

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

VI04 - Nuovo ponte sulla Roggia Colombano Km 14+251,00

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 4 0 4    0 0 1    A

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

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

File: NM0Z20D26CLVI0404001A

n. Elab.:

## INDICE

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

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

7.2	COMBINAZIONI SLE.....	53
7.2.1	<i>Combinazioni SLE RARA</i> .....	54
7.2.2	<i>Combinazioni SLE FREQUENTE</i> .....	54
7.2.3	<i>Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE</i> .....	54
7.3	COMBINAZIONI SISMICHE .....	55
7.3.1	<i>Combinazioni SLV STR</i> .....	55
7.3.2	<i>Combinazioni SLV GEO</i> .....	55
7.4	SOLLECITAZIONI COMBinate.....	56
8	CALCOLO SOLLECITAZIONI SUI SINGOLI PALI DI FONDAZIONE.....	60
9	VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE.....	67
9.1	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ALLO SLU.....	67
9.2	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ALLO SLE.....	69
9.2.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure</i> .....	72
9.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio</i> .....	73
9.3	VERIFICA A TAGLIO.....	73
10	VERIFICA PLINTO DI FONDAZIONE.....	76
10.1	SOLLECITAZIONI .....	76
10.2	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE .....	77
10.2.1	<i>SLU</i> .....	78
10.2.2	<i>SLE</i> .....	80
10.2.2.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure</i> .....	80
10.2.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio</i> .....	80
10.3	VERIFICA A TAGLIO.....	81
11	VERIFICA DEL MURO FRONTALE .....	82
11.1	SOLLECITAZIONI AL PIEDE PARAMENTO .....	82
11.2	SOLLECITAZIONI AL PIEDE PARAMENTO COMBinate .....	85
11.3	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE .....	89

11.3.1	SLU.....	89
11.3.2	SLE.....	91
11.3.2.1	Stato limite di formazione delle fessure.....	91
11.3.2.2	Verifica delle tensioni di esercizio.....	92
11.4	VERIFICA A TAGLIO.....	92
12	VERIFICA DEI MURI ANDATORI.....	94
12.1	SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAMENTO.....	94
12.2	SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAMENTO COMBinate.....	95
12.1	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE.....	96
12.1.1	SLU.....	96
12.1.2	SLE.....	97
12.1.2.1	Stato limite di formazione delle fessure.....	97
12.1.2.2	Verifica delle tensioni di esercizio.....	98
12.2	VERIFICA A TAGLIO.....	99

## 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 VI04 (Nuovo ponte sulla Roggia Colombano) sulla tratta ferroviaria Milano Rogoredo – Pavia dal km 14+251,00 al km 14+263,00.

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0404001	A	7 di 99

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

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

Il ponte a singola campata in semplice appoggio.

La luce del ponte misurata tra gli appoggi è pari a 12m.

Lunghezza impalcato: 12.8m.

