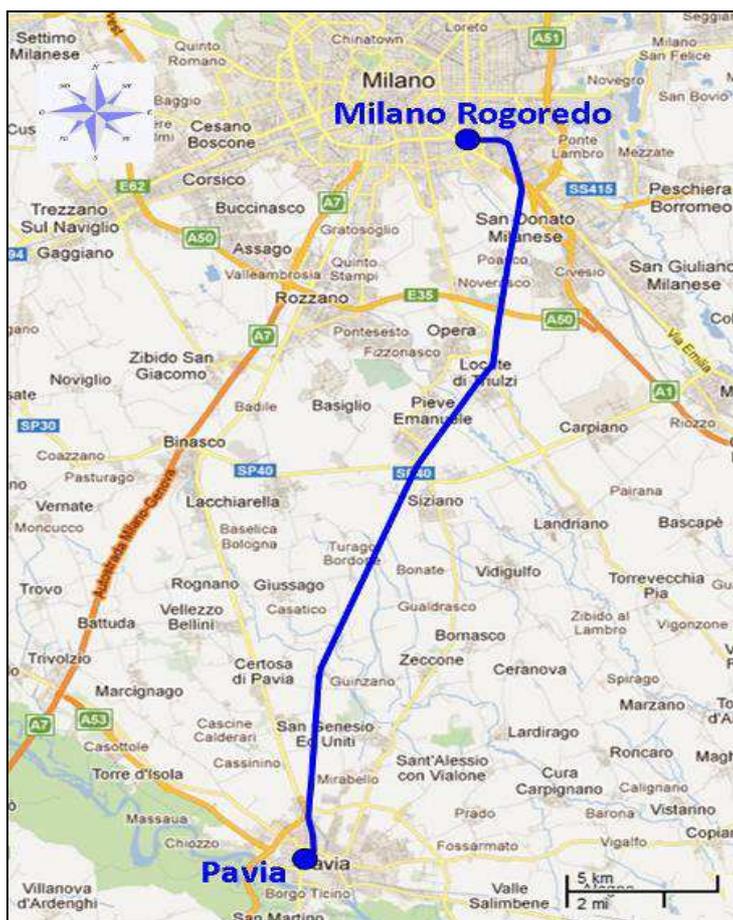


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell’opera in progetto

La presente relazione si riferisce alla WBS VI06-VI07 (Nuovo ponte sul Cavo Borromeo) sulla tratta ferroviaria Milano Rogoredo – Pavia dal km 15+734,03 al km 15+764,89.

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	7 di 101

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo delle spalle dell'opera. In particolare, si fa riferimento alla spalla relativa all'impalcato di luce maggiore.

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

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

Il ponte a doppia campata in semplice appoggio.

Le luci delle due campate del ponte misurate tra gli appoggi sono pari a 16m e 14m.

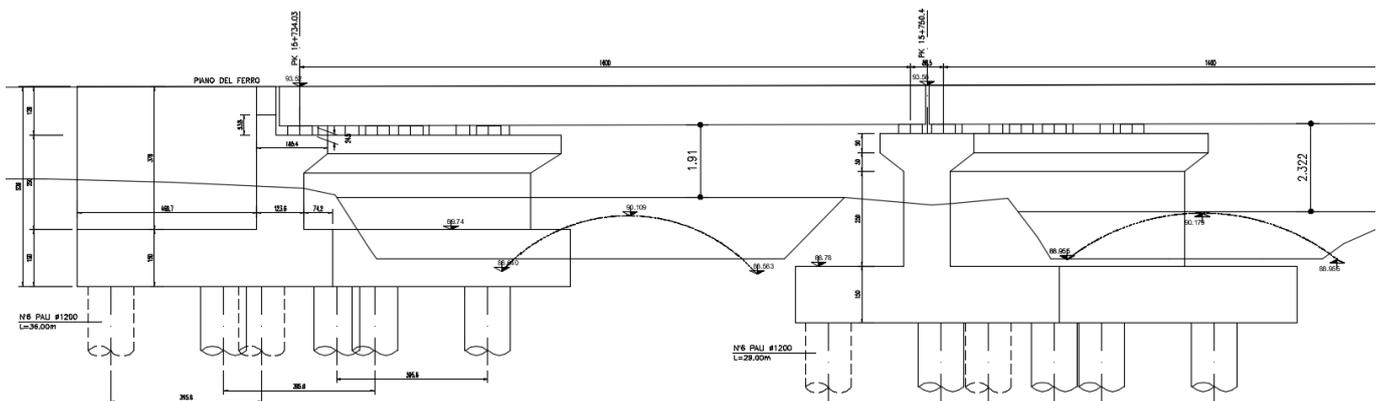
Le lunghezze complessive degli impalcati sono pari rispettivamente a 16.95m e 14.95m.

Ciascuna palificata è costituita da n.6 pali di diametro 1.2m e lunghezza 36m.

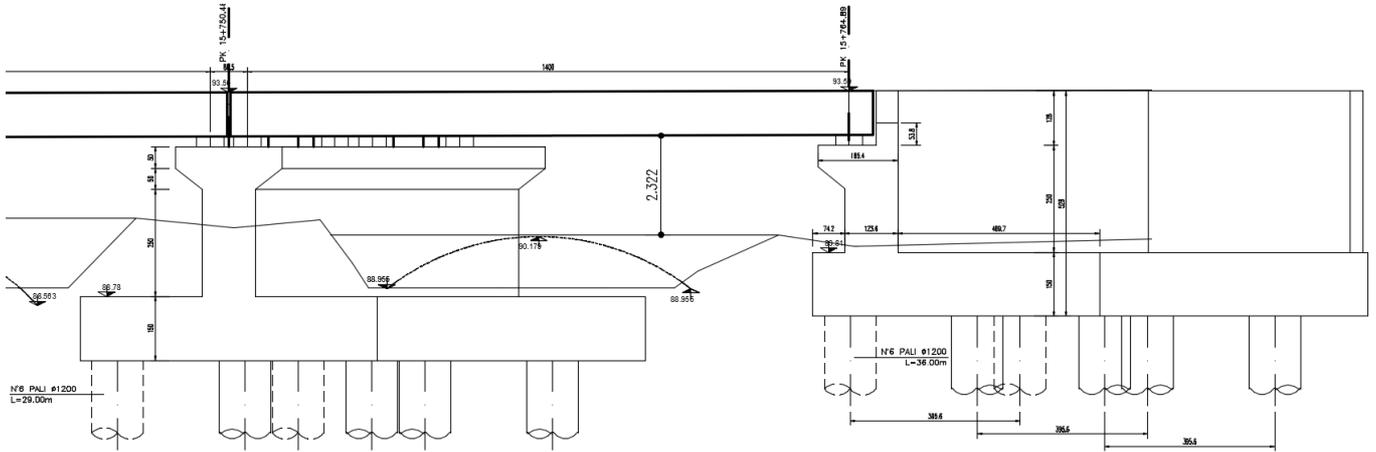
Il plinto di fondazione presenta un'altezza di 1.5m e dimensioni in pianta di 10.35m x 6.68m.

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

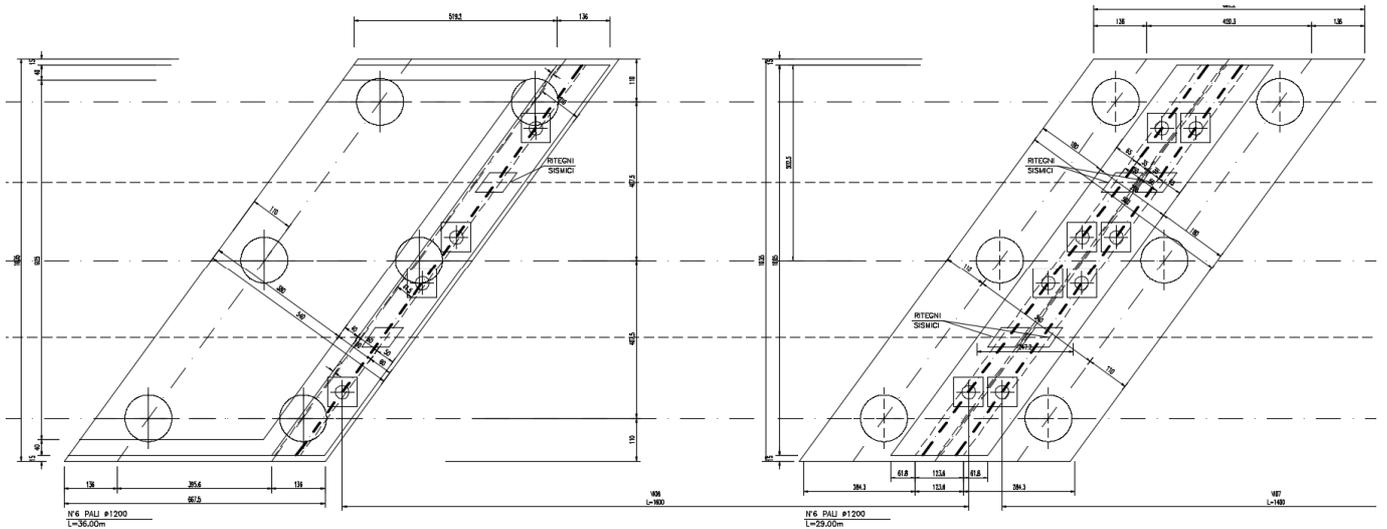
paramento di testata:	spessore: 1.00m	altezza: 2.50m	lunghezza: 10.05m (in retto)
muro paraghiaia:	spessore: 0.40m	altezza: 1.30m circa	lunghezza: 10.05m (in retto)
muri andatori:	spessore: 0.40m	altezza: 3.80m circa	lunghezza: 5.19m circa



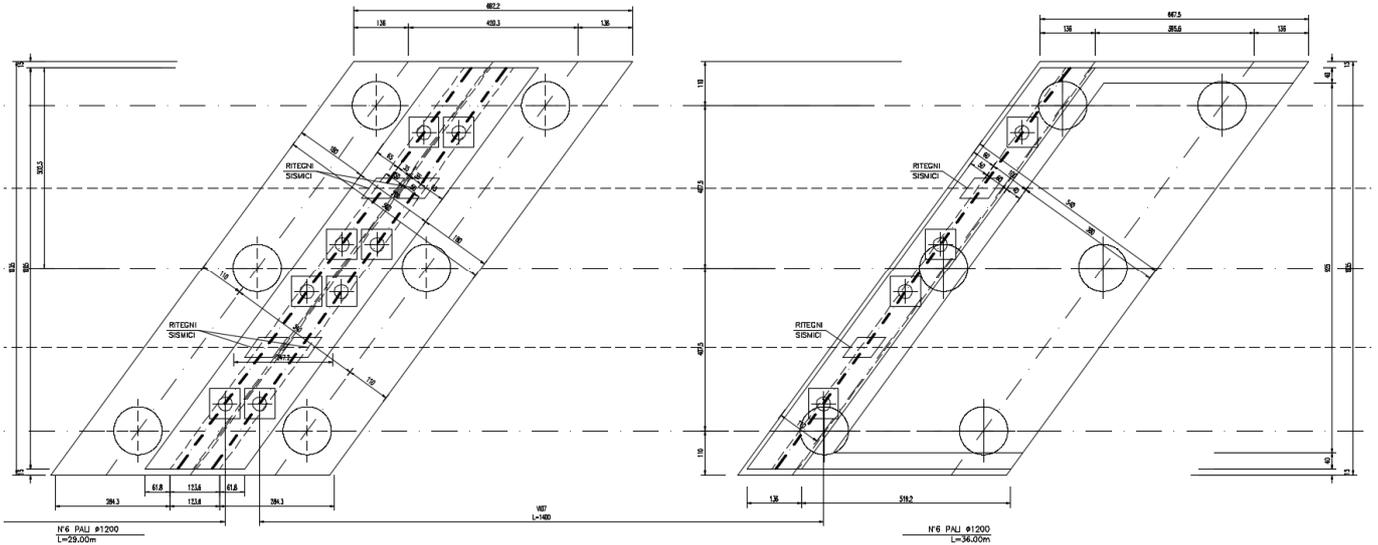
*Sezione longitudinale VI06*



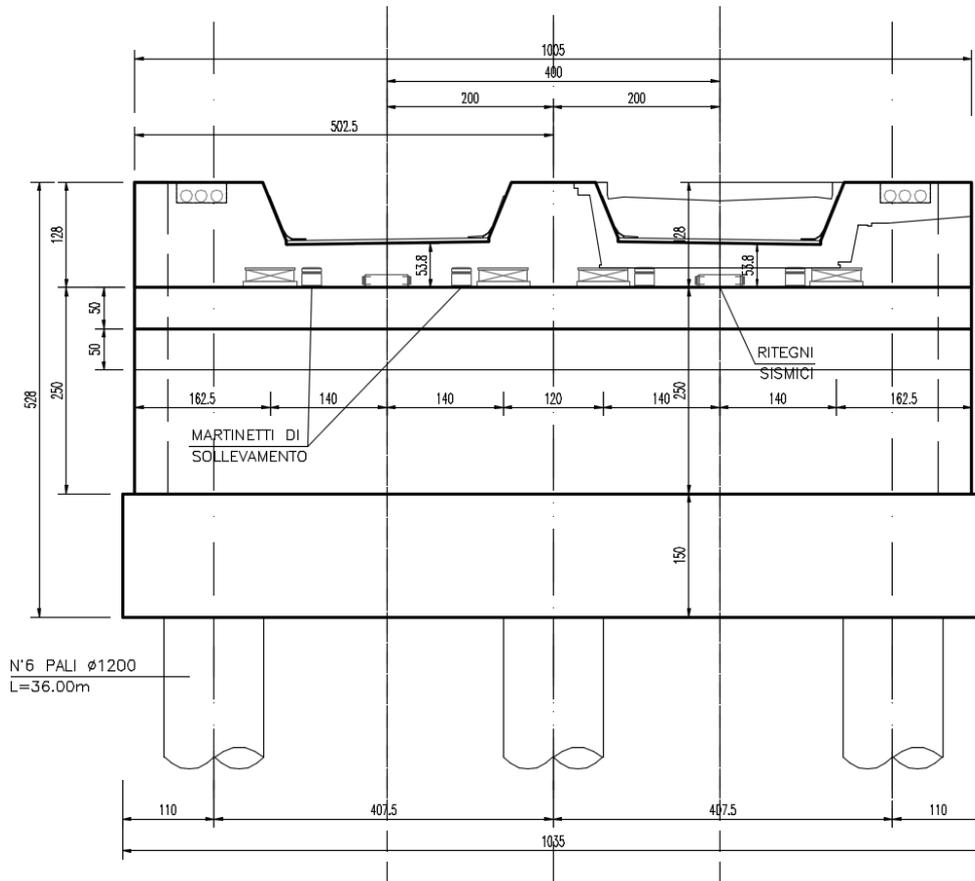
*Sezione longitudinale VI07*



*Pianta delle fondazioni VI06*



*Pianta delle fondazioni VI07*



*Prospetto frontale spalla*

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0604001	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	<b>B450C</b>
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	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]		$\phi'$ [°]	$\phi'$ [°]
						max	min		
10	S1	da 0 a 4.7m	Sg	18	14	29	24		24
		da 4.7m a 24m	S	18	14	30	25	28	28
		da 24m a 30m	Sg	20	16	30	30		30

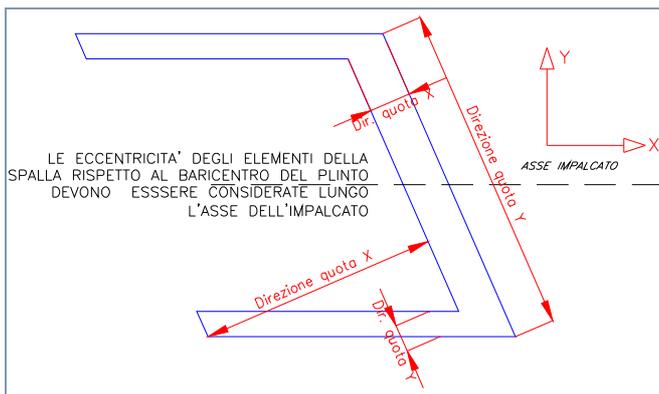
PROFONDITA'	E' <sub>op</sub> [MPa]		Vs [m/s]		categoria	G <sub>0</sub> [MPa]	
	max	min	max	min	terreno	max	min
da 0 a 4.7m	12	5	116	106	C	25	21
da 4.7m a 24m	63	8	376	188		283	67
da 24m a 30m	56	23	258	219		133	96

## 5 CARATTERISTICHE DELLE SPALLE

### 5.1 Geometria delle spalle

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

	b [x] [m]	L [y] [m]	H [z] [m]	Eccentricità rispetto a baricentro plinto/palificata		
				e <sub>x</sub> [m]	e <sub>y</sub> [m]	e <sub>z</sub> [m]
Paraghiaia	0.4	12.42	1.3	1.61	0.0	4.65
Paramento di testata	1	12.42	2.5	1.98	0.0	2.75
Muri andatori parte sup. DX	3.8	0.49	1.3	-4.49	-4.8	4.65
Muri andatori parte inf. DX	3.8	0.49	2.5	-4.49	-4.8	2.75
Orecchia DX	0	0.00	0	0	0.0	
Muri andatori parte sup. SX	3.8	0.49	1.3	2.51	4.8	4.65
Muri andatori parte inf. SX	3.8	0.49	2.5	2.51	4.8	2.75
Orecchia SX	0	0.00	0		0.0	
Plinto	5.4	12.79	1.5	0	0.0	0.75
Rinterro interno	3.80	11.4	3.8	-0.99	0.0	3.40
Rinterro laterale	5.40	0.37	1.2	0	0.0	2.10
Rinterro anteriore	0.60	12.42	1	2.97	0.0	2.00