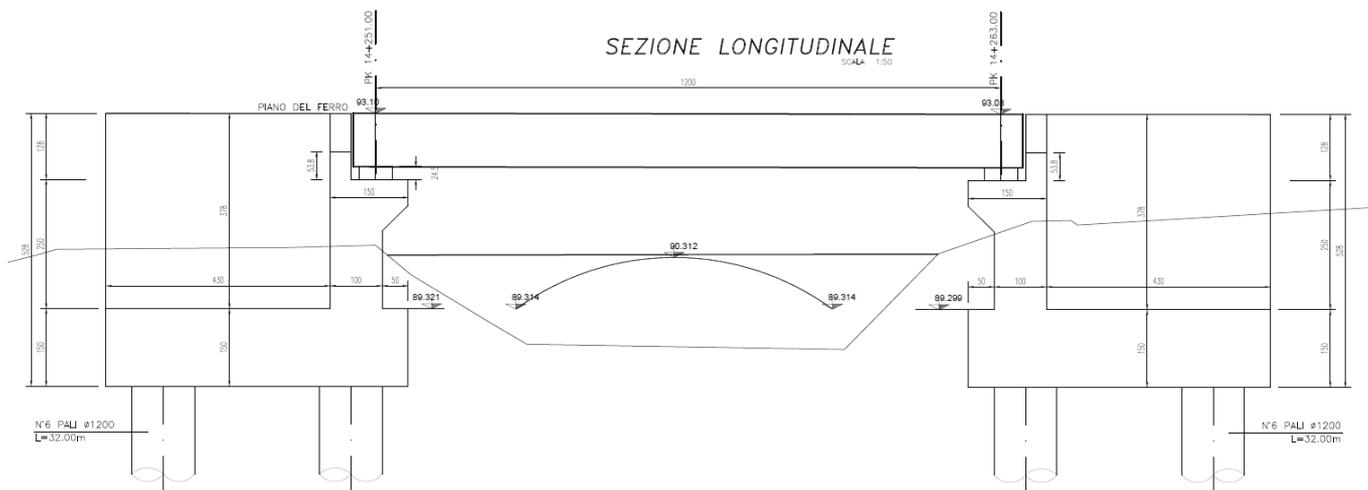
La fondazione delle spalle è costituita da un plinto su pali.

Ciascuna palificata è costituita da n.6 pali di diametro 1.2m e lunghezza 32m.

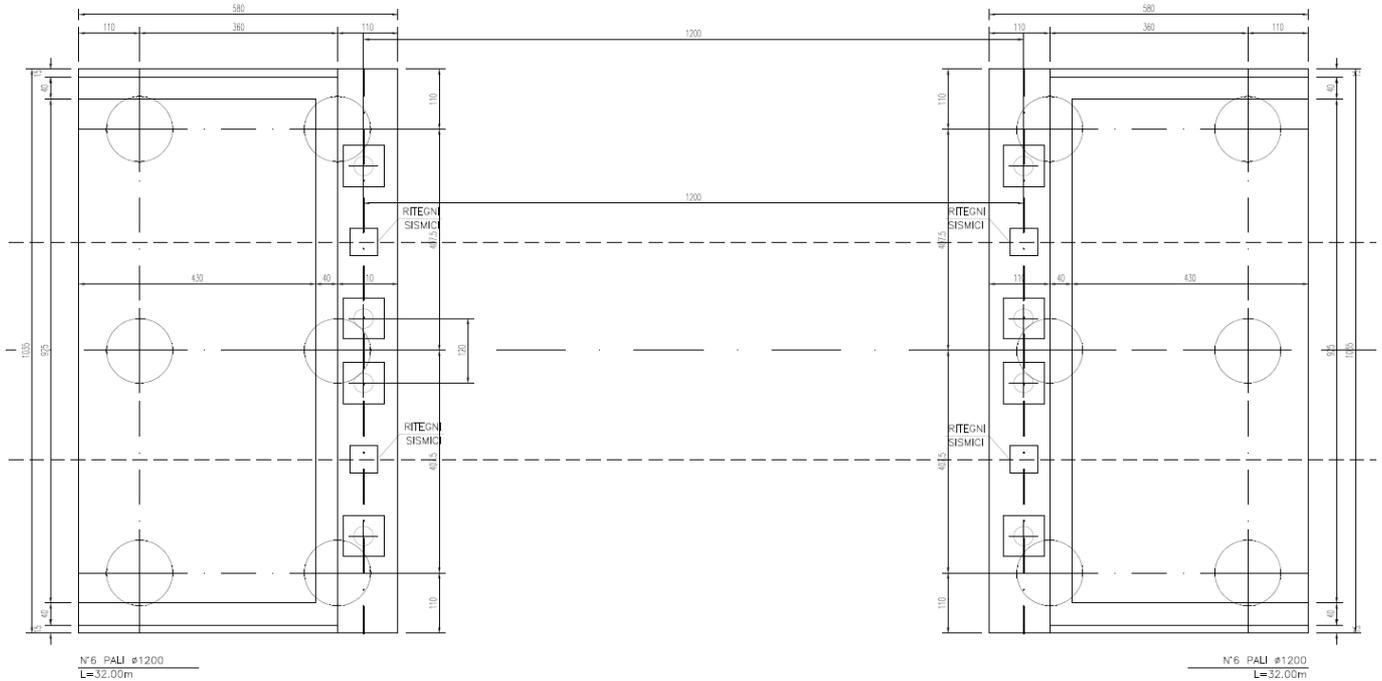
Il plinto di fondazione presenta un'altezza di 1.5m e dimensioni in pianta di 10.35m x 5.80m.

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

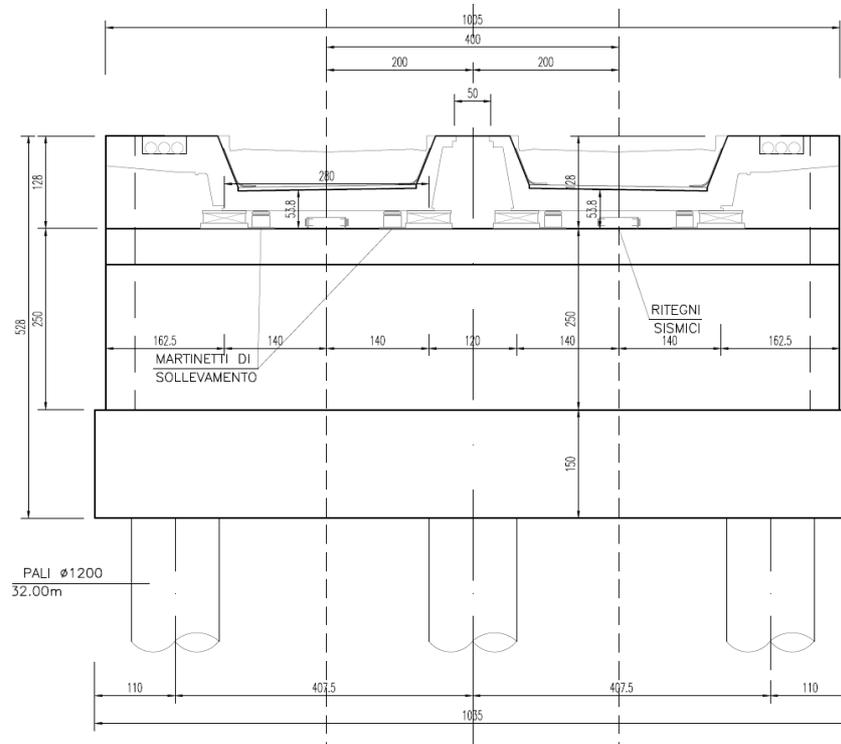
paramento di testata:	spessore: 1.00m	altezza: 2.50m	lunghezza: 10.05m (in retto)
muro paraghiaia:	spessore: 0.40m	altezza: 1.30m circa	lunghezza: 10.05m (in retto)
muri andatori:	spessore: 0.40m	altezza: 3.80m circa	lunghezza: 4.30m



*Sezione longitudinale*



*Pianta delle fondazioni*



*Prospetto frontale*

	<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 CLVI0404001	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'	TIPO DI TERRENO	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi'$ [°]		$\Phi'$ [°]	$\Phi'$ [°]
						max	min		
9	PNNMOZU05	da 0 a 3m	S	20	17	23	23		23
		da 3m a 6m	Sg	20	17	30	30		30
		da 6m a 18m	S	20	17	30	27		27
		da 18m a 30m	Sg	20	17	30	30		30