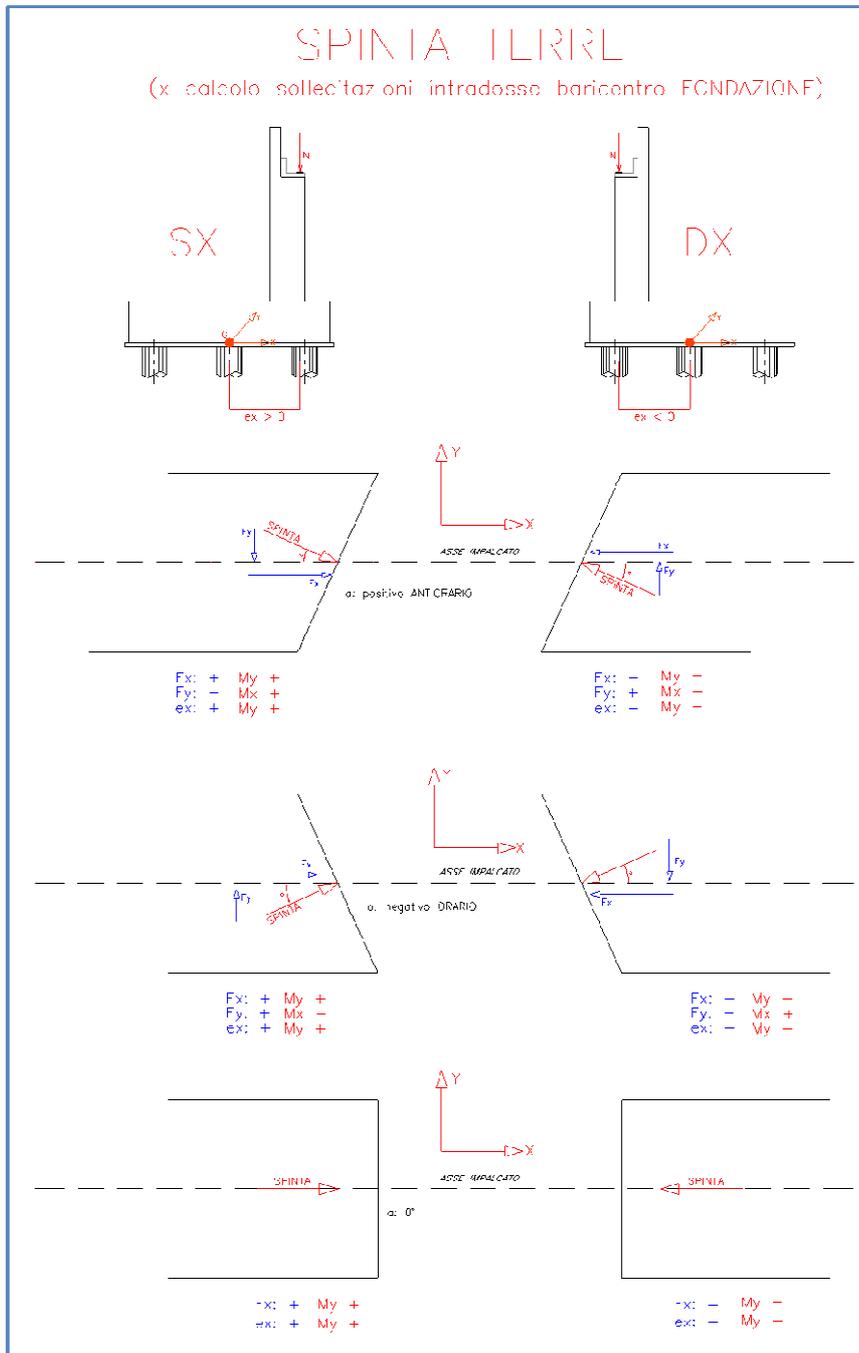


### 5.2 Caratteristiche del terreno del rilevato a tergo spalla

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

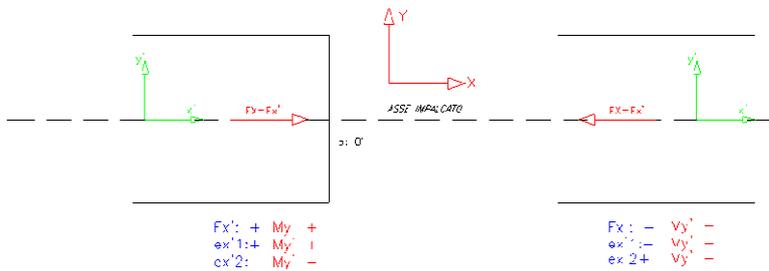
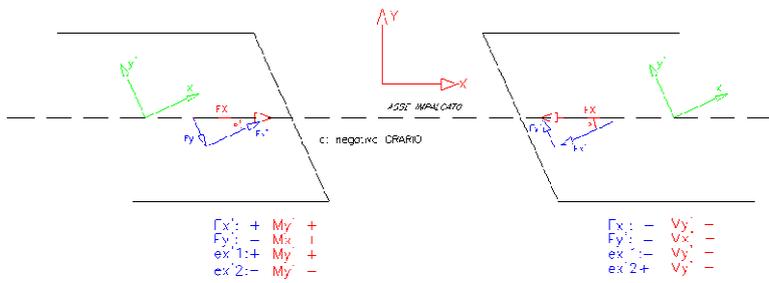
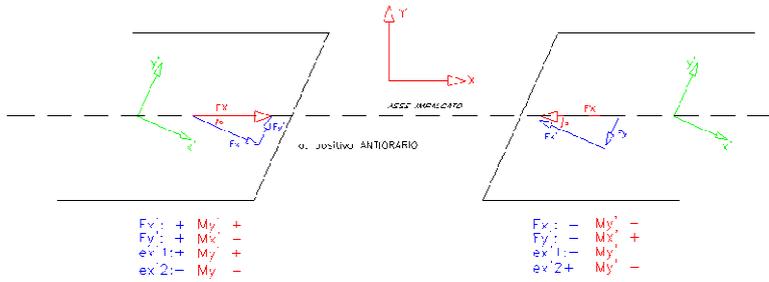
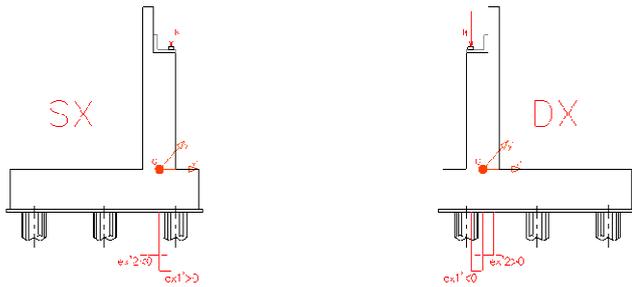
## 6 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

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



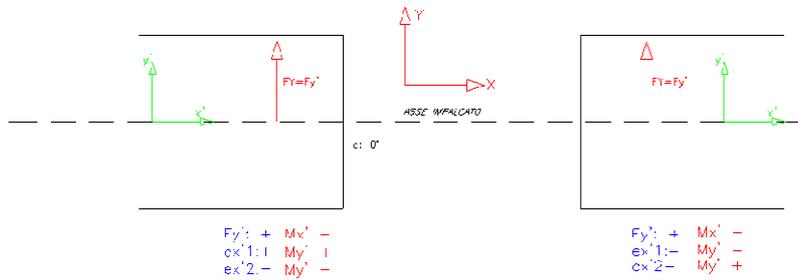
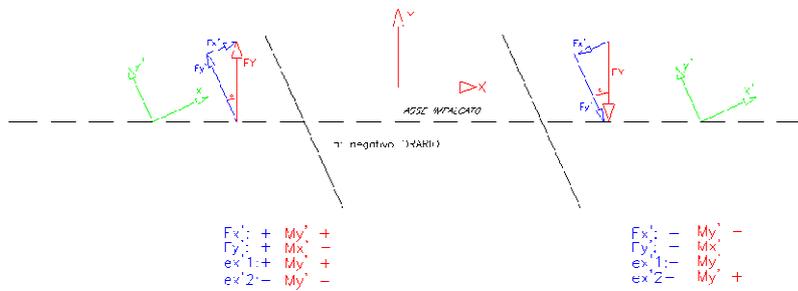
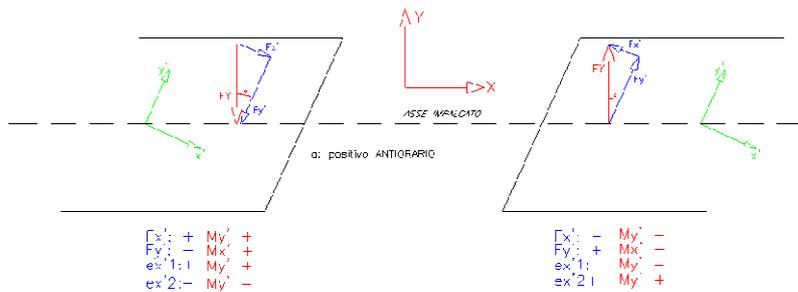
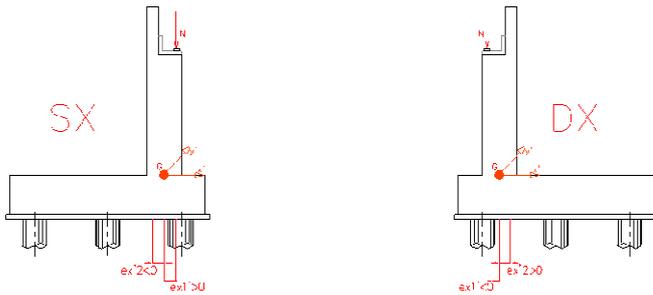
## FRFNATURA, ATTRITO SISMA LONGITUDINALE

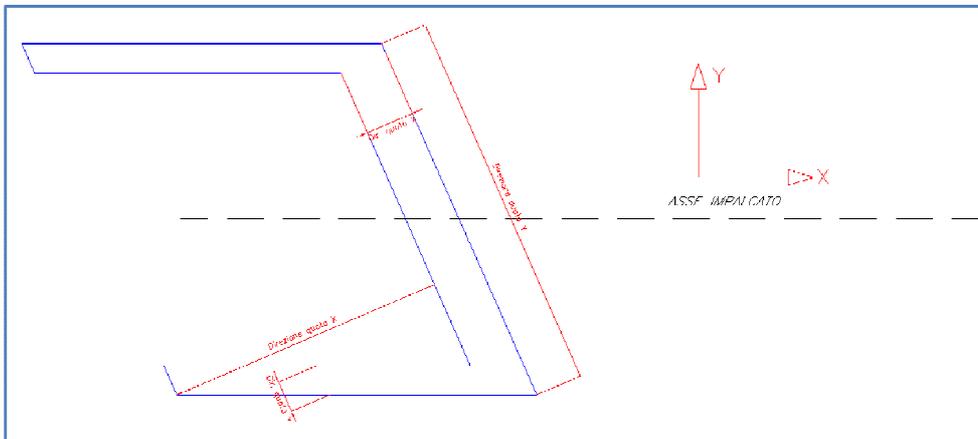
(x calcoli sollecitazioni PARAMENTO)



## 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.

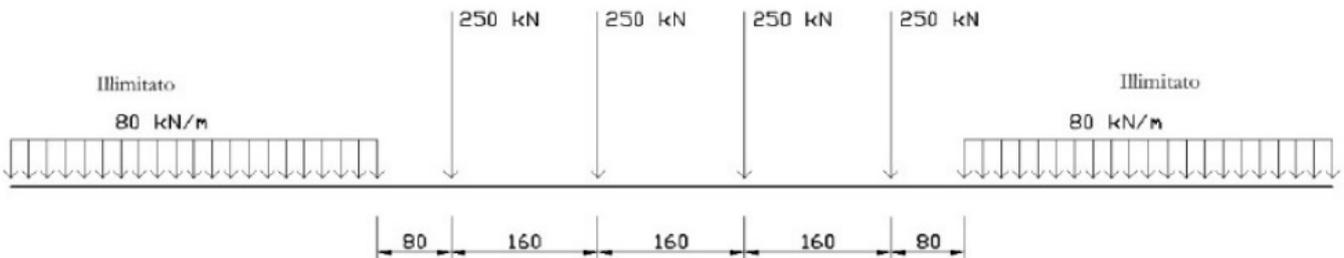
I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono essere moltiplicati per il coefficiente di adattamento  $\alpha$  il cui valore deve essere assunto in accordo alla tabella seguente.

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE $\alpha$
LM71	1,1
SW/0	1,1
SW/2	1,0

### 6.3.1 Treno di carico LM 71

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

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



Modello di carico LM71

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

$$QV2/QV1=1,25$$

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

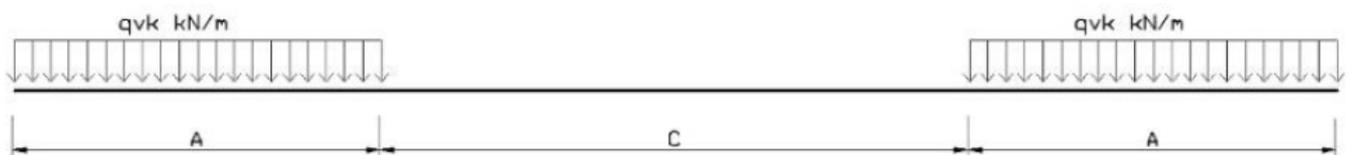
Il carico distribuito deve essere segmentato al di sopra dell'opera andando a caricare solo quelle parti che forniscono un incremento del contributo ai fini della verifica dell'elemento per l'effetto considerato.

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

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

### 6.3.2 Treno di carico SW

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



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

TIPO DI CARICO	$q_{vk}$ [KN/m]	A [m]	C[m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

SW/0:

Carico distribuito	$q_{vk}$	133 [KN/m]
Estensione carico	a	15 [m]
Distanza tra i carichi distribuiti	b	5.3 [m]
Coefficiente alfa	$\alpha$	1.1
Carico distribuito x $\alpha$	$q_{vk} \alpha$	146.3 [KN/m]

SW/2:

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

### 6.3.3 Treno scarico

Carico distribuito di 10 kN/m.

### 6.3.4 Schemi di carico adottati

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

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

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

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

LM71	1237 kN
SW/0	1221 kN
SW/2	1260 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 <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
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")	-

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

<sup>(2)</sup> 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	1237	1260	1237	1260	kN
	LM71	SW/2	LM71	SW/2	kN
	LM71	LM71			
Binario 2	1237	1237			kN
N	2474	2497	1237	1260	kN
Mx	0	-46	-2474	-2520	kNm

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

Treno scarico:

N        84 kN  
Mx      -168 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  $\alpha$  ma non per il coefficiente di incremento dinamico. La norma specifica anche che tale forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

Risulta quanto segue:

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

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

#### 6.5 Azioni di avviamento e frenatura

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

I valori caratteristici considerati sono i seguenti.

Avviamento:

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

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

Frenatura:

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

modelli SW/2                       $Q_{lb,k}$                       35 [KN/m] x L [m]

Le azioni di frenatura e di 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  $\alpha$ , ma non devono essere moltiplicati per  $\phi$ .

### Frenatura

	Fx	My	Mt
LM71	369.6	473	739
SW/0	369.6	473	739
SW/2	588	753	1176

### Avviamento

	Fx	My	Mt
LM71	609.8	781	1220
SW/0	609.8	781	1220
SW/2	554.4	710	1109

Le azioni sono state calcolate a partire dall'intera lunghezza del ponte pari a  $L=16.8m$ .

## 6.6 Azione del vento

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

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

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

Le analisi sono svolte considerando due condizioni di carico:

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

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

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

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

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

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

*Definizione della categoria di esposizione*

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

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

Il valore di  $c_e$  può essere ricavato mediante la relazione:

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

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

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

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

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

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

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

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

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



### Pressione cinetica di riferimento

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	26 di 101

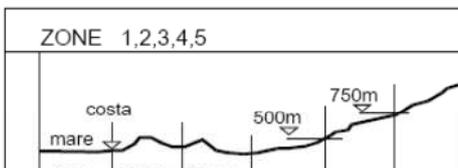
Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

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

Categoria di esposizione

**ZONE 1,2,3,4,5**

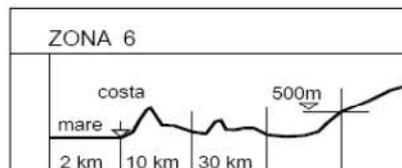


A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

\* 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 <sub>s</sub> [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 <sub>r</sub>	z <sub>0</sub> [m]	z <sub>min</sub> [m]	c <sub>t</sub>
II	0.19	0.05	4	1

q <sub>b</sub>	0.41	kN/mq	
C <sub>e</sub>	2.13		Coefficiente di esposizione calcolato per z=7m
C <sub>p</sub>	1.2		Coefficiente di forma
C <sub>d</sub>	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 <sub>y</sub> vento/m	1.1	5.3 kN/m
R <sub>y</sub> vento tot	9.1	44.2 kN
M <sub>x</sub> tot	-6.9	-122.2 kNm

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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0604001	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.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0604001	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	<b>P<sub>VR</sub>: probabilità di superamento nel periodo di riferimento</b>
<b>SLE</b>	SLO - Stato Limite di Operatività	81%
	SLD - Stato Limite di Danno	63%
<b>SLU</b>	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%

*Probabilità di superamento P<sub>VR</sub> 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 <sub>R</sub> al variare del periodo di riferimento V <sub>R</sub> (anni)
<b>SLE</b>	<b>SLO</b>	68
	<b>SLD</b>	113
<b>SLU</b>	<b>SLV</b>	1068
	<b>SLC</b>	2193

*Valori in anni del periodo di ritorno T<sub>R</sub> al variare del periodo di riferimento V<sub>R</sub>*

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati, il periodo T<sub>R</sub> in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV è pari a T<sub>R</sub> = 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:

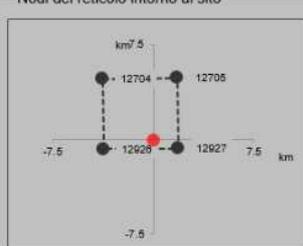
Ricerca per comune

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       $S_S = 1.500$        $C_C = 1.571$  info

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

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

Compon. orizzontale

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

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

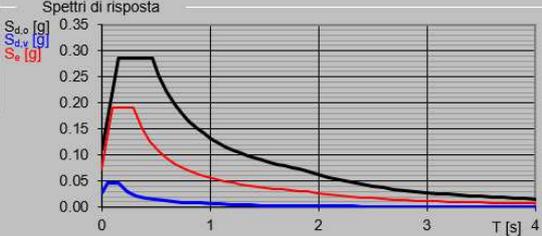
Compon. verticale

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

Elaborazioni

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

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale

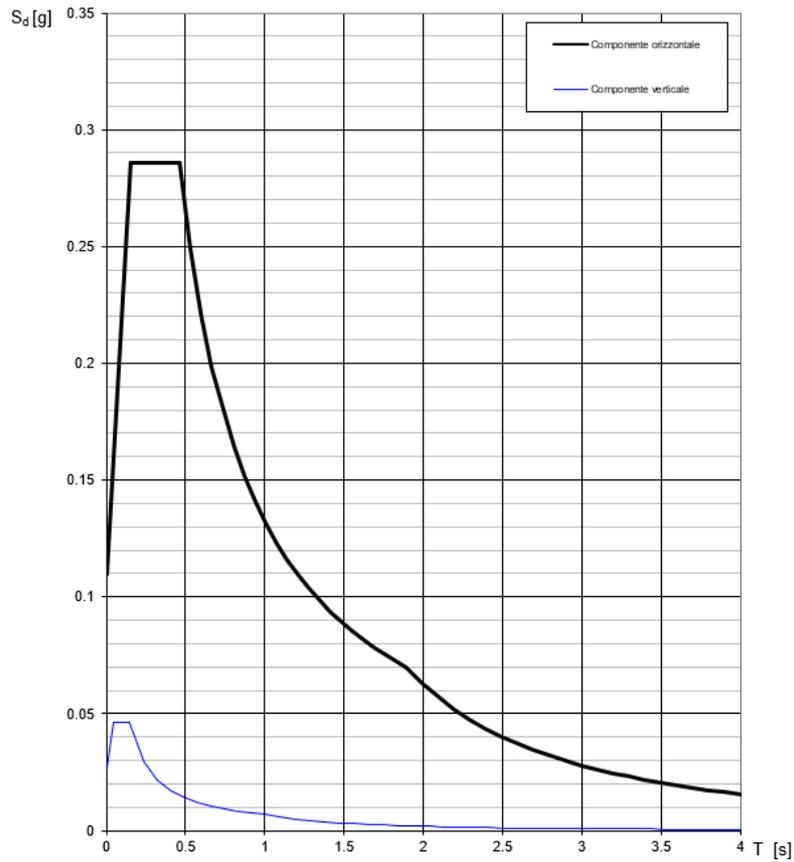
— Spettro di progetto - componente verticale

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

INTRO      FASE 1      FASE 2      **FASE 3**

*Determinazione dell'azione di progetto (Fase 3)*

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



Spettro di progetto: grafico

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

**Parametri indipendenti**

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

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	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  $\eta$  con  $\eta/q$ , 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		3232.7	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	177	135	Fx, My
Sisma trasv Y	0.5	177	-135	Fy, Mx

### Treni in condizioni sismiche sull'intero impalcato

Aliquota carichi variabili da traffico: 0.2

	N tot (kN)	F sis (kN)
LM71	2086	46
SW/0	2195	48
SW/2	2772	61

## 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	
<b>Gruppo 1</b> (2)	1.00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
<b>Gruppo 2</b> (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
<b>Gruppo 3</b> (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
<b>Gruppo 4</b>	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 ( $\Phi, \alpha$ , 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
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	37 di 101

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	2497	-46	185	237	370	305	390	610	210	-269
GRUPPO 1b	2497	-46	294	376	588	277	355	554	210	-269
GRUPPO 1c	2474	0	185	237	370	0	0	0	220	-282
GRUPPO 1d	2474	0	0	0	0	305	390	610	220	-282
GRUPPO 1e	1237	-2474	185	237	370				110	-141
GRUPPO 1f	1237	-2474				305	390	610	110	-141
GRUPPO 1g	1260	-2520	294	376	588				100	-128
GRUPPO 1h	1260	-2520				277	355	554	100	-128
GRUPPO 3a	2497	-46	370	473	739	610	781	1220	105	-134
GRUPPO 3b	2497	-46	588	753	1176	554	710	1109	105	-134
GRUPPO 3c	2474	0	370	473	739	0	0	0	110	-141
GRUPPO 3d	2474	0	0	0	0	610	781	1220	110	-141
GRUPPO 3e	1237	-2474	370	473	739				50	-64
GRUPPO 3f	1237	-2474				610	781	1220	50	-64
GRUPPO 3g	1260	-2520	588	753	1176				50	-64
GRUPPO 3h	1260	-2520				554	710	1109	50	-64

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	38 di 101

GRUPPO 2	84	-168							100	128
GRUPPO 4a	1498	-28	222	284	444	366	468	732	126	-161
GRUPPO 4b	1498	-28	353	452	706	333	426	665	126	-161
GRUPPO 4c	1484	0	222	284	444	0	0	0	132	-169
GRUPPO 4d	1484	0	0	0	0	366	468	732	132	-169
GRUPPO 4e	990	-1979	296	378	591				88	-113
GRUPPO 4f	990	-1979				488	624	976	88	-113
GRUPPO 4g	1008	-2016	470	602	941				80	-102
GRUPPO 4h	1008	-2016				444	568	887	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	2497	305	210	390	-315	610
GRUPPO 1b	2497	294	210	376	-315	588
GRUPPO 1c	2474	185	220	237	-282	370
GRUPPO 1d	2474	305	220	390	-282	610
GRUPPO 1e	1237	185	110	237	-2615	370
GRUPPO 1f	1237	305	110	390	-2615	610
GRUPPO 1g	1260	294	100	376	-2648	588
GRUPPO 1h	1260	277	100	355	-2648	554
GRUPPO 3a	2497	610	105	781	-180	1220
GRUPPO 3b	2497	588	105	753	-180	1176
GRUPPO 3c	2474	370	110	473	-141	739
GRUPPO 3d	2474	610	110	781	-141	1220
GRUPPO 3e	1237	370	50	473	-2538	739
GRUPPO 3f	1237	610	50	781	-2538	1220
GRUPPO 3g	1260	588	50	753	-2584	1176
GRUPPO 3h	1260	554	50	710	-2584	1109
GRUPPO 2	84	0	100	0	-40	0
GRUPPO 4a	1498	366	126	468	-189	732
GRUPPO 4b	1498	353	126	452	-189	706
GRUPPO 4c	1484	222	132	284	-169	444
GRUPPO 4d	1484	366	132	468	-169	732
GRUPPO 4e	990	296	88	378	-2092	591
GRUPPO 4f	990	488	88	624	-2092	976
GRUPPO 4g	1008	470	80	602	-2118	941
GRUPPO 4h	1008	444	80	568	-2118	887

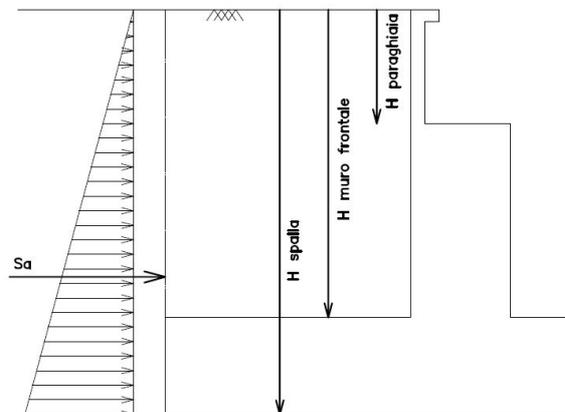
Le forze sismiche dovute agli accidentali da traffico ferroviario sono le seguenti (kN; kNm):

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	53	173	27	-86
LM71 in A e SW2 in F	GRUPPO 1b	53	173	27	-86
LM71 in F e LM71 in A	GRUPPO 1c	46	148	23	-74
LM71 in A e LM71 in F	GRUPPO 1d	46	148	23	-74
LM71 in F	GRUPPO 1e	23	74	11	-37
LM71 in A	GRUPPO 1f	23	74	11	-37
SW2 in F	GRUPPO 1g	30	98	15	-49
SW2 in A	GRUPPO 1h	30	98	15	-49
Lm71 in F e SW2 in A	GRUPPO 3a	53	173	27	-86
Lm71 in A e SW2 in F	GRUPPO 3b	53	173	27	-86
LM71 in F e LM71 in A	GRUPPO 3c	46	148	23	-74
LM71 in A e LM71 in F	GRUPPO 3d	46	148	23	-74
LM71 in F	GRUPPO 3e	23	74	11	-37
LM71 in A	GRUPPO 3f	23	74	11	-37
SW2 in F	GRUPPO 3g	30	98	15	-49
SW2 in A	GRUPPO 3h	30	98	15	-49

## 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.



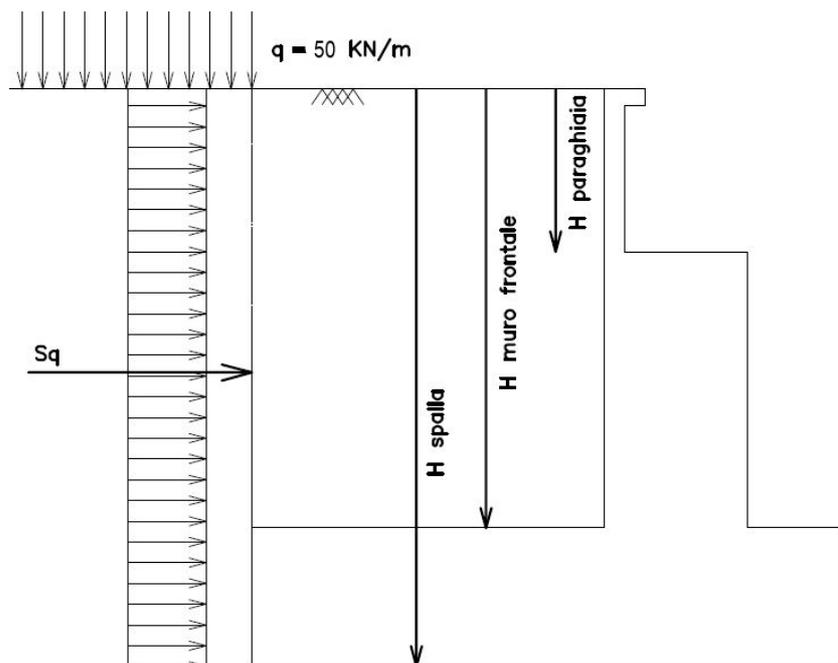
Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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.

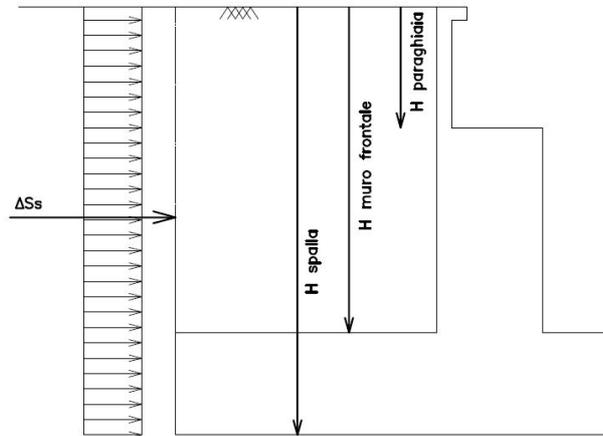


*Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale*

### 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*

<b>Suolo</b>	suolo di fondazione	C
<b>a<sub>g</sub>/g</b>	accelerazione massima al suolo	0.073g
<b>S<sub>s</sub></b>	fattore di amplificazione stratigrafica	1.5
<b>S<sub>T</sub></b>	fattore di amplificazione stratigrafica	1
<b>S=S<sub>T</sub>*S<sub>s</sub></b>	Fattore che tiene conto del profilo topografico	1.5
<b>a<sub>max</sub>=S*a<sub>g</sub></b>		0.110g
<b>β<sub>m</sub></b>	(coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito)	1
<b>k<sub>h</sub>=β<sub>m</sub>*a<sub>max</sub>/g</b>	Coefficiente sismico orizzontale	0.110
<b>k<sub>v</sub>= 0.5 k<sub>h</sub></b>	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  $\beta_m$  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

	<b>N</b>	<b>F<sub>L</sub>=F<sub>X</sub></b>	<b>F<sub>T</sub>=F<sub>Y</sub></b>	<b>M<sub>Long</sub>=M<sub>y</sub></b>	<b>M<sub>Trasv</sub>=M<sub>x</sub></b>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	161	0	0	260	0
Paramento di testata	776	0	0	1537	0
Muri andatori parte sup. DX	61	0	0	-274	294
Muri andatori parte inf. DX	117	0	0	-527	566
Orecchia DX	0	0	0	0	0
Muri andatori parte sup. SX	61	0	0	153	-294
Muri andatori parte inf. SX	117	0	0	294	-566
Orecchia SX	0	0	0	0	0
Plinto	2590	0	0	0	0
Rinterro interno	3302	0	0	-3269	0
Rinterro laterale	48	0	0	0	0
Rinterro anteriore	149	0	0	442	0.0

#### 6.13.2 Spinte spalla

<b>SPINTE SPALLA</b>	<b>N</b>	<b>F<sub>L</sub>=F<sub>X</sub></b>	<b>F<sub>T</sub>=F<sub>Y</sub></b>	<b>M<sub>Long</sub>=M<sub>y</sub></b>	<b>M<sub>Trasv</sub>=M<sub>x</sub></b>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Spinta fino a estradosso	0.0	557.6	0.0	1542.8	0.0
Spinta su plinto	0.0	542.8	0.0	384.8	0.0
Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	2359.8			-2336.2	
Spinta carico accidentale 50kN/mq		1023.4	-743.5	2712.0	1970.4
Spinta carico accidentale su bandiera 10kN/mq		0.0		0.0	

#### 6.13.3 Pesì + spinte spalla

	<b>N</b>	<b>F<sub>L</sub>=F<sub>X</sub></b>	<b>F<sub>T</sub>=F<sub>Y</sub></b>	<b>M<sub>Long</sub>=M<sub>y</sub></b>	<b>M<sub>Trasv</sub>=M<sub>x</sub></b>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Peso spalla	3884	0	0	1444	0
Rinterro interno	3302	0	0	-3269	0
Rinterro esterno	197	0	0	442	0
Spinta terre ( <b>per STR</b> )	0	1100	0	1928	0
Spinta carico accidentale 50kPa ( <b>per STR</b> )	0	1023	-744	2712	1970

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10604001	A	43 di 101

Spinta terre (per GEO)		1100	0	1928	0
Spinta carico accidentale 50kPa (per GEO)	0	1023	-744	2712	1970

**6.13.4 Inerzie ed incremento di spinta sismica**

	N	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>Y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>X</sub>
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Inerzia spalla dir longitudinale	0	425		661	
Inerzia spalla dir trasversale			0		0
Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	362		1229	
Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale			0		0
Incremento di spinta sismica (per STR)	0	309	-225	819	595
Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	309	-225	819	595

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

		N	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>Y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>X</sub>	M <sub>TORC</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1	Peso proprio impalcato	512.4	0.0		0.0	0.0	
g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	1103.9			0.0	0.0	
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2497.1	304.9	210.0	390.3	-314.7	609.8
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2497.1	294.0	210.0	376.3	-314.7	588.0
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	2474.1	184.8	220.0	236.5	-281.6	369.6
GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	2474.1	304.9	220.0	390.3	-281.6	609.8
GRUPPO 1e	LM71 in F	1237.1	184.8	110.0	236.5	-2614.9	369.6
GRUPPO 1f	LM71 in A	1237.1	304.9	110.0	390.3	-2614.9	609.8
GRUPPO 1g	SW2 in F	1260.0	294.0	100.0	376.3	-2648.0	588.0
GRUPPO 1h	SW2 in A	1260.0	277.2	100.0	354.8	-2648.0	554.4
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2497.1	609.8	105.0	780.6	-180.3	1219.7
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2497.1	588.0	105.0	752.6	-180.3	1176.0
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	2474.1	369.6	110.0	473.1	-140.8	739.2
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	2474.1	609.8	110.0	780.6	-140.8	1219.7
GRUPPO 3e	LM71 in F	1237.1	369.6	50.0	473.1	-2538.1	739.2
GRUPPO 3f	LM71 in A	1237.1	609.8	50.0	780.6	-2538.1	1219.7
GRUPPO 3g	SW2 in F	1260.0	588.0	50.0	752.6	-2584.0	1176.0
GRUPPO 3h	SW2 in A	1260.0	554.4	50.0	709.6	-2584.0	1108.8
GRUPPO 2	Treno scarico	84.0	0.0	100.0	0.0	-40.0	0.0

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0604001	A	44 di 101

GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1498.2	365.9	126.0	468.4	-188.8	731.8
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1498.2	352.8	126.0	451.6	-188.8	705.6
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1484.5	221.8	132.0	283.9	-169.0	443.5
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1484.5	365.9	132.0	468.4	-169.0	731.8
GRUPPO 4e	LM71 in F	989.6	295.7	88.0	378.5	-2091.9	591.4
GRUPPO 4f	LM71 in A	989.6	487.9	88.0	624.5	-2091.9	975.7
GRUPPO 4g	SW2 in F	1008.0	470.4	80.0	602.1	-2118.4	940.8
GRUPPO 4h	SW2 in A	1008.0	443.5	80.0	567.7	-2118.4	887.0
q <sub>5,scarico</sub>	Vento a ponte scarico			9.1		-6.9	
q <sub>5,carico</sub>	Vento a ponte carico			44.2		-122.2	
Q <sub>4</sub>	Centrifuga						
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli		164.5				
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli		164.5				
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli		163.6				
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli		163.6				
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli		114.1				
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli		114.1				
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli		115.1				
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli		115.1				
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli		164.5				
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli		164.5				
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli		163.6				
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli		163.6				
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli		114.1				
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli		114.1				
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli		115.1				
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli		115.1				
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli		68.0				
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli		124.6				
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli		124.6				
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli		124.0				
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli		124.0				
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli		104.2				
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli		104.2				
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli		105.0				
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli		105.0				
GRUPPO 1a	Spettro X		230.2		307.6		
GRUPPO 1b	Spettro X		230.2		307.6		
GRUPPO 1c	Spettro X		222.7		283.2		
GRUPPO 1d	Spettro X		222.7		283.2		

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10604001	A	45 di 101

GRUPPO 1e	Spettro X		199.8		209.1		
GRUPPO 1f	Spettro X		199.8		209.1		
GRUPPO 1g	Spettro X		207.3		233.5		
GRUPPO 1h	Spettro X		207.3		233.5		
GRUPPO 3a	Spettro X		230.2		307.6		
GRUPPO 3b	Spettro X		230.2		307.6		
GRUPPO 3c	Spettro X		222.7		283.2		
GRUPPO 3d	Spettro X		222.7		283.2		
GRUPPO 3e	Spettro X		199.8		209.1		
GRUPPO 3f	Spettro X		199.8		209.1		
GRUPPO 3g	Spettro X		207.3		233.5		
GRUPPO 3h	Spettro X		207.3		233.5		
GRUPPO 2	Spettro X		177.0		135.0		
GRUPPO 1a	Spettro Y			203.6		-221.3	
GRUPPO 1b	Spettro Y			203.6		-221.3	
GRUPPO 1c	Spettro Y			199.8		-209.1	
GRUPPO 1d	Spettro Y			199.8		-209.1	
GRUPPO 1e	Spettro Y			188.4		-172.0	
GRUPPO 1f	Spettro Y			188.4		-172.0	
GRUPPO 1g	Spettro Y			192.2		-184.2	
GRUPPO 1h	Spettro Y			192.2		-184.2	
GRUPPO 3a	Spettro Y			203.6		-221.3	
GRUPPO 3b	Spettro Y			203.6		-221.3	
GRUPPO 3c	Spettro Y			199.8		-209.1	
GRUPPO 3d	Spettro Y			199.8		-209.1	
GRUPPO 3e	Spettro Y			188.4		-172.0	
GRUPPO 3f	Spettro Y			188.4		-172.0	
GRUPPO 3g	Spettro Y			192.2		-184.2	
GRUPPO 3h	Spettro Y			192.2		-184.2	
GRUPPO 2	Spettro Y			177.0		-135.0	

**6.14.2 Azioni a baricentro intradosso plinto**

		<b>N</b> [kN]	<b>F<sub>L</sub>=F<sub>x</sub></b> [kN]	<b>F<sub>T</sub>=F<sub>y</sub></b> [kN]	<b>M<sub>Long</sub>=M<sub>y</sub></b> [kNm]	<b>M<sub>Trasv</sub>=M<sub>x</sub></b> [kNm]	<b>M<sub>TORC</sub></b> [kNm]
g1	Peso proprio impalcato	512	0	0	1276	0	0
g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	1104	0	0	2749	0	0
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2497	305	210	7828	-1155	610
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2497	294	210	7770	-1155	588
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	2474	185	220	7136	-1162	370