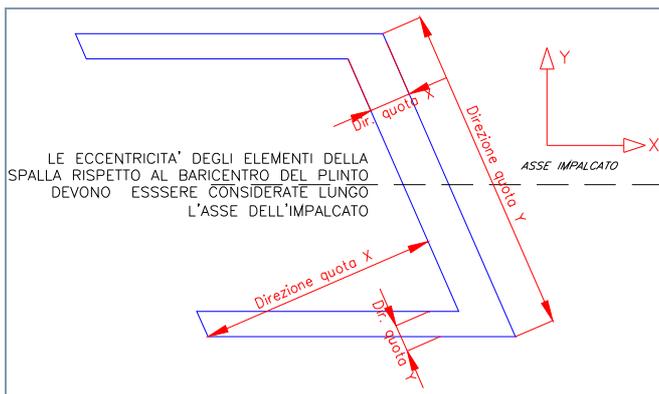
PROFONDITA'	$E'_{op}$ [MPa]		$V_s$ [m/s]		categoria	$G_0$ [MPa]	
	max	min	max	min	terreno	max	min
da 0 a 3m	5	5	151	151	C	47	47
da 3m a 6m	13	13	145	145		44	44
da 6m a 18m	22	11	277	237		159	116
da 18m a 30m	40	17	241	196		120	80

## 5 CARATTERISTICHE DELLE SPALLE

### 5.1 Geometria delle spalle

Inclinazione spalla rispetto all'asse dell'impalcato: 0°.

	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	10.05	1.3	1.6	0.0	4.65
Paramento di testata	1	10.05	2.5	1.9	0.0	2.75
Muri andatori parte sup. DX	4.3	0.40	1.3	-0.75	0.0	4.65
Muri andatori parte inf. DX	4.3	0.40	2.5	-0.75	0.0	2.75
Orecchia DX	0	0.00	0	0	0.0	
Muri andatori parte sup. SX	4.3	0.4	1.3	-2.8	0.0	4.65
Muri andatori parte inf. SX	4.3	0.40	2.5	-2.8	0.0	2.75
Orecchia SX	0	0.00	0		0.0	
Plinto	5.8	10.35	1.5	0	0.0	0.75
Rinterro interno	4.30	9.3	3.8	-0.75	0.0	3.40
Rinterro laterale	5.80	0.30	1.25	0	0.0	2.13
Rinterro anteriore	0.50	10.05	1	2.65	0.0	2.00