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0604001	A	46 di 101

GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	2474	305	220	7771	-1162	610
GRUPPO 1e	LM71 in F	1237	185	110	4056	-3055	370
GRUPPO 1f	LM71 in A	1237	305	110	4690	-3055	610
GRUPPO 1g	SW2 in F	1260	294	100	4690	-3048	588
GRUPPO 1h	SW2 in A	1260	277	100	4601	-3048	554
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2497	610	105	9438	-600	1220
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2497	588	105	9322	-600	1176
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	2474	370	110	8112	-581	739
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	2474	610	110	9381	-581	1220
GRUPPO 3e	LM71 in F	1237	370	50	5032	-2738	739
GRUPPO 3f	LM71 in A	1237	610	50	6300	-2738	1220
GRUPPO 3g	SW2 in F	1260	588	50	6242	-2784	1176
GRUPPO 3h	SW2 in A	1260	554	50	6065	-2784	1109
GRUPPO 2	Treno scarico	84	0	100	209	-440	0
GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1498	366	126	5663	-693	732
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1498	353	126	5593	-693	706
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1484	222	132	4867	-697	444
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1484	366	132	5628	-697	732
GRUPPO 4e	LM71 in F	990	296	88	4025	-2444	591
GRUPPO 4f	LM71 in A	990	488	88	5040	-2444	976
GRUPPO 4g	SW2 in F	1008	470	80	4994	-2438	941
GRUPPO 4h	SW2 in A	1008	444	80	4852	-2438	887
q <sub>5,scarico</sub>	Vento a ponte scarico	0	0	9	0	-43	0
q <sub>5,carico</sub>	Vento a ponte carico	0	0	44	0	-299	0
Q <sub>4</sub>	Centrifuga	0	0	0	0	0	0
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	165	0	658	0	0
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	165	0	658	0	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	164	0	654	0	0
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	164	0	654	0	0
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	114	0	457	0	0
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	114	0	457	0	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	115	0	460	0	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	115	0	460	0	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	165	0	658	0	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	165	0	658	0	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	164	0	654	0	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	164	0	654	0	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	114	0	457	0	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	114	0	457	0	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	115	0	460	0	0

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	47 di 101

GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	115	0	460	0	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	68	0	272	0	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	125	0	498	0	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	125	0	498	0	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	124	0	496	0	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	124	0	496	0	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	104	0	417	0	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	104	0	417	0	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	105	0	420	0	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	105	0	420	0	0
GRUPPO 1a	Spettro X	0	230	0	1228	0	0
GRUPPO 1b	Spettro X	0	230	0	1228	0	0
GRUPPO 1c	Spettro X	0	223	0	1174	0	0
GRUPPO 1d	Spettro X	0	223	0	1174	0	0
GRUPPO 1e	Spettro X	0	200	0	1008	0	0
GRUPPO 1f	Spettro X	0	200	0	1008	0	0
GRUPPO 1g	Spettro X	0	207	0	1063	0	0
GRUPPO 1h	Spettro X	0	207	0	1063	0	0
GRUPPO 3a	Spettro X	0	230	0	1228	0	0
GRUPPO 3b	Spettro X	0	230	0	1228	0	0
GRUPPO 3c	Spettro X	0	223	0	1174	0	0
GRUPPO 3d	Spettro X	0	223	0	1174	0	0
GRUPPO 3e	Spettro X	0	200	0	1008	0	0
GRUPPO 3f	Spettro X	0	200	0	1008	0	0
GRUPPO 3g	Spettro X	0	207	0	1063	0	0
GRUPPO 3h	Spettro X	0	207	0	1063	0	0
GRUPPO 2	Spettro X	0	177	0	843	0	0
GRUPPO 1a	Spettro Y	0	0	204	0	-1036	0
GRUPPO 1b	Spettro Y	0	0	204	0	-1036	0
GRUPPO 1c	Spettro Y	0	0	200	0	-1008	0
GRUPPO 1d	Spettro Y	0	0	200	0	-1008	0
GRUPPO 1e	Spettro Y	0	0	188	0	-926	0
GRUPPO 1f	Spettro Y	0	0	188	0	-926	0
GRUPPO 1g	Spettro Y	0	0	192	0	-953	0
GRUPPO 1h	Spettro Y	0	0	192	0	-953	0
GRUPPO 3a	Spettro Y	0	0	204	0	-1036	0
GRUPPO 3b	Spettro Y	0	0	204	0	-1036	0
GRUPPO 3c	Spettro Y	0	0	200	0	-1008	0
GRUPPO 3d	Spettro Y	0	0	200	0	-1008	0
GRUPPO 3e	Spettro Y	0	0	188	0	-926	0
GRUPPO 3f	Spettro Y	0	0	188	0	-926	0

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10604001	A	48 di 101

GRUPPO 3g	Spettro Y	0	0	192	0	-953	0
GRUPPO 3h	Spettro Y	0	0	192	0	-953	0
GRUPPO 2	Spettro Y	0	0	177	0	-843	0

**6.15 Riepilogo complessivo delle azioni a baricentro intradosso plinto**

		N	F <sub>L</sub> =F <sub>x</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>x</sub>	M <sub>Tor</sub> =M <sub>z</sub>	
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	
<b>Sollecitazioni statiche impalcato</b>	g1	Peso proprio impalcato	512	0	0	1276	0	0
	g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	1104	0	0	2749	0	0
	GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2497	305	210	7828	-1155	610
	GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2497	294	210	7770	-1155	588
	GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	2474	185	220	7136	-1162	370
	GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	2474	305	220	7771	-1162	610
	GRUPPO 1e	LM71 in F	1237	185	110	4056	-3055	370
	GRUPPO 1f	LM71 in A	1237	305	110	4690	-3055	610
	GRUPPO 1g	SW2 in F	1260	294	100	4690	-3048	588
	GRUPPO 1h	SW2 in A	1260	277	100	4601	-3048	554
	GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2497	610	105	9438	-600	1220
	GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2497	588	105	9322	-600	1176
	GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	2474	370	110	8112	-581	739
	GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	2474	610	110	9381	-581	1220
	GRUPPO 3e	LM71 in F	1237	370	50	5032	-2738	739
	GRUPPO 3f	LM71 in A	1237	610	50	6300	-2738	1220
	GRUPPO 3g	SW2 in F	1260	588	50	6242	-2784	1176
	GRUPPO 3h	SW2 in A	1260	554	50	6065	-2784	1109
	GRUPPO 2	Treno scarico	84	0	100	209	-440	0
	GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1498	366	126	5663	-693	732
	GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1498	353	126	5593	-693	706
	GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1484	222	132	4867	-697	444
	GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1484	366	132	5628	-697	732
	GRUPPO 4e	LM71 in F	990	296	88	4025	-2444	591
	GRUPPO 4f	LM71 in A	990	488	88	5040	-2444	976
	GRUPPO 4g	SW2 in F	1008	470	80	4994	-2438	941
	GRUPPO 4h	SW2 in A	1008	444	80	4852	-2438	887
	q5,scarico	Vento a ponte scarico	0	0	9	0	-43	0
	q5,carico	Vento a ponte carico	0	0	44	0	-299	0
	Q4	Centrifuga	0	0	0	0	0	0
	GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	165	0	658	0	0
	GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	165	0	658	0	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	164	0	654	0	0	
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	164	0	654	0	0	
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	114	0	457	0	0	

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	49 di 101

GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	114	0	457	0	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	115	0	460	0	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	115	0	460	0	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	165	0	658	0	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	165	0	658	0	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	164	0	654	0	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	164	0	654	0	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	114	0	457	0	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	114	0	457	0	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	115	0	460	0	0
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	115	0	460	0	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	68	0	272	0	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	125	0	498	0	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	125	0	498	0	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	124	0	496	0	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	124	0	496	0	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	104	0	417	0	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	104	0	417	0	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	105	0	420	0	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	105	0	420	0	0
GRUPPO 1a	Spettro X	0	230	0	1228	0	0
GRUPPO 1b	Spettro X	0	230	0	1228	0	0
GRUPPO 1c	Spettro X	0	223	0	1174	0	0
GRUPPO 1d	Spettro X	0	223	0	1174	0	0
GRUPPO 1e	Spettro X	0	200	0	1008	0	0
GRUPPO 1f	Spettro X	0	200	0	1008	0	0
GRUPPO 1g	Spettro X	0	207	0	1063	0	0
GRUPPO 1h	Spettro X	0	207	0	1063	0	0
GRUPPO 3a	Spettro X	0	230	0	1228	0	0
GRUPPO 3b	Spettro X	0	230	0	1228	0	0
GRUPPO 3c	Spettro X	0	223	0	1174	0	0
GRUPPO 3d	Spettro X	0	223	0	1174	0	0
GRUPPO 3e	Spettro X	0	200	0	1008	0	0
GRUPPO 3f	Spettro X	0	200	0	1008	0	0
GRUPPO 3g	Spettro X	0	207	0	1063	0	0
GRUPPO 3h	Spettro X	0	207	0	1063	0	0
GRUPPO 2	Spettro X	0	177	0	843	0	0
GRUPPO 1a	Spettro Y	0	0	204	0	-1036	0
GRUPPO 1b	Spettro Y	0	0	204	0	-1036	0

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0604001	A	50 di 101

	GRUPPO 1c	Spettro Y	0	0	200	0	-1008	0
	GRUPPO 1d	Spettro Y	0	0	200	0	-1008	0
	GRUPPO 1e	Spettro Y	0	0	188	0	-926	0
	GRUPPO 1f	Spettro Y	0	0	188	0	-926	0
	GRUPPO 1g	Spettro Y	0	0	192	0	-953	0
	GRUPPO 1h	Spettro Y	0	0	192	0	-953	0
	GRUPPO 3a	Spettro Y	0	0	204	0	-1036	0
	GRUPPO 3b	Spettro Y	0	0	204	0	-1036	0
	GRUPPO 3c	Spettro Y	0	0	200	0	-1008	0
	GRUPPO 3d	Spettro Y	0	0	200	0	-1008	0
	GRUPPO 3e	Spettro Y	0	0	188	0	-926	0
	GRUPPO 3f	Spettro Y	0	0	188	0	-926	0
	GRUPPO 3g	Spettro Y	0	0	192	0	-953	0
	GRUPPO 3h	Spettro Y	0	0	192	0	-953	0
	GRUPPO 2	Spettro Y	0	0	177	0	-843	0
Sollecitazioni statiche spalla	g <sub>1</sub>	Peso spalla	3884	0	0	1444	0	0
	g <sub>1</sub>	Rinterro interno	3302	0	0	-3269	0	0
	g <sub>1</sub>	Rinterro esterno	197	0	0	442	0	0
	g <sub>1</sub>	Spinta terre (per STR)	0	1100	0	1928	0	0
	q <sub>1k</sub>	Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	2360	0	0	-2336	0	0
	q <sub>1k</sub>	Spinta carico accidentale 50kPa + 10kPa su bandiera (per STR)	0	1023	-744	2712	1970	0
	g <sub>1</sub>	Spinta terre (per GEO)	0	1100	0	1928	0	0
	q <sub>1k</sub>	Spinta carico accidentale 50kPa +10kPa su bandiera (per GEO)	0	1023	-744	2712	1970	0
Sisma spalla	q <sub>6</sub>	Inerzia spalla dir longitudinale	0	425	0	661	0	0
	q <sub>6</sub>	Inerzia spalla dir trasversale	0	0	0	0	0	0
	q <sub>6</sub>	Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	362	0	1229	0	0
	q <sub>6</sub>	Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale	0	0	0	0	0	0
	q <sub>6</sub>	Incremento di spinta sismica (per STR)	0	309	-225	819	595	0
	q <sub>6</sub>	Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	309	-225	819	595	0

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0604001	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 <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	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 <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	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 <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

<sup>(2)</sup> 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.

<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.

<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0604001	REV. A

**Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni.**

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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 <sub>1</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr <sub>2</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr <sub>3</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr <sub>4</sub>	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	F <sub>Wk</sub>	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 <sub>k</sub>	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  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

## 7.1 Combinazioni SLU

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

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

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

### 7.1.1 Combinazioni SLU STR

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

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

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

Pertanto complessivamente sono state definite 35 combinazioni SLU STR

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

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

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

\*PS: ponte scarico

### 7.1.2 Combinazioni SLU GEO

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

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

Pertanto complessivamente sono state definite 18 combinazioni SLU GEO

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

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

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

\*PS: ponte scarico

### 7.2 Combinazioni SLE

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

### 7.2.1 Combinazioni SLE RARA

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

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

Pertanto complessivamente sono state definite 18 combinazioni SLE RARA

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

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

\*PS: ponte scarico

### 7.2.2 Combinazioni SLE FREQUENTE

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

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

Pertanto complessivamente sono state definite 9 combinazioni SLE FREQUENTE

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

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

\*PS: ponte scarico

### 7.2.3 Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE

È stata definita 1 combinazione SLE PERMANENTE

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati:

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

### 7.3 Combinazioni SISMICHE

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

#### 7.3.1 Combinazioni SLV STR

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

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

##### SISMA X

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

##### SISMA Y

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

#### 7.3.2 Combinazioni SLV GEO

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

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

#### 7.4 Sollecitazioni combinate

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

Combo	N [kN]	F <sub>L</sub> =F <sub>X</sub> [kN]	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub> [kN]	M <sub>Long</sub> =M <sub>Y</sub> [kNm]	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>X</sub> [kNm]	M <sub>Tor</sub> =M <sub>Z</sub> [kNm]
SLU_STR_01	8999	1486	14	5244	-65	0
SLU_STR_02	16042	3659	-734	18126	913	884
SLU_STR_03	16042	3643	-734	18043	913	853
SLU_STR_04	16008	3483	-719	17119	903	536
SLU_STR_05	16008	3657	-719	18038	903	884
SLU_STR_06	14215	3409	-879	12355	-1842	536
SLU_STR_07	14215	3583	-879	13275	-1842	884
SLU_STR_08	14248	3568	-893	13280	-1832	853
SLU_STR_09	14248	3544	-893	13151	-1832	804
SLU_STR_010	16042	4101	-886	20461	1717	1769
SLU_STR_011	16042	4069	-886	20294	1717	1705
SLU_STR_012	16008	3751	-879	18533	1746	1072
SLU_STR_013	16008	4099	-879	20373	1746	1769
SLU_STR_014	14215	3677	-966	13770	-1382	1072
SLU_STR_015	14215	4025	-966	15609	-1382	1769
SLU_STR_016	14248	3995	-966	15530	-1449	1705
SLU_STR_017	14248	3946	-966	15273	-1449	1608
SLU_STR_018	12543	3072	-893	6501	1950	0
SLU_STR_019	12620	2175	344	17582	-1944	884
SLU_STR_020	12620	2159	344	17498	-1944	853
SLU_STR_021	12587	1999	359	16574	-1954	536
SLU_STR_022	12587	2173	359	17493	-1954	884
SLU_STR_023	10793	1925	199	11810	-4699	536
SLU_STR_024	10793	2099	199	12730	-4699	884
SLU_STR_025	10826	2085	185	12735	-4689	853
SLU_STR_026	10826	2060	185	12606	-4689	804
SLU_STR_027	12620	2617	192	19916	-1140	1769
SLU_STR_028	12620	2585	192	19749	-1140	1705
SLU_STR_029	12587	2267	199	17988	-1111	1072
SLU_STR_030	12587	2615	199	19828	-1111	1769
SLU_STR_031	10793	2193	112	13225	-4240	1072
SLU_STR_032	10793	2541	112	15064	-4240	1769

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	58 di 101

SLU_STR_033	10826	2511	112	14986	-4306	1705
SLU_STR_034	10826	2462	112	14728	-4306	1608
SLU_STR_035	9121	1588	185	5956	-907	0
SLV_STR_01	9971	2725	-270	10280	448	122
SLV_STR_02	9971	2723	-270	10268	448	118
SLV_STR_03	9966	2693	-269	10086	454	74
SLV_STR_04	9966	2717	-269	10213	454	122
SLV_STR_05	9719	2661	-295	9265	100	74
SLV_STR_06	9719	2685	-295	9392	100	122
SLV_STR_07	9723	2690	-296	9447	94	118
SLV_STR_08	9723	2687	-296	9430	94	111
SLV_STR_09	9971	2786	-291	10602	558	244
SLV_STR_010	9971	2782	-291	10579	558	235
SLV_STR_011	9966	2730	-291	10282	570	148
SLV_STR_012	9966	2778	-291	10535	570	244
SLV_STR_013	9719	2698	-307	9460	164	148
SLV_STR_014	9719	2746	-307	9714	164	244
SLV_STR_015	9723	2749	-306	9758	146	235
SLV_STR_016	9723	2742	-306	9722	146	222
SLV_STR_017	9488	2592	-300	8294	648	0
SLV_STR_018	9971	1797	30	7523	-694	122
SLV_STR_019	9971	1795	30	7512	-694	118
SLV_STR_020	9966	1770	28	7368	-668	74
SLV_STR_021	9966	1794	28	7495	-668	122
SLV_STR_022	9719	1754	-6	6663	-964	74
SLV_STR_023	9719	1778	-6	6790	-964	122
SLV_STR_024	9723	1778	-4	6807	-990	118
SLV_STR_025	9723	1775	-4	6789	-990	111
SLV_STR_026	9971	1858	9	7845	-583	244
SLV_STR_027	9971	1854	9	7822	-583	235
SLV_STR_028	9966	1807	6	7563	-552	148
SLV_STR_029	9966	1855	6	7817	-552	244
SLV_STR_030	9719	1791	-18	6858	-901	148
SLV_STR_031	9719	1839	-18	7112	-901	244
SLV_STR_032	9723	1837	-14	7117	-937	235
SLV_STR_033	9723	1830	-14	7082	-937	222
SLV_STR_034	9488	1701	-19	5807	-358	0
SLE_rara_01	8999	1100	9	4570	-43	0
SLE_rara_02	13856	2593	-507	13431	636	610

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	59 di 101

SLE_rara_03	13856	2582	-507	13374	636	588
SLE_rara_04	13833	2472	-497	12736	629	370
SLE_rara_05	13833	2592	-497	13370	629	610
SLE_rara_06	12596	2423	-607	9458	-1264	370
SLE_rara_07	12596	2543	-607	10092	-1264	610
SLE_rara_08	12619	2533	-617	10095	-1257	588
SLE_rara_09	12619	2516	-617	10007	-1257	554
SLE_rara_010	13856	2898	-612	15041	1191	1220
SLE_rara_011	13856	2876	-612	14926	1191	1176
SLE_rara_012	13833	2657	-607	13712	1210	739
SLE_rara_013	13833	2897	-607	14980	1210	1220
SLE_rara_014	12596	2608	-667	10434	-947	739
SLE_rara_015	12596	2848	-667	11702	-947	1220
SLE_rara_016	12619	2827	-667	11648	-993	1176
SLE_rara_017	12619	2793	-667	11470	-993	1109
SLE_rara_018	11443	2192	-617	5427	1351	0
SLE_fre_01	8999	1100	5	4570	-22	0
SLE_fre_02	11677	2103	-246	10918	292	732
SLE_fre_03	11677	2090	-246	10849	292	706
SLE_fre_04	11664	1958	-240	10121	288	444
SLE_fre_05	11664	2102	-240	10882	288	732
SLE_fre_06	11169	2012	-284	9200	-1459	591
SLE_fre_07	11169	2204	-284	10215	-1459	976
SLE_fre_08	11187	2188	-292	10171	-1453	941
SLE_fre_09	11187	2161	-292	10029	-1453	887
SLE_QP_01	8999	1100	0	4570	0	0
SLU_GEO_01	8999	1100	12	4570	-56	0
SLU_GEO_02	15070	2975	-632	15680	786	762
SLU_GEO_03	15070	2961	-632	15607	786	735
SLU_GEO_04	15042	2823	-620	14811	778	462
SLU_GEO_05	15042	2974	-620	15603	778	762
SLU_GEO_06	13495	2759	-757	10703	-1589	462
SLU_GEO_07	13495	2909	-757	11496	-1589	762
SLU_GEO_08	13524	2897	-770	11500	-1580	735
SLU_GEO_09	13524	2876	-770	11389	-1580	693
SLU_GEO_010	15070	3356	-764	17692	1479	1525
SLU_GEO_011	15070	3329	-764	17548	1479	1470
SLU_GEO_012	15042	3054	-757	16030	1504	924
SLU_GEO_013	15042	3355	-757	17616	1504	1525
SLU_GEO_014	13495	2990	-832	11923	-1193	924

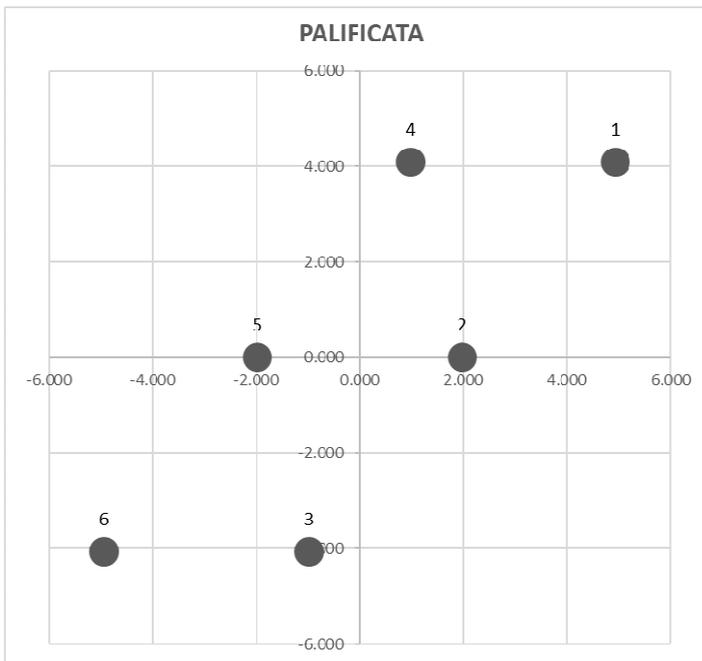
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	60 di 101

SLU_GEO_015	13495	3290	-832	13508	-1193	1525
SLU_GEO_016	13524	3264	-832	13440	-1250	1470
SLU_GEO_017	13524	3222	-832	13218	-1250	1386
SLU_GEO_018	12054	2468	-770	5654	1680	0
SLV_GEO_01	9971	2725	-270	10280	448	122
SLV_GEO_02	9971	2723	-270	10268	448	118
SLV_GEO_03	9966	2693	-269	10086	454	74
SLV_GEO_04	9966	2717	-269	10213	454	122
SLV_GEO_05	9719	2661	-295	9265	100	74
SLV_GEO_06	9719	2685	-295	9392	100	122
SLV_GEO_07	9723	2690	-296	9447	94	118
SLV_GEO_08	9723	2687	-296	9430	94	111
SLV_GEO_09	9971	2786	-291	10602	558	244
SLV_GEO_010	9971	2782	-291	10579	558	235
SLV_GEO_011	9966	2730	-291	10282	570	148
SLV_GEO_012	9966	2778	-291	10535	570	244
SLV_GEO_013	9719	2698	-307	9460	164	148
SLV_GEO_014	9719	2746	-307	9714	164	244
SLV_GEO_015	9723	2749	-306	9758	146	235
SLV_GEO_016	9723	2742	-306	9722	146	222
SLV_GEO_017	9488	2592	-300	8294	648	0
SLV_GEO_018	9971	1797	30	7523	-694	122
SLV_GEO_019	9971	1795	30	7512	-694	118
SLV_GEO_020	9966	1770	28	7368	-668	74
SLV_GEO_021	9966	1794	28	7495	-668	122
SLV_GEO_022	9719	1754	-6	6663	-964	74
SLV_GEO_023	9719	1778	-6	6790	-964	122
SLV_GEO_024	9723	1778	-4	6807	-990	118
SLV_GEO_025	9723	1775	-4	6789	-990	111
SLV_GEO_026	9971	1858	9	7845	-583	244
SLV_GEO_027	9971	1854	9	7822	-583	235
SLV_GEO_028	9966	1807	6	7563	-552	148
SLV_GEO_029	9966	1855	6	7817	-552	244
SLV_GEO_030	9719	1791	-18	6858	-901	148
SLV_GEO_031	9719	1839	-18	7112	-901	244
SLV_GEO_032	9723	1837	-14	7117	-937	235
SLV_GEO_033	9723	1830	-14	7082	-937	222
SLV_GEO_034	9488	1648	-19	5554	-358	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	4.940	4.075
2	1.980	0.000
3	-0.980	-4.075
4	0.980	4.075
5	-1.980	0.000
6	-4.940	-4.075

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

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

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

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

$C_M$  da calcolarsi in base a  $\lambda$ , tabella pag.476 "Viggiani":

L/l	$C_M$
2	1.06
3	0.97
4	0.93
$\geq 5$	0.93

$k_h$	1.5	kg/cm <sup>3</sup>
$\lambda$	2.92	m
L	36	m
L/ $\lambda$	12.34	-
$C_M$	0.93	-

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

	NP.1 [kN]	NP.3 [kN]	NP.6 [kN]	NP.4 [kN]	TP.1 [kN]	TP.3 [kN]	TP.6 [kN]	TP.4 [kN]	MP.1 [kN]	MP.3 [kN]	MP.6 [kN]	MP.4 [kN]
SLU_STR_01	2593	2020	1632	2204	248	248	248	248	672	672	672	672
SLU_STR_02	4913	2918	1659	3654	622	622	622	622	1688	1688	1688	1688
SLU_STR_03	4906	2920	1666	3652	619	619	619	619	1681	1681	1681	1681
SLU_STR_04	4822	2930	1739	3631	593	593	593	593	1609	1609	1609	1609
SLU_STR_05	4900	2915	1661	3646	621	621	621	621	1686	1686	1686	1686
SLU_STR_06	3953	2879	2010	3084	587	587	587	587	1592	1592	1592	1592
SLU_STR_07	4030	2864	1933	3099	615	615	615	615	1669	1669	1669	1669
SLU_STR_08	4037	2869	1937	3105	613	613	613	613	1664	1664	1664	1664
SLU_STR_09	4026	2871	1948	3103	609	609	609	609	1653	1653	1653	1653
SLU_STR_010	5159	2830	1413	3742	699	699	699	699	1897	1897	1897	1897
SLU_STR_011	5145	2833	1427	3739	694	694	694	694	1883	1883	1883	1883
SLU_STR_012	4993	2855	1568	3706	642	642	642	642	1742	1742	1742	1742
SLU_STR_013	5148	2824	1413	3737	699	699	699	699	1896	1896	1896	1896
SLU_STR_014	4100	2828	1863	3136	634	634	634	634	1719	1719	1719	1719
SLU_STR_015	4256	2797	1708	3166	690	690	690	690	1872	1872	1872	1872
SLU_STR_016	4250	2808	1724	3166	685	685	685	685	1859	1859	1859	1859
SLU_STR_017	4229	2812	1746	3162	677	677	677	677	1837	1837	1837	1837
SLU_STR_018	3413	2466	1993	2940	533	533	533	533	1447	1447	1447	1447
SLU_STR_019	4122	2532	1310	2899	367	367	367	367	996	996	996	996

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10604001	A	63 di 101

SLU_STR_020	4115	2534	1317	2898	364	364	364	364	989	989	989	989
SLU_STR_021	4031	2544	1390	2876	338	338	338	338	919	919	919	919
SLU_STR_022	4108	2529	1312	2891	367	367	367	367	996	996	996	996
SLU_STR_023	3161	2494	1661	2329	323	323	323	323	875	875	875	875
SLU_STR_024	3239	2478	1584	2344	351	351	351	351	954	954	954	954
SLU_STR_025	3245	2483	1588	2351	349	349	349	349	947	947	947	947
SLU_STR_026	3235	2485	1599	2348	345	345	345	345	936	936	936	936
SLU_STR_027	4368	2444	1064	2987	437	437	437	437	1187	1187	1187	1187
SLU_STR_028	4354	2447	1078	2985	432	432	432	432	1172	1172	1172	1172
SLU_STR_029	4202	2469	1219	2951	379	379	379	379	1029	1029	1029	1029
SLU_STR_030	4357	2438	1064	2982	437	437	437	437	1186	1186	1186	1186
SLU_STR_031	3309	2442	1514	2381	366	366	366	366	993	993	993	993
SLU_STR_032	3464	2411	1358	2412	424	424	424	424	1150	1150	1150	1150
SLU_STR_033	3459	2422	1375	2412	419	419	419	419	1137	1137	1137	1137
SLU_STR_034	3437	2426	1396	2407	411	411	411	411	1115	1115	1115	1115
SLU_STR_035	2622	2080	1644	2185	266	266	266	266	723	723	723	723
SLV_STR_01	2556	1462	767	1861	456	456	456	456	1239	1239	1239	1239
SLV_STR_02	2555	1462	768	1861	456	456	456	456	1238	1238	1238	1238
SLV_STR_03	2540	1464	782	1858	451	451	451	451	1224	1224	1224	1224
SLV_STR_04	2550	1462	772	1860	455	455	455	455	1235	1235	1235	1235
SLV_STR_05	2407	1459	832	1781	446	446	446	446	1211	1211	1211	1211
SLV_STR_06	2418	1456	821	1783	450	450	450	450	1222	1222	1222	1222
SLV_STR_07	2423	1457	818	1784	451	451	451	451	1224	1224	1224	1224
SLV_STR_08	2422	1457	819	1784	451	451	451	451	1223	1223	1223	1223
SLV_STR_09	2590	1450	733	1873	467	467	467	467	1267	1267	1267	1267
SLV_STR_010	2588	1451	735	1873	466	466	466	466	1265	1265	1265	1265
SLV_STR_011	2563	1454	759	1868	458	458	458	458	1242	1242	1242	1242
SLV_STR_012	2585	1450	737	1872	466	466	466	466	1264	1264	1264	1264
SLV_STR_013	2428	1451	812	1788	453	453	453	453	1228	1228	1228	1228
SLV_STR_014	2449	1447	790	1792	460	460	460	460	1250	1250	1250	1250
SLV_STR_015	2453	1448	789	1793	461	461	461	461	1251	1251	1251	1251
SLV_STR_016	2450	1449	792	1792	460	460	460	460	1248	1248	1248	1248
SLV_STR_017	2321	1403	842	1760	435	435	435	435	1180	1180	1180	1180
SLV_STR_018	2254	1578	1070	1745	300	300	300	300	813	813	813	813
SLV_STR_019	2253	1579	1071	1745	299	299	299	299	812	812	812	812
SLV_STR_020	2241	1579	1081	1743	295	295	295	295	801	801	801	801
SLV_STR_021	2252	1577	1070	1745	299	299	299	299	812	812	812	812
SLV_STR_022	2123	1567	1117	1672	292	292	292	292	793	793	793	793
SLV_STR_023	2133	1565	1106	1674	296	296	296	296	804	804	804	804
SLV_STR_024	2134	1567	1107	1674	296	296	296	296	804	804	804	804
SLV_STR_025	2132	1568	1109	1673	296	296	296	296	803	803	803	803
SLV_STR_026	2288	1566	1036	1757	310	310	310	310	840	840	840	840
SLV_STR_027	2286	1567	1038	1757	309	309	309	309	838	838	838	838
SLV_STR_028	2265	1568	1057	1754	301	301	301	301	817	817	817	817
SLV_STR_029	2286	1564	1036	1758	309	309	309	309	839	839	839	839

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLV10604001	A	64 di 101

SLV_STR_030	2143	1560	1097	1679	298	298	298	298	810	810	810	810
SLV_STR_031	2164	1556	1075	1684	306	306	306	306	832	832	832	832
SLV_STR_032	2163	1559	1078	1682	306	306	306	306	831	831	831	831
SLV_STR_033	2160	1560	1081	1682	305	305	305	305	828	828	828	828
SLV_STR_034	2049	1506	1114	1657	283	283	283	283	769	769	769	769
SLE_rara_01	1883	1426	1117	1574	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE_rara_02	3481	2046	1137	2573	440	440	440	440	1195	1195	1195	1195
SLE_rara_03	3476	2047	1142	2572	439	439	439	439	1190	1190	1190	1190
SLE_rara_04	3418	2054	1193	2557	420	420	420	420	1141	1141	1141	1141
SLE_rara_05	3472	2043	1139	2568	440	440	440	440	1194	1194	1194	1194
SLE_rara_06	2820	2019	1379	2180	416	416	416	416	1130	1130	1130	1130
SLE_rara_07	2873	2008	1326	2191	436	436	436	436	1182	1182	1182	1182
SLE_rara_08	2878	2011	1329	2195	434	434	434	434	1179	1179	1179	1179
SLE_rara_09	2870	2013	1336	2193	432	432	432	432	1172	1172	1172	1172
SLE_rara_010	3651	1985	968	2634	494	494	494	494	1340	1340	1340	1340
SLE_rara_011	3641	1987	977	2632	490	490	490	490	1330	1330	1330	1330
SLE_rara_012	3536	2002	1075	2609	454	454	454	454	1233	1233	1233	1233
SLE_rara_013	3643	1981	968	2630	493	493	493	493	1339	1339	1339	1339
SLE_rara_014	2921	1983	1277	2216	449	449	449	449	1217	1217	1217	1217
SLE_rara_015	3028	1962	1170	2237	487	487	487	487	1323	1323	1323	1323
SLE_rara_016	3025	1969	1182	2237	484	484	484	484	1314	1314	1314	1314
SLE_rara_017	3010	1972	1197	2234	479	479	479	479	1299	1299	1299	1299
SLE_rara_018	2448	1733	1367	2081	380	380	380	380	1030	1030	1030	1030
SLE_fre_01	1884	1425	1116	1575	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE_fre_02	2885	1746	1007	2147	353	353	353	353	957	957	957	957
SLE_fre_03	2879	1747	1013	2146	351	351	351	351	952	952	952	952
SLE_fre_04	2815	1757	1073	2131	329	329	329	329	892	892	892	892
SLE_fre_05	2879	1744	1008	2144	353	353	353	353	957	957	957	957
SLE_fre_06	2548	1797	1175	1926	339	339	339	339	919	919	919	919
SLE_fre_07	2634	1780	1089	1943	370	370	370	370	1005	1005	1005	1005
SLE_fre_08	2633	1783	1096	1946	368	368	368	368	998	998	998	998
SLE_fre_09	2621	1786	1108	1943	363	363	363	363	986	986	986	986
SLE_QP_01	1885	1423	1114	1576	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU_GEO_01	2007	1468	1104	1642	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU_GEO_02	4007	2243	1127	2891	507	507	507	507	1376	1376	1376	1376
SLU_GEO_03	4001	2244	1133	2890	505	505	505	505	1369	1369	1369	1369
SLU_GEO_04	3929	2253	1196	2871	482	482	482	482	1307	1307	1307	1307
SLU_GEO_05	3995	2240	1129	2885	506	506	506	506	1374	1374	1374	1374
SLU_GEO_06	3179	2209	1430	2400	477	477	477	477	1294	1294	1294	1294
SLU_GEO_07	3246	2196	1363	2413	501	501	501	501	1360	1360	1360	1360
SLU_GEO_08	3252	2200	1367	2418	500	500	500	500	1356	1356	1356	1356
SLU_GEO_09	3242	2202	1376	2417	496	496	496	496	1347	1347	1347	1347
SLU_GEO_010	4219	2166	914	2967	574	574	574	574	1557	1557	1557	1557
SLU_GEO_011	4207	2169	927	2965	569	569	569	569	1545	1545	1545	1545
SLU_GEO_012	4076	2188	1048	2936	524	524	524	524	1423	1423	1423	1423

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10604001	A	65 di 101

SLU_GEO_013	4210	2161	915	2963	573	573	573	573	1556	1556	1556	1556
SLU_GEO_014	3306	2164	1302	2445	517	517	517	517	1404	1404	1404	1404
SLU_GEO_015	3440	2138	1169	2471	566	566	566	566	1535	1535	1535	1535
SLU_GEO_016	3436	2147	1183	2471	561	561	561	561	1524	1524	1524	1524
SLU_GEO_017	3417	2151	1201	2467	555	555	555	555	1505	1505	1505	1505
SLU_GEO_018	2714	1853	1415	2276	431	431	431	431	1169	1169	1169	1169
SLV_GEO_01	2556	1462	767	1861	456	456	456	456	1239	1239	1239	1239
SLV_GEO_02	2555	1462	768	1861	456	456	456	456	1238	1238	1238	1238
SLV_GEO_03	2540	1464	782	1858	451	451	451	451	1224	1224	1224	1224
SLV_GEO_04	2550	1462	772	1860	455	455	455	455	1235	1235	1235	1235
SLV_GEO_05	2407	1459	832	1781	446	446	446	446	1211	1211	1211	1211
SLV_GEO_06	2418	1456	821	1783	450	450	450	450	1222	1222	1222	1222
SLV_GEO_07	2423	1457	818	1784	451	451	451	451	1224	1224	1224	1224
SLV_GEO_08	2422	1457	819	1784	451	451	451	451	1223	1223	1223	1223
SLV_GEO_09	2590	1450	733	1873	467	467	467	467	1267	1267	1267	1267
SLV_GEO_010	2588	1451	735	1873	466	466	466	466	1265	1265	1265	1265
SLV_GEO_011	2563	1454	759	1868	458	458	458	458	1242	1242	1242	1242
SLV_GEO_012	2585	1450	737	1872	466	466	466	466	1264	1264	1264	1264
SLV_GEO_013	2428	1451	812	1788	453	453	453	453	1228	1228	1228	1228
SLV_GEO_014	2449	1447	790	1792	460	460	460	460	1250	1250	1250	1250
SLV_GEO_015	2453	1448	789	1793	461	461	461	461	1251	1251	1251	1251
SLV_GEO_016	2450	1449	792	1792	460	460	460	460	1248	1248	1248	1248
SLV_GEO_017	2321	1403	842	1760	435	435	435	435	1180	1180	1180	1180
SLV_GEO_018	2254	1578	1070	1745	300	300	300	300	813	813	813	813
SLV_GEO_019	2253	1579	1071	1745	299	299	299	299	812	812	812	812
SLV_GEO_020	2241	1579	1081	1743	295	295	295	295	801	801	801	801
SLV_GEO_021	2252	1577	1070	1745	299	299	299	299	812	812	812	812
SLV_GEO_022	2123	1567	1117	1672	292	292	292	292	793	793	793	793
SLV_GEO_023	2133	1565	1106	1674	296	296	296	296	804	804	804	804
SLV_GEO_024	2134	1567	1107	1674	296	296	296	296	804	804	804	804
SLV_GEO_025	2132	1568	1109	1673	296	296	296	296	803	803	803	803
SLV_GEO_026	2288	1566	1036	1757	310	310	310	310	840	840	840	840
SLV_GEO_027	2286	1567	1038	1757	309	309	309	309	838	838	838	838
SLV_GEO_028	2265	1568	1057	1754	301	301	301	301	817	817	817	817
SLV_GEO_029	2286	1564	1036	1758	309	309	309	309	839	839	839	839
SLV_GEO_030	2143	1560	1097	1679	298	298	298	298	810	810	810	810
SLV_GEO_031	2164	1556	1075	1684	306	306	306	306	832	832	832	832
SLV_GEO_032	2163	1559	1078	1682	306	306	306	306	831	831	831	831
SLV_GEO_033	2160	1560	1081	1682	305	305	305	305	828	828	828	828
SLV_GEO_034	2028	1510	1135	1652	275	275	275	275	745	745	745	745