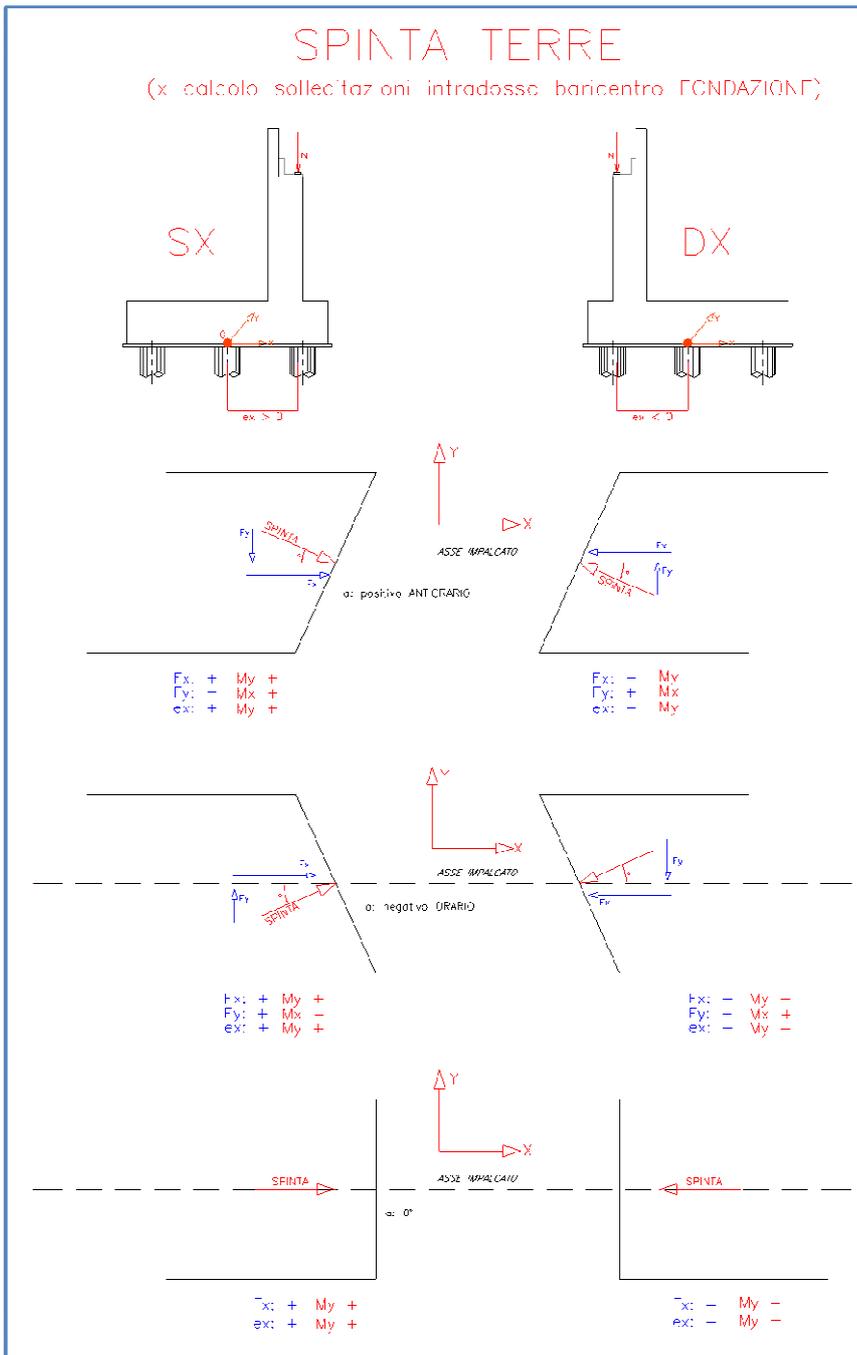


### 5.2 Caratteristiche del terreno del rilevato a tergo spalla

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	

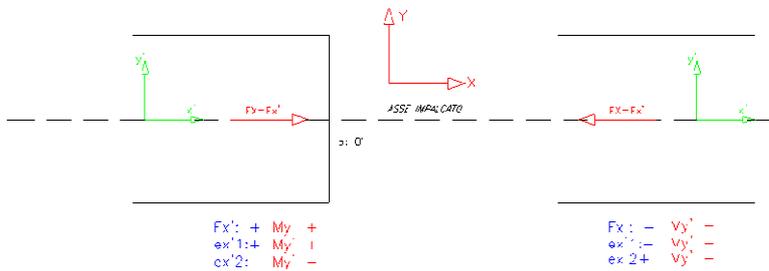
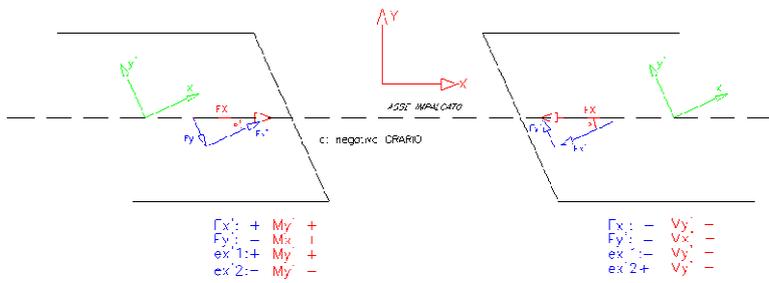
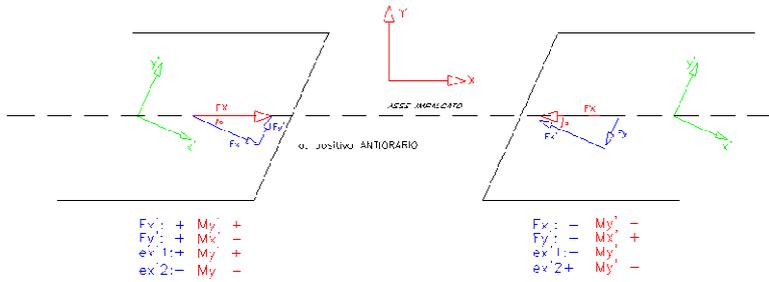
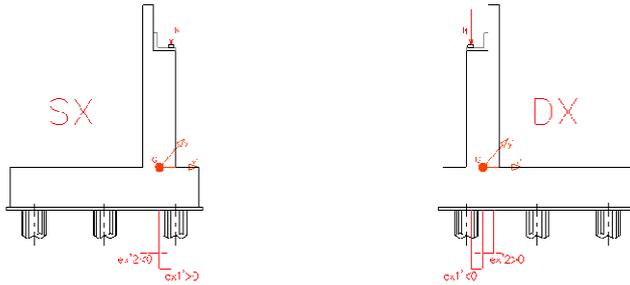
## 6 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