Le azioni minime e massime sui pali sono le seguenti:

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	66 di 101

		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	2593	2020	1064	2185	248	248	248	248	672	672	672	672
SLU STR	MAX	5159	2930	2010	3742	699	699	699	699	1897	1897	1897	1897
SLV STR	MIN	2049	1403	733	1657	283	283	283	283	769	769	769	769
SLV STR	MAX	2590	1579	1117	1873	467	467	467	467	1267	1267	1267	1267
SLE RARA	MIN	1883	1426	968	1574	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE RARA	MAX	3651	2054	1379	2634	494	494	494	494	1340	1340	1340	1340
SLE FREQ	MIN	1884	1425	1007	1575	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE FREQ	MAX	2885	1797	1175	2147	370	370	370	370	1005	1005	1005	1005
SLE QP	MIN	1885	1423	1114	1576	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE QP	MAX	1885	1423	1114	1576	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MIN	2007	1468	914	1642	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MAX	4219	2253	1430	2967	574	574	574	574	1557	1557	1557	1557
SLV GEO	MIN	2028	1403	733	1652	275	275	275	275	745	745	745	745
SLV GEO	MAX	2590	1579	1135	1873	467	467	467	467	1267	1267	1267	1267

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	1938	1416	493	1564	248	248	248	248	672	672	672	672
SLU STR	MAX	4505	2326	1440	3121	699	699	699	699	1897	1897	1897	1897
SLV STR	MIN	2049	1403	733	1657	283	283	283	283	769	769	769	769
SLV STR	MAX	2590	1579	1117	1873	467	467	467	467	1267	1267	1267	1267
SLE RARA	MIN	1883	1426	968	1574	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE RARA	MAX	3651	2054	1379	2634	494	494	494	494	1340	1340	1340	1340
SLE FREQ	MIN	1884	1425	1007	1575	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE FREQ	MAX	2885	1797	1175	2147	370	370	370	370	1005	1005	1005	1005
SLE QP	MIN	1885	1423	1114	1576	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE QP	MAX	1885	1423	1114	1576	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MIN	1882	1427	929	1573	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MAX	4095	2211	1444	2899	574	574	574	574	1557	1557	1557	1557

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	67 di 101

SLV GEO	MIN	2028	1403	733	1652	275	275	275	275	745	745	745	745
SLV GEO	MAX	2590	1579	1135	1873	467	467	467	467	1267	1267	1267	1267

## 9 VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE

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

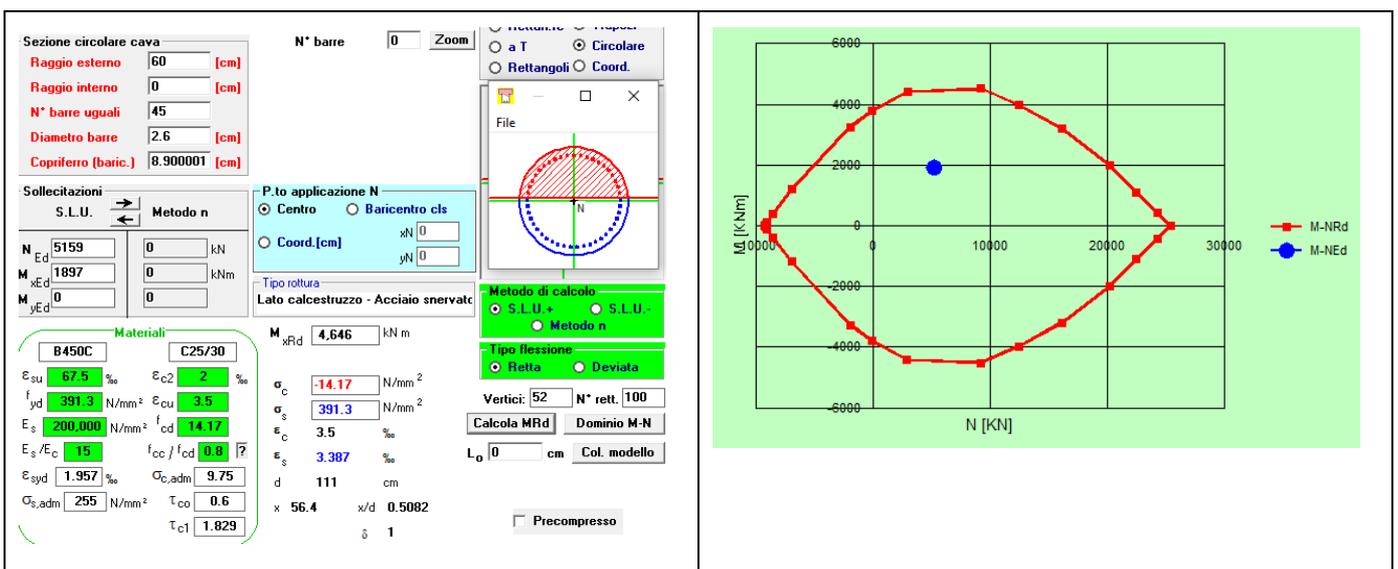
### 9.1 Verifica a pressoflessione allo SLU

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

Sollecitazioni di verifica:

	SLU STR	SLV STR
Nmax (kN)	5159	2590
M (kNm)	1897	1267
Nmin (kN)	493	733
M (kNm)	1187	1267

Verifiche:



**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10604001	A	69 di 101

**Sezione circolare cava**

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

N° barre: 0 Zoom

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 2590 [kN]  
M<sub>xEd</sub>: 1267 [kNm]  
M<sub>yEd</sub>: 0 [kNm]

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

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>: 14.17  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.0 [?]  
ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9.75  
σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>: 0.6  
τ<sub>c1</sub>: 1.829

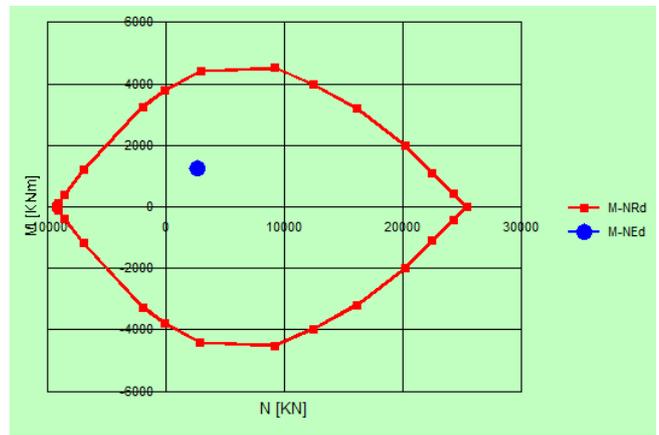
**Metodo di calcolo**  
S.L.U. + S.L.U. -  
Metodo n

**Tipo flessione**  
Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett: 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

M xRd: 4.375 kNm  
σ<sub>c</sub>: -14.17 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub>: 4.882 ‰  
d: 111 cm  
x: 46.34 x/d: 0.4176  
δ: 0.962

Precompresso



**Sezione circolare cava**

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

N° barre: 0 Zoom

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 493 [kN]  
M<sub>xEd</sub>: 1187 [kNm]  
M<sub>yEd</sub>: 0 [kNm]

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

**Materiali**  
B450C C25/30  
ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>: 14.17  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.0 [?]  
ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9.75  
σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>: 0.6  
τ<sub>c1</sub>: 1.829

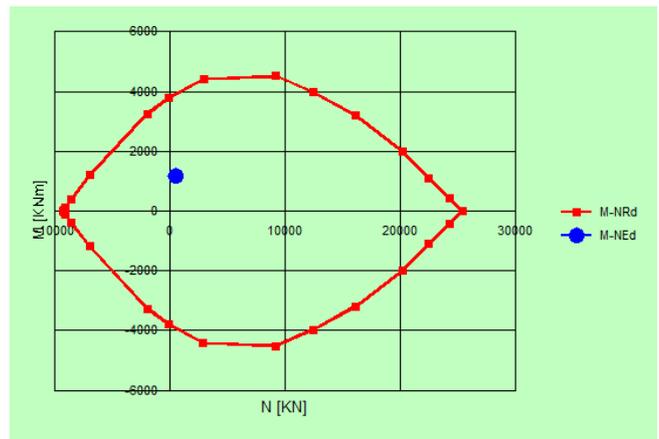
**Metodo di calcolo**  
S.L.U. + S.L.U. -  
Metodo n

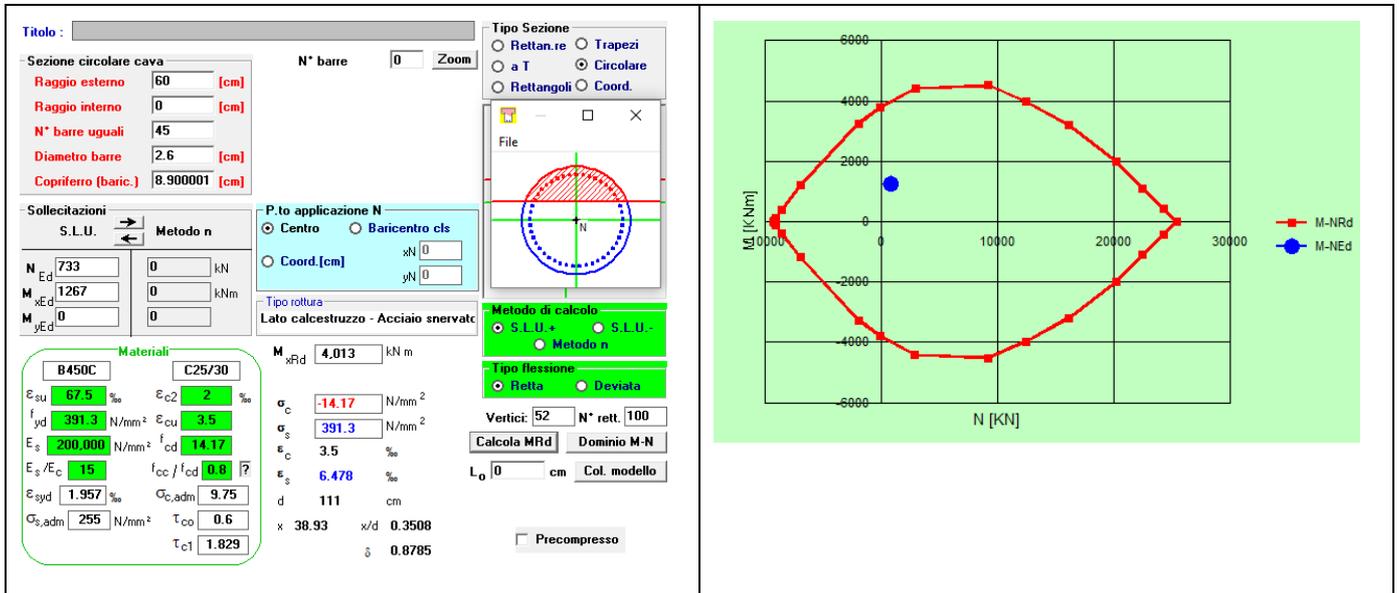
**Tipo flessione**  
Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett: 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

M xRd: 3.960 kNm  
σ<sub>c</sub>: -14.17 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub>: 6.724 ‰  
d: 111 cm  
x: 37.99 x/d: 0.3423  
δ: 0.8679

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)	3651	2885	1885
M (kNm)	1340	957	498
Nmin (kN)	1883	1884	1885
M (kNm)	498	498	498

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

Si distinguono i seguenti stati limite:

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

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

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0604001	REV. A

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

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

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

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

**Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

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

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

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni di carico:

- combinazione rara

Le armature sono classificate come “armature poco sensibili”.

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

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

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

Il valore di calcolo è dato da:

$$W_K = 1.7 W_m$$

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

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);

$\epsilon_{sm}$ : deformazione media delle barre di acciaio;

$\beta$ : 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;

$\epsilon_{sm}$ : si calcola con la relazione:

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

con:

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

$\sigma_{ST}$ : 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;

$\beta_2$  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 <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>
$\sigma_{c\_RARA}$ (MPa)	-2.77	-0.68

Si supera lo stato limite di formazione delle fessure per la condizione N<sub>max</sub>: occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure:

c	76	mm
s	71	mm
k <sub>2</sub>	0.4	-
k <sub>3</sub>	0.125	-
φ	26	mm
A <sub>s</sub>	531.0	mm <sup>2</sup>
h <sub>eff</sub>	271	mm
A <sub>eff</sub>	19241	mm <sup>2</sup>
ρ	0.02760	-
s <sub>rm</sub>	213.3	mm
f <sub>ctm</sub>	21.32	kg/cm <sup>2</sup>
σ <sub>s</sub>	522.0	kg/cm <sup>2</sup>
σ <sub>sr</sub>	481.2	kg/cm <sup>2</sup>
β <sub>1</sub>	1	-
β <sub>2</sub>	0.5	-
(1-β <sub>1</sub> β <sub>2</sub> (σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> )	0.58	-
E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
ε <sub>sr</sub>	0.0001430	-
w <sub>m</sub>	0.0305	mm
w <sub>k</sub>	0.0518	mm
<b>w limite</b>	<b>0.2</b>	mm
<b>Verifica</b>	<b>OK</b>	

### 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. N <sub>max</sub>	Comb. N <sub>min</sub>
$\sigma_{c\_RARA}$ (MPa)	8.3	3.3
$\sigma_{c\_QuasiPERM}$ (MPa)	3.3	3.3

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. N <sub>max</sub>	Comb. N <sub>min</sub>
$\sigma_{s\_RARA}$ (MPa)	-52.2	-9.3

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

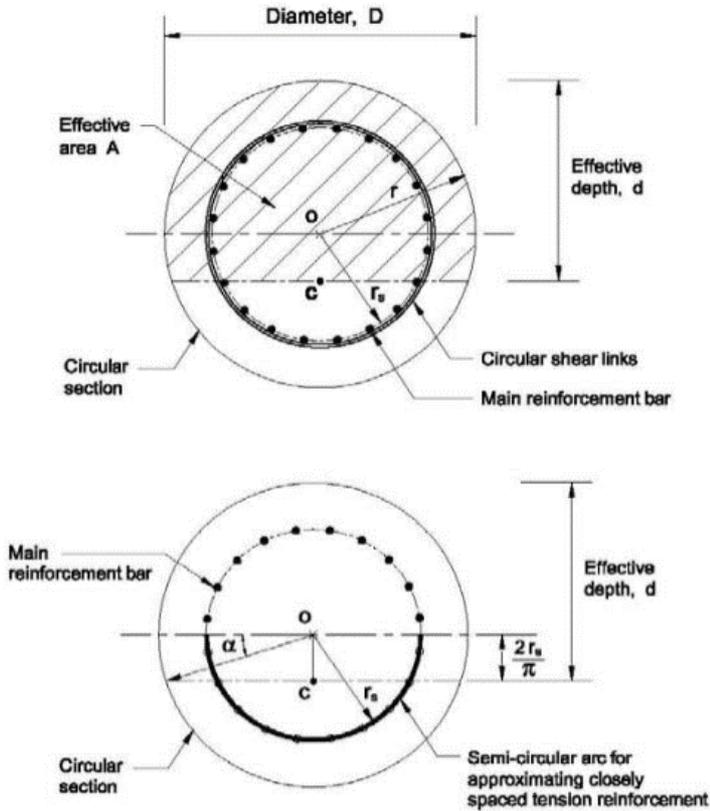
### 9.3 Verifica a taglio

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: 699 kN

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		$\sin \alpha = (2 r_s) / (\pi r)$
$\alpha$	0.573	rad	
$A_{tot}$	1130400	mm <sup>2</sup>	Area totale della sezione circolare: $A_{tot} = \pi r^2$
A	935668	mm <sup>2</sup>	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: $h = A_{tot}/b$

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	76 di 101

Senza specifica armatura a taglio

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)	<b>605.1</b>		
Taglio agente	699	kN	
NON SODDISFA	<b>FS</b>	<b>0.87</b>	E' necessario disporre specifica armatura a taglio

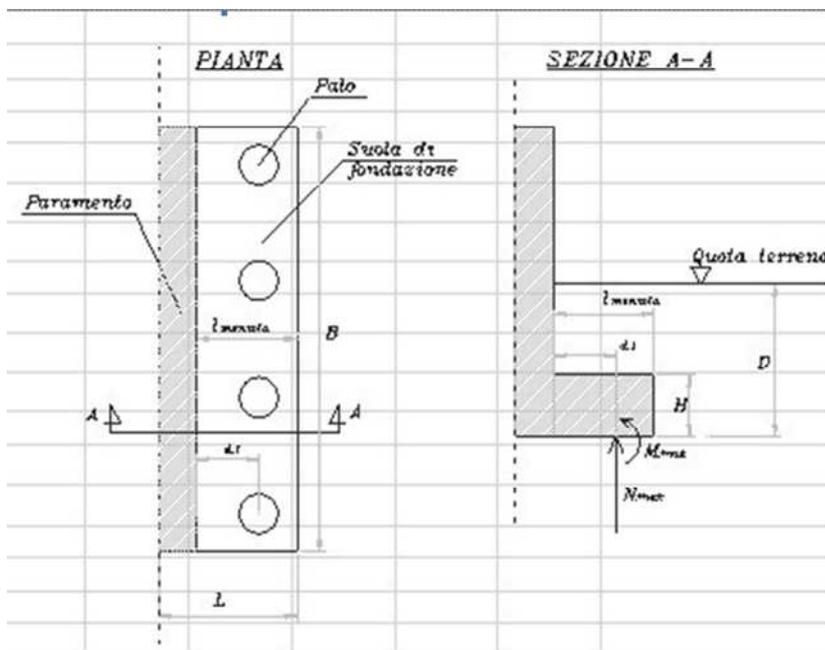
Con specifica armatura a taglio

$f_{yd}$	391.3	MPa	
$f'_{cd} = 0.5f_{cd}$	7.1	MPa	
n. braccia	2		
$\emptyset$	16	mm	
$A_{sw}$	401.92	mm <sup>2</sup>	
Passo	0.15	m	
$V_{Rsd}$	873.3	kN	
$V_{Rcd}$	5941.0	kN	
$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}; V_{Rcd})$	<b>873.3</b>	kN	
Taglio agente	699	kN	
Verifica soddisfatta	<b>FS</b>	<b>1.25</b>	

## 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.

$L_{\text{mensola}}$	4.7 m	
$d_1$	3.34 m	distanza pali dal setto
$i$	5.04 m	interasse pali

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	78 di 101

	$N_{MAX,P}$ [kN]	$V_p$ [kN]	$N_{MIN,P}$ [kN]	$V_p$ [kN]	$N_p$ = azione assiale sul palo $V_p$ = azione orizzontale sul palo
SLU STR	1764	699	-710	699	
SLV STR	813	467	-327	467	
SLE RARA	1259	494	-408	494	
SLE FREQ	968	370	-171	370	
SLE Q.P.	594	183	133	183	

Sollecitazioni all'incastro della mensola:

	$N_{MAX}$			$N_{MIN}$		
	M [kNm]	N (>0 traz) [kN]	V [kN]	M [kNm]	N (>0 traz) [kN]	V [kN]
	$=N_p \times d_1$	$=V_p$	$=N_p$	$=N_p \times d_1$	$=V_p$	$=N_p$
SLU STR	5891	699	1764	-2371	699	-710
SLV STR	2715	467	813	-1093	467	-327
SLE RARA	4205	494	1259	-1361	494	-408
SLE FREQ	3234	370	968	-572	370	-171
SLE Q.P.	1985	183	594	443	183	133

Sollecitazioni all'incastro della mensola a metro lineare:

Lunghezza di ripartizione

3.89 m

	$N_{MAX}$			$N_{MIN}$		
	M [kNm]	N (>0 traz) [kN]	V [kN]	M [kNm]	N (>0 traz) [kN]	V [kN]
	$=N_p \times d_1$	$=V_p$	$=N_p$	$=N_p \times d_1$	$=V_p$	$=N_p$
SLU STR	1514.3	179.7	453.4	-609.4	179.7	-182.5
SLV STR	697.9	120.0	209.0	-281.0	120.0	-84.1
SLE RARA	1080.9	126.9	323.6	-349.9	126.9	-104.8
SLE FREQ	831.4	95.2	248.9	-147.0	95.2	-44.0
SLE Q.P.	510.4	47.2	152.8	113.8	47.2	34.1

## 10.2 Verifica a pressoflessione

Spessore: 150cm

Copriferro: 40mm

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	79 di 101

Armatura longitudinale estradosso:  $\phi 24/20$

Armatura longitudinale intradosso:  $\phi 24/10$

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

**10.2.1 SLU**

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

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

Il dimensionamento viene condotto per il palo maggiormente sollecitato.

Essendo tale palo un palo di spigolo la sua azione, al fine di riportarla ad un carico a metro lineare, è stata divisa per la seguente distanza: 3.69m (distanza tra bordo fondazione e interasse pali in direzione trasversale (Y)).

**Tirante-Puntone**

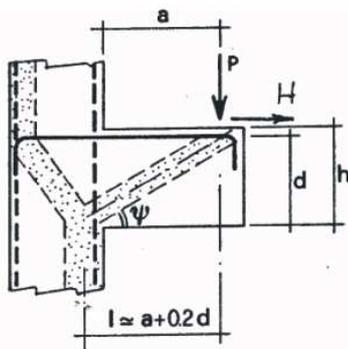


Figura 15: meccanismo di tirante-puntone

Le forze che entrano in gioco sono:

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

Si verificano due meccanismi:

Resistenza dell'armatura a trazione (tirante)  $R_s = [(A_s \cdot f_{yd} - H) \cdot 0,9d / L > P$

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

**TIRANTE - PUNTONE Nmax (Armature intradosso)**

	SLU STR	SLV STR	
P (kN)	1764	813	Reazione palo
H (kN)	699	467	Azione tagliante orizzontale
Azioni a ml di fondazione			
P/ml (kN/m)	453.4	209.0	

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	80 di 101

H/ml (kN/m)	179.7	120.0			
$A_s$	4522 mm <sup>2</sup> /m	$\phi$	24	/	10
$f_{yd}$	391.3 MPa	$\phi$	0	/	20
d	1.45 m				
a	3.34 m				
l=a+0.2d	3.63 m				
$R_s$ (kN/m)	635.21	635.23	Resistenza tirante armatura = $(A_s * f_{yd} - H) * 0.9 * d / L$		
$R_s \geq P$	<b>OK</b>	<b>OK</b>			
<b>FS=</b>	<b>1.40</b>	<b>3.04</b>			
$f_{cd}$	14.11 MPa				
$\lambda = L/d$	2.51				
b	1 m				
c	1.5				
$R_c$	1683.2 kN/m		Resistenza biella calcestruzzo = $0.4 * b * d * f_{cd} * c / (1 + \lambda^2)$		
$R_c \geq R_s$	<b>OK</b>	<b>OK</b>			
<b>FS=</b>	<b>2.65</b>	<b>2.65</b>			

**TIRANTE - PUNTONE Nmix (Armature estradosso)**

	SLV STR	SLE RARA			
P (kN)	-710	-327	Reazione palo		
H (kN)	699	467	Azione tagliante orizzontale		
Azioni a ml di fondazione					
P/ml (kN/m)	-182.5	-84.1			
H/ml (kN/m)	179.7	120.0			
$A_s$	2261 mm <sup>2</sup> /m	$\phi$	24	/	20
$f_{yd}$	391.3 MPa				
d	1.45 m				
a	3.34 m				
l=a+0.2d	3.63 m				
$R_s$ (kN/m)	317.57	317.59	Resistenza tirante armatura = $(A_s * f_{yd} - H) * 0.9 * d / L$		
$R_s \geq P$	<b>OK</b>	<b>OK</b>			
<b>FS=</b>	<b>1.74</b>	<b>3.77</b>			
$f_{cd}$	14.11 MPa				
$\lambda = L/d$	2.51				
b	1 m				
c	1.5				
$R_c$	1683.2 kN/m		Resistenza biella calcestruzzo = $0.4 * b * d * f_{cd} * c / (1 + \lambda^2)$		

$R_c \geq R_s$                       **OK**                      **OK**  
FS=                                      **5.30**                      **5.30**

### 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.
	$N_{max}$	$N_{min}$
$\sigma_{c\_RARA}$ (MPa)	-2.48	-0.89

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

c	72	mm
s	10	mm
$k_2$	0.4	-
$k_3$	0.125	-
$\phi$	24	mm
$A_s$	4524.0	mm <sup>2</sup>
$h_{eff}$	252	mm
$A_{eff}$	252000	mm <sup>2</sup>
$\rho$	0.01795	-
$s_{rm}$	212.8	mm
$\sigma_t$	21.32	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_s$	1910.0	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{sr}$	1971.0	kg/cm <sup>2</sup>
$\beta_1$	1	-
$\beta_2$	0.5	-
$(1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2)$	0.47	-

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	82 di 101

E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
ε <sub>sr</sub>	0.0004253	-
w <sub>m</sub>	0.0905	mm
w <sub>k</sub>	0.1539	mm
<b>w limite</b>	<b>0.2</b>	mm
<b>Verifica</b>	<b>OK</b>	

*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:

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

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

In particolare si ha:

	Comb. N <sub>max</sub>	Comb. N <sub>min</sub>
σ <sub>c_RARA</sub> (MPa)	3.79	1.34
σ <sub>c_QuasiPERM</sub> (MPa)	1.80	0.36

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

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

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

Si ha:

	Comb. N <sub>max</sub>	Comb. N <sub>min</sub>
σ <sub>s_RARA</sub> (MPa)	-191.02	-139.23

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: 453.4 kN/m (SLU STR)

Altezza utile (d)	1448	mm
k	1.37	
$f_{ck}$	24.90	MPa
$A_{sl}$	45.4	cmq
$b_w$	1.00	m
$r_l$	0.00313	-
$S_{cp}$	0.0	MPa
$V_{min}$	0.281	MPa
V1	472.7	kN
V2	406.3	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	<b>472.7</b>	kN
Taglio agente	453.4	kN
Verifica soddisfatta	<b>FS</b>	<b>1.04</b>

## 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 <sub>L</sub> =F <sub>X</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>Y</sub>	M <sub>Long</sub> =M <sub>Y</sub>	M <sub>Trasv</sub> =M <sub>X</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
<i>g1</i>	<i>Peso proprio impalcato</i>	512	0	0	250	0
<i>g2</i>	<i>Sovraccarichi permanenti impalcato</i>	1104	0	0	538	0
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2497	305	210	2369	-315
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2497	294	210	2327	-315
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	2474	185	220	1903	-282
GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	2474	305	220	2357	-282
GRUPPO 1e	LM71 in F	1237	185	110	1301	-2615
GRUPPO 1f	LM71 in A	1237	305	110	1755	-2615
GRUPPO 1g	SW2 in F	1260	294	100	1725	-2648
GRUPPO 1h	SW2 in A	1260	277	100	1661	-2648
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2497	610	105	3521	-180
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2497	588	105	3439	-180
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	2474	370	110	2602	-141
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	2474	610	110	3510	-141
GRUPPO 3e	LM71 in F	1237	370	50	2000	-2538
GRUPPO 3f	LM71 in A	1237	610	50	2908	-2538
GRUPPO 3g	SW2 in F	1260	588	50	2836	-2584
GRUPPO 3h	SW2 in A	1260	554	50	2709	-2584
GRUPPO 2	<i>Treno scarico</i>	84	0	100	41	-40
GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1498	366	126	2113	-189
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1498	353	126	2063	-189
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1484	222	132	1561	-169
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1484	366	132	2106	-169
GRUPPO 4e	LM71 in F	990	296	88	1600	-2092
GRUPPO 4f	LM71 in A	990	488	88	2326	-2092
GRUPPO 4g	SW2 in F	1008	470	80	2269	-2118
GRUPPO 4h	SW2 in A	1008	444	80	2167	-2118
<i>q5,scarico</i>	<i>Vento a ponte scarico</i>	0	0	9	0	-30
<i>q5,carico</i>	<i>Vento a ponte carico</i>	0	0	44	0	-233

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	85 di 101

Q4	Centrifuga	0	0	0	0	0
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	165	0	411	0
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	165	0	411	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	164	0	409	0
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	164	0	409	0
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	114	0	285	0
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	114	0	285	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	115	0	288	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	115	0	288	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	165	0	411	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	165	0	411	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	164	0	409	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	164	0	409	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	114	0	285	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	114	0	285	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	115	0	288	0
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	115	0	288	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	68	0	170	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	125	0	311	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	125	0	311	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	124	0	310	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	124	0	310	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	104	0	261	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	104	0	261	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	105	0	262	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	105	0	262	0
Spettro X	Spettro X	0	0	0	0	0
Spettro X	Spettro X	0	230	0	883	0
Spettro X	Spettro X	0	230	0	883	0
Spettro X	Spettro X	0	223	0	840	0
Spettro X	Spettro X	0	223	0	840	0
Spettro X	Spettro X	0	200	0	709	0
Spettro X	Spettro X	0	200	0	709	0
Spettro X	Spettro X	0	207	0	752	0
Spettro X	Spettro X	0	207	0	752	0
Spettro X	Spettro X	0	230	0	883	0
Spettro X	Spettro X	0	230	0	883	0
Spettro X	Spettro X	0	223	0	840	0
Spettro X	Spettro X	0	223	0	840	0

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	86 di 101

Spettro X	Spettro X	0	200	0	709	0
Spettro X	Spettro X	0	200	0	709	0
Spettro X	Spettro X	0	207	0	752	0
Spettro X	Spettro X	0	207	0	752	0
Spettro Y	Spettro Y	0	177	0	577	0
Spettro Y	Spettro Y	0	0	204	0	-221
Spettro Y	Spettro Y	0	0	204	0	-221
Spettro Y	Spettro Y	0	0	200	0	-209
Spettro Y	Spettro Y	0	0	200	0	-209
Spettro Y	Spettro Y	0	0	188	0	-172
Spettro Y	Spettro Y	0	0	188	0	-172
Spettro Y	Spettro Y	0	0	192	0	-184
Spettro Y	Spettro Y	0	0	192	0	-184
Spettro Y	Spettro Y	0	0	204	0	-221
Spettro Y	Spettro Y	0	0	204	0	-221
Spettro Y	Spettro Y	0	0	200	0	-209
Spettro Y	Spettro Y	0	0	200	0	-209
Spettro Y	Spettro Y	0	0	188	0	-172
Spettro Y	Spettro Y	0	0	188	0	-172
Spettro Y	Spettro Y	0	0	192	0	-184
Spettro Y	Spettro Y	0	0	192	0	-184
g1	Peso spalla (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	938	0	0	-57	0
g1	Rinterro interno	0	0	0	0	0
g1	Rinterro esterno	0	0	0	0	0
g1	Spinta terre (per STR)	0	634	0	804	0
q1k	Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	0	0	0	0	0
q1k	Spinta carico accidentale 50kN/mq	0	907	0	1723	0
g1	Spinta terre (per GEO)	0	776	0	983	0
q1k	Spinta carico accidentale 50kPa +10kPa su bandiera(per GEO)	0	1109	0	2107	0
q6	Inerzia spalla dir longitudinale (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	0	83	60	131	-95
q6	Inerzia spalla dir trasversale (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	0	-60	83	-95	-131
q6	Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	0	0	0	0
q6	Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale	0	0	0	0	0
q6	Incremento di spinta sismica (per STR)	0	181	0	343	0
q6	Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	181	0	343	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.

	<b>N</b>	<b>F<sub>L</sub>=F<sub>X</sub></b>	<b>F<sub>T</sub>=F<sub>Y</sub></b>	<b>M<sub>Long</sub>=M<sub>Y</sub></b>	<b>M<sub>Trasv</sub>=M<sub>X</sub></b>
<b>Combo</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>	<b>[kNm]</b>
SLU_STR_01	2554	857	14	1816	-45
SLU_STR_02	6175	2861	344	8366	-666
SLU_STR_03	6175	2845	344	8306	-666
SLU_STR_04	6142	2685	359	7688	-618
SLU_STR_05	6142	2859	359	8346	-618
SLU_STR_06	4348	2611	199	6629	-4001
SLU_STR_07	4348	2785	199	7287	-4001
SLU_STR_08	4381	2770	185	7247	-4049
SLU_STR_09	4381	2746	185	7155	-4049
SLU_STR_010	6175	3303	192	10037	-471
SLU_STR_011	6175	3271	192	9917	-471
SLU_STR_012	6142	2953	199	8701	-414
SLU_STR_013	6142	3301	199	10017	-414
SLU_STR_014	4348	2879	112	7642	-3890
SLU_STR_015	4348	3227	112	8958	-3890
SLU_STR_016	4381	3197	112	8858	-3956
SLU_STR_017	4381	3148	112	8674	-3956
SLU_STR_018	2676	2274	185	4629	-268
SLU_STR_019	6175	1545	344	5867	-666
SLU_STR_020	6175	1530	344	5807	-666
SLU_STR_021	6142	1370	359	5189	-618
SLU_STR_022	6142	1544	359	5847	-618
SLU_STR_023	4348	1296	199	4130	-4001
SLU_STR_024	4348	1470	199	4788	-4001
SLU_STR_025	4381	1455	185	4748	-4049
SLU_STR_026	4381	1431	185	4656	-4049
SLU_STR_027	6175	1988	192	7538	-471
SLU_STR_028	6175	1956	192	7419	-471
SLU_STR_029	6142	1638	199	6202	-414
SLU_STR_030	6142	1986	199	7519	-414
SLU_STR_031	4348	1564	112	5143	-3890
SLU_STR_032	4348	1912	112	6460	-3890

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0604001	A	88 di 101

SLU_STR_033	4381	1882	112	6360	-3956
SLU_STR_034	4381	1833	112	6175	-3956
SLU_STR_035	2676	959	185	2130	-268
SLV_STR_01	3053	1386	188	3764	-264
SLV_STR_02	3053	1383	188	3756	-264
SLV_STR_03	3049	1354	189	3627	-254
SLV_STR_04	3049	1378	189	3718	-254
SLV_STR_05	2801	1321	164	3351	-709
SLV_STR_06	2801	1345	164	3442	-709
SLV_STR_07	2806	1351	163	3479	-719
SLV_STR_08	2806	1347	163	3466	-719
SLV_STR_09	3053	1447	167	3994	-237
SLV_STR_010	3053	1442	167	3978	-237
SLV_STR_011	3049	1391	167	3767	-225
SLV_STR_012	3049	1439	167	3948	-225
SLV_STR_013	2801	1358	152	3490	-694
SLV_STR_014	2801	1406	152	3672	-694
SLV_STR_015	2806	1410	153	3701	-707
SLV_STR_016	2806	1403	153	3676	-707
SLV_STR_017	2571	1252	158	2944	-183
SLV_STR_018	3053	998	347	2747	-444
SLV_STR_019	3053	995	347	2739	-444
SLV_STR_020	3049	971	345	2641	-425
SLV_STR_021	3049	995	345	2731	-425
SLV_STR_022	2801	954	312	2456	-855
SLV_STR_023	2801	978	312	2547	-855
SLV_STR_024	2806	979	313	2554	-873
SLV_STR_025	2806	975	313	2541	-873
SLV_STR_026	3053	1059	326	2978	-417
SLV_STR_027	3053	1054	326	2961	-417
SLV_STR_028	3049	1008	323	2780	-397
SLV_STR_029	3049	1056	323	2962	-397
SLV_STR_030	2801	991	300	2596	-839
SLV_STR_031	2801	1039	300	2777	-839
SLV_STR_032	2806	1037	303	2776	-861
SLV_STR_033	2806	1031	303	2751	-861
SLV_STR_034	2571	901	298	2141	-303
SLE_rara_01	2554	634	9	1534	-30
SLE_rara_02	5051	2011	237	6038	-454

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0604001	A	89 di 101

SLE_rara_03	5051	2000	237	5996	-454
SLE_rara_04	5028	1890	247	5570	-421
SLE_rara_05	5028	2010	247	6024	-421
SLE_rara_06	3791	1840	137	4844	-2755
SLE_rara_07	3791	1960	137	5298	-2755
SLE_rara_08	3814	1950	127	5270	-2788
SLE_rara_09	3814	1934	127	5207	-2788
SLE_rara_010	5051	2316	132	7190	-320
SLE_rara_011	5051	2294	132	7108	-320
SLE_rara_012	5028	2075	137	6269	-280
SLE_rara_013	5028	2315	137	7177	-280
SLE_rara_014	3791	2025	77	5542	-2678
SLE_rara_015	3791	2265	77	6450	-2678
SLE_rara_016	3814	2244	77	6381	-2724
SLE_rara_017	3814	2211	77	6254	-2724
SLE_rara_018	2638	1609	127	3468	-180
SLE_fre_01	2554	634	5	1534	-15
SLE_fre_02	4052	1578	126	4820	-189
SLE_fre_03	4052	1565	126	4771	-189
SLE_fre_04	4039	1434	132	4267	-169
SLE_fre_05	4039	1578	132	4812	-169
SLE_fre_06	3544	1488	88	4256	-2092
SLE_fre_07	3544	1680	88	4983	-2092
SLE_fre_08	3562	1663	80	4927	-2118
SLE_fre_09	3562	1636	80	4826	-2118
SLE_QP_01	2554	634	0	1534	0
SLU_GEO_01	2554	776	12	1713	-39
SLU_GEO_02	5675	2757	297	7843	-575
SLU_GEO_03	5675	2744	297	7791	-575
SLU_GEO_04	5647	2606	310	7258	-534
SLU_GEO_05	5647	2756	310	7826	-534
SLU_GEO_06	4100	2542	172	6345	-3450
SLU_GEO_07	4100	2692	172	6912	-3450
SLU_GEO_08	4129	2679	160	6878	-3492
SLU_GEO_09	4129	2658	160	6798	-3492
SLU_GEO_010	5675	3138	166	9284	-407
SLU_GEO_011	5675	3111	166	9181	-407
SLU_GEO_012	5647	2837	172	8132	-358
SLU_GEO_013	5647	3137	172	9267	-358

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0604001	A	90 di 101

SLU_GEO_014	4100	2773	97	7218	-3354
SLU_GEO_015	4100	3073	97	8353	-3354
SLU_GEO_016	4129	3047	97	8267	-3412
SLU_GEO_017	4129	3005	97	8108	-3412
SLU_GEO_018	2659	2251	160	4620	-232
SLV_GEO_01	3053	1567	188	4020	-264
SLV_GEO_02	3053	1565	188	4011	-264
SLV_GEO_03	3049	1536	189	3883	-254
SLV_GEO_04	3049	1560	189	3974	-254
SLV_GEO_05	2801	1503	164	3607	-709
SLV_GEO_06	2801	1527	164	3697	-709
SLV_GEO_07	2806	1533	163	3735	-719
SLV_GEO_08	2806	1529	163	3722	-719
SLV_GEO_09	3053	1628	167	4250	-237
SLV_GEO_010	3053	1624	167	4234	-237
SLV_GEO_011	3049	1573	167	4023	-225
SLV_GEO_012	3049	1621	167	4204	-225
SLV_GEO_013	2801	1540	152	3746	-694
SLV_GEO_014	2801	1588	152	3928	-694
SLV_GEO_015	2806	1591	153	3957	-707
SLV_GEO_016	2806	1585	153	3932	-707
SLV_GEO_017	2571	1434	158	3200	-183
SLV_GEO_018	3053	1179	347	3003	-444
SLV_GEO_019	3053	1177	347	2995	-444
SLV_GEO_020	3049	1153	345	2896	-425
SLV_GEO_021	3049	1177	345	2987	-425
SLV_GEO_022	2801	1136	312	2712	-855
SLV_GEO_023	2801	1160	312	2803	-855
SLV_GEO_024	2806	1160	313	2810	-873
SLV_GEO_025	2806	1157	313	2797	-873
SLV_GEO_026	3053	1240	326	3233	-417
SLV_GEO_027	3053	1236	326	3217	-417
SLV_GEO_028	3049	1190	323	3036	-397
SLV_GEO_029	3049	1238	323	3218	-397
SLV_GEO_030	2801	1173	300	2852	-839
SLV_GEO_031	2801	1221	300	3033	-839
SLV_GEO_032	2806	1219	303	3032	-861
SLV_GEO_033	2806	1213	303	3007	-861
SLV_GEO_034	2571	1030	298	2224	-303

### 11.3 Verifica a pressoflessione

Spessore muro:	100cm
Copriferro:	50mm
Armatura verticale zona tesa:	φ26/15
Armatura verticale zona compressa:	φ26/20
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.