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



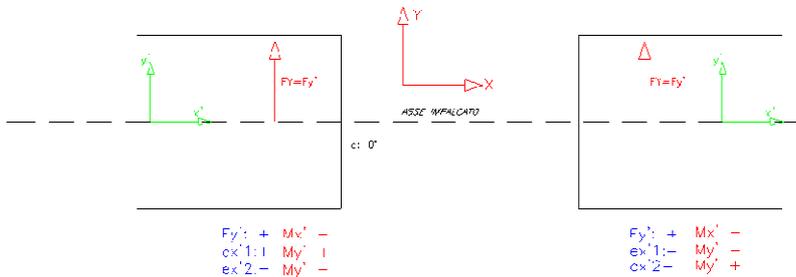
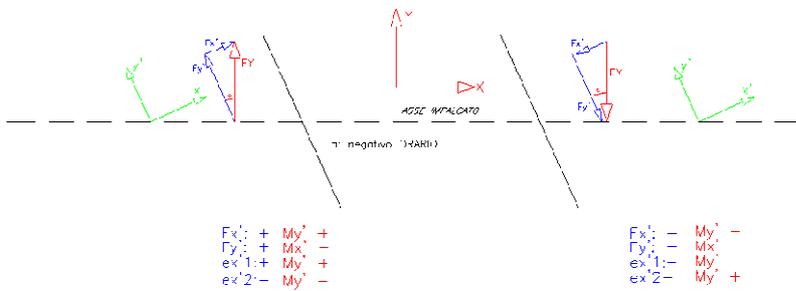
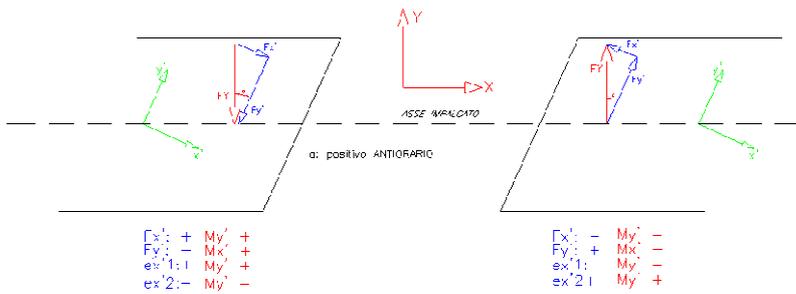
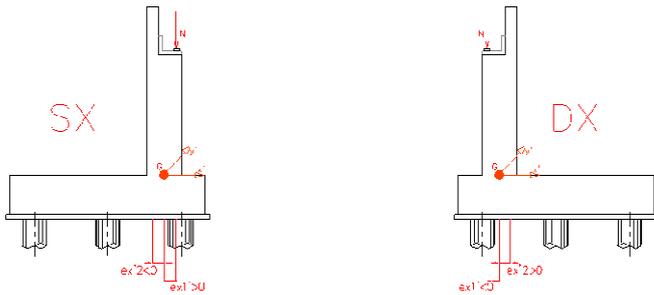
## FRFNATURA, ATTRITO SISMA LONGTUDINALE