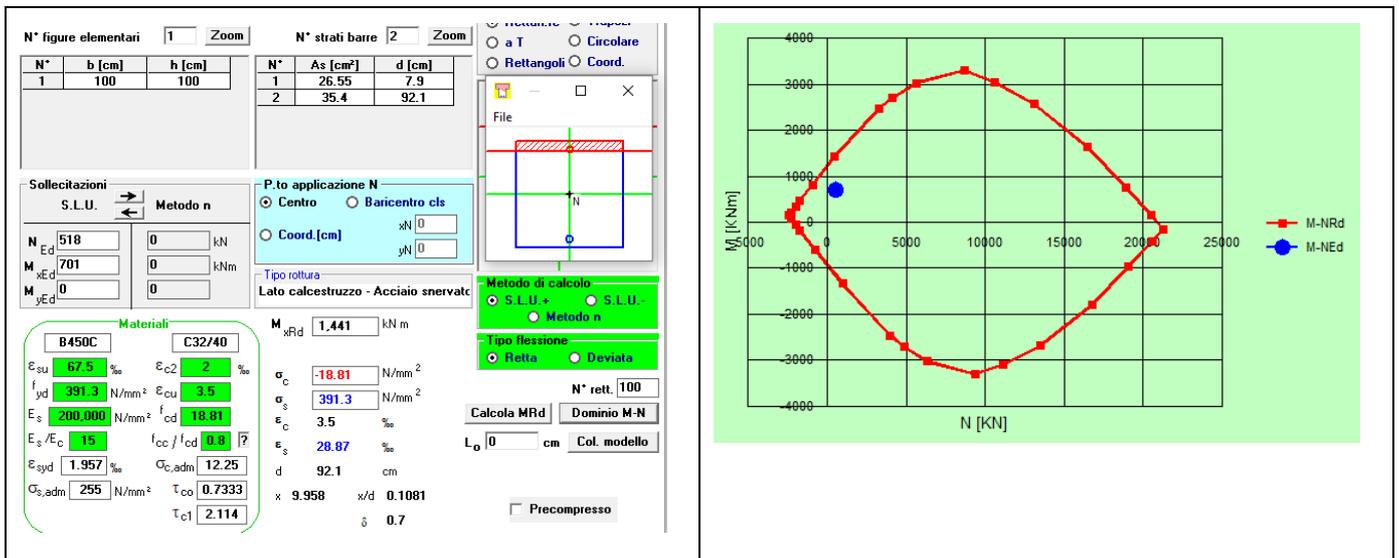
#### 11.3.1 SLU

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)	518	214	518
M (kNm/m)	701	152	842

Verifiche:



**Titolo:** \_\_\_\_\_

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	100	1	26.55	7.9
			2	35.4	92.1

**Sollecitazioni**  
S.L.U.      Metodo n

N<sub>Ed</sub> 214      0 kN  
M<sub>xEd</sub> 152      0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0      0

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

**Materiali**  
B450C      C32/40  
ε<sub>su</sub> 67.5 ‰    ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm²    ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200,000 N/mm²    f<sub>cd</sub> 18.81  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15    f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰    σ<sub>c,adm</sub> 12.25  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm²    τ<sub>co</sub> 0.7333  
τ<sub>c1</sub> 2.114

M<sub>xRd</sub> 1,313 kNm  
σ<sub>c</sub> -18.81 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 32.33 ‰  
d 92.1 cm  
x 8.996    x/d 0.09768  
δ 0.7

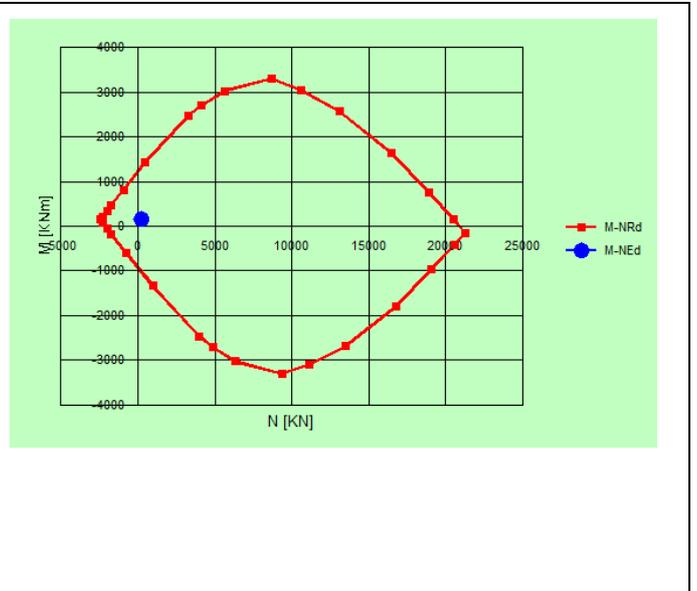
**Tipo Sezione**  
 Rettan.re     Trapezi  
 a T     Circolare  
 Rettangoli     Coord.

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

**Tipo flessione**  
 Retta     Deviata

N° rett. 100  
L<sub>0</sub> 0 cm    Col. modello

Precompresso



**Materiali**  
B450C      C32/40  
ε<sub>su</sub> 67.5 ‰    ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm²    ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200,000 N/mm²    f<sub>cd</sub> 18.81  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15    f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰    σ<sub>c,adm</sub> 12.25  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm²    τ<sub>co</sub> 0.7333  
τ<sub>c1</sub> 2.114

M<sub>xRd</sub> 1,441 kNm  
σ<sub>c</sub> -18.81 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 28.87 ‰  
d 92.1 cm  
x 9.958    x/d 0.1081  
δ 0.7

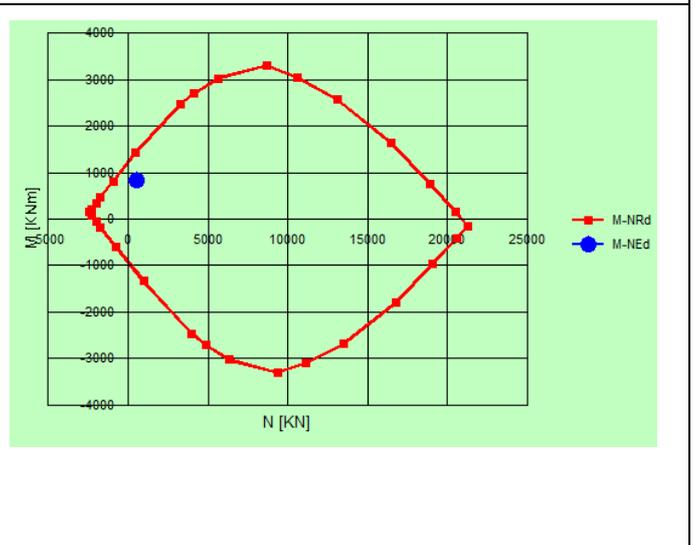
**Tipo Sezione**  
 Rettangoli     Coord.

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

**Tipo flessione**  
 Retta     Deviata

N° rett. 100  
L<sub>0</sub> 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)	424	214	424
M (kNm/m)	506	129	603

#### SLE FREQUENTI

	$N_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$
N (kN/m)	340	214	297
M (kNm/m)	404	129	418

#### SLE QUASI PERMANENTI (unica combinazione)

N (kN/m)	214
M (kNm/m)	129

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:

$$\sigma_{f\bar{c}} = f_{ctm} / 1,2 = 3,1 / 1,2 = - 2,58 \text{ MPa.}$$

	Comb.	Comb.	Comb.
	$N_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$
$\sigma_{c\_RARA}$ (MPa)	-2.13	-0.45	-2.61

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

c	89	mm
s	150	mm
$k_2$	0.4	-
$k_3$	0.125	-

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	94 di 101

$\phi$	26	mm
$A_s$	3540.0	mm <sup>2</sup>
$h_{eff}$	215.5	mm
$A_{eff}$	215500	mm <sup>2</sup>
$\rho$	0.01643	-
$s_{rm}$	287.1	mm
$\sigma_t$	25.82	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_s$	1492.0	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{sr}$	1769.0	kg/cm <sup>2</sup>
$\beta_1$	1	-
$\beta_2$	0.5	-
$(1-\beta_1\beta_2(\sigma_{sr}/\sigma_s)^2)$	0.30	-
$E$	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
$\epsilon_{sr}$	0.0002842	-
$w_m$	0.0816	mm
$w_k$	0.1387	mm

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

*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:

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

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

In particolare si ha che:

	Comb.	Comb.	Comb.
	$N_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$
$\sigma_{c\_RARA}$ (MPa)	4.32	1.11	5.11
$\sigma_{c\_QuasiPERM}$ (MPa)	1.11		

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:

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0604001	REV. A

Si ha:

	Comb.	Comb.	Comb.
	$N_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$
$\sigma_{s\_RARA}$ (MPa)	-117.23	-18.37	-149.23

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: 277 kN/m (SLU\_STR\_010)

Senza specifica armatura a taglio

Altezza utile (d)	921	mm
k	1.47	
$f_{ck}$	33.20	MPa
$A_{sl}$	35.5	cmq
$b_w$	1.00	m
$r_l$	0.00385	-
$S_{cp}$	0.0	MPa
$v_{min}$	0.358	MPa
V1	378.9	kN
V2	329.7	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	<b>378.9</b>	kN
Taglio agente	277.0	kN
Verifica soddisfatta	<b>FS</b>	<b>1.37</b>

## 12 VERIFICA DEI MURI ANDATORI

### 12.1 Sollecitazioni al piede del paramento

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

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

Sollecitazioni complessive al piede:

	N	F	M
	[kN]	[kN]	[kNm]
Peso proprio	178	0	0
Spinta Terreno STR	0	261	165
Spinta Terreno GEO	0	319	202
Spinta accidentale STR	0	343	326
Spinta accidentale GEO	0	419	398
Inerzia	0	20	19
Incremento di spinta sismica STR	0	74	71
Incremento di spinta sismica GEO	0	74	71

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

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

## 12.2 Sollecitazioni al piede del paramento combinate

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

Coefficienti di combinazione:

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

Sollecitazioni al piede per unità di lunghezza:

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

## 12.1 Verifica a pressoflessione

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

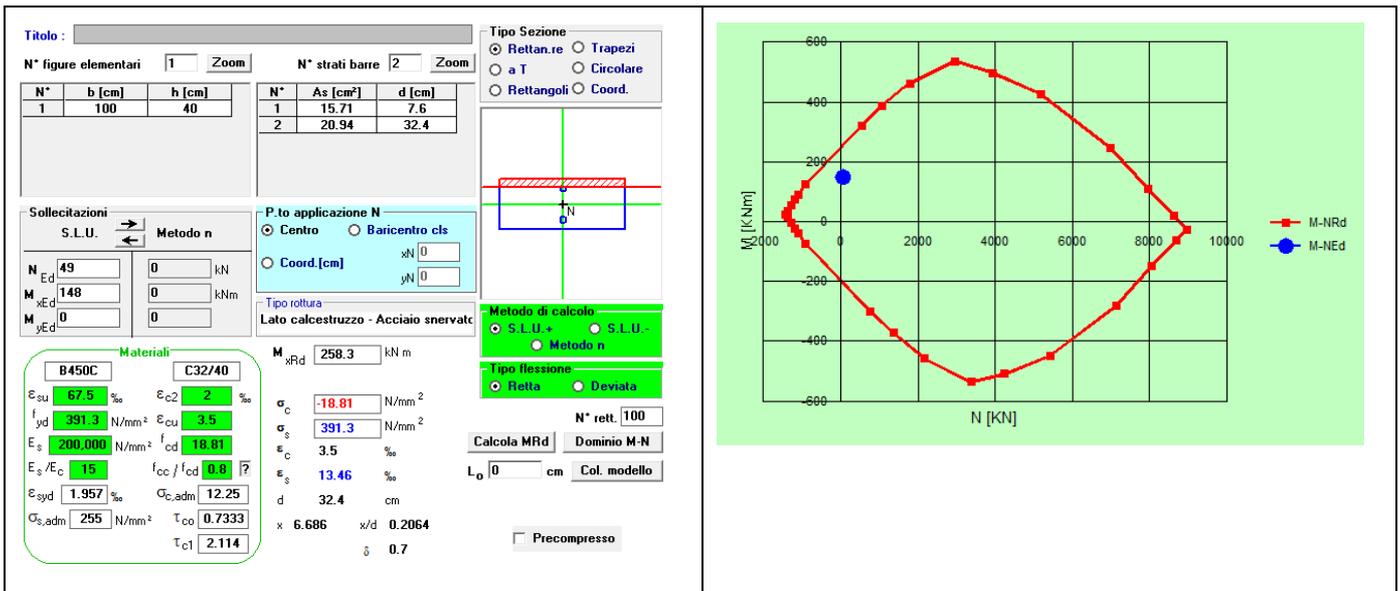
### 12.1.1 SLU

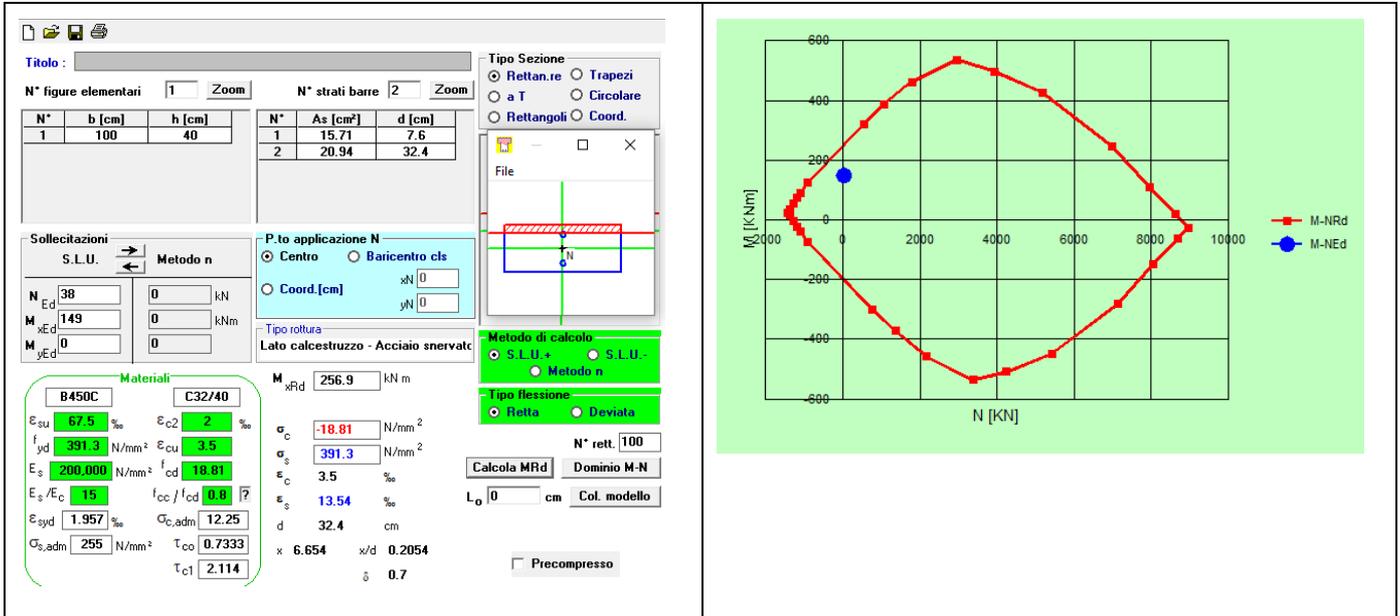
Sono state verificate le condizioni di  $N_{min}$ ,  $N_{max}$  e  $M_{max}$  per le combinazioni SLU e SLV.

Sollecitazioni di verifica:

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

Verifiche:





### 12.1.2 SLE

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

#### 12.1.2.1 Stato limite di formazione delle fessure

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

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

$$\sigma_{c\_RARA} \text{ (MPa)} \quad -3,27$$

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

c	76	mm
s	150	mm
k <sub>2</sub>	0.4	-
k <sub>3</sub>	0.125	-
φ	20	mm
A <sub>s</sub>	2094.0	mm <sup>2</sup>
h <sub>eff</sub>	143.3	mm
A <sub>eff</sub>	143300	mm <sup>2</sup>
ρ	0.01461	-

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0604001	A	100 di 101

$S_{rm}$	250.4	mm
$\sigma_t$	25.82	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_s$	1671.0	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{sr}$	1585.0	kg/cm <sup>2</sup>
$\beta_1$	1	-
$\beta_2$	0.5	-
$(1-\beta_1\beta_2(\sigma_{sr}/\sigma_s)^2)$	0.55	-
E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
$\varepsilon_{sr}$	0.0004378	-
$w_m$	0.1096	mm
$w_k$	0.1864	mm
<b>w limite</b>	<b>0.2</b>	mm
<b>Verifica</b>	<b>OK</b>	

*12.1.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio*

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

Per tale combinazione deve risultare:

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

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

In particolare si ha che:

$$\sigma_{c\_RARA} \text{ (MPa)} \quad 6.01$$

$$\sigma_{c\_QuasiPERM} \text{ (MPa)} \quad 2.04$$

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

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

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

Si ha:

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

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

## 12.2 Verifica a taglio

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

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

Massima azione di taglio: 181 kN/m

Senza specifica armatura a taglio

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