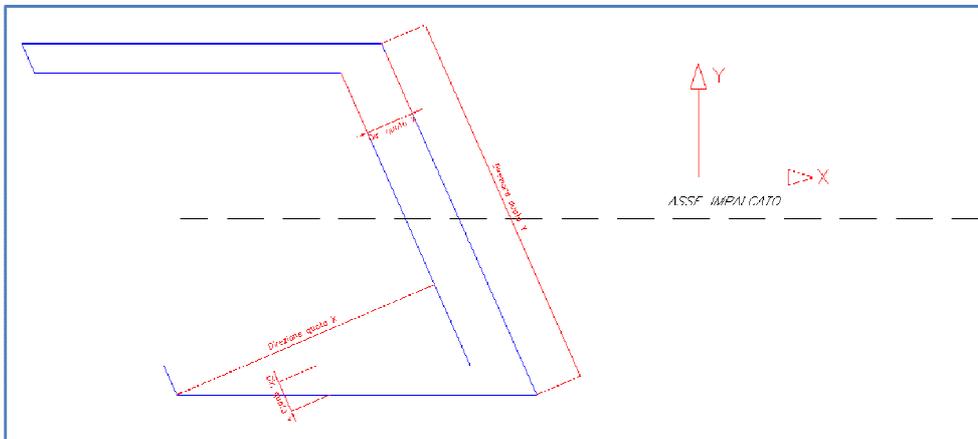
(x calcoli sollecitazioni PARAMENTO)



## VENTO SISMA TRASVERSALE

(x calcolo sollecitazioni PARAMENTO)





### 6.1 Carichi permanenti strutturali (g1)

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

Il peso a metro lineare della singola vasca dell'impalcato, comprensivo di irrigidimenti e sostegno passerella, è pari a: 24.7 kN/m.

### 6.2 Carichi permanenti non strutturali (g2)

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

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

Il peso a metro lineare del permanente non strutturale della singola vasca dell'impalcato è pari a: 67.08 kN/m.

### 6.3 Azioni variabili da traffico

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

LM71 - modello di carico rappresentativo del traffico normale;

SW - modello di carico rappresentativo del traffico pesante.

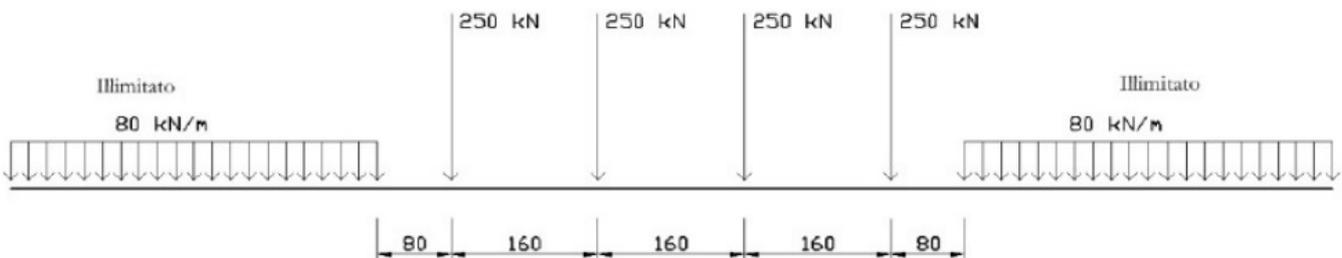
I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono essere moltiplicati per il coefficiente di adattamento  $\alpha$  il cui valore deve essere assunto in accordo alla tabella seguente.

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.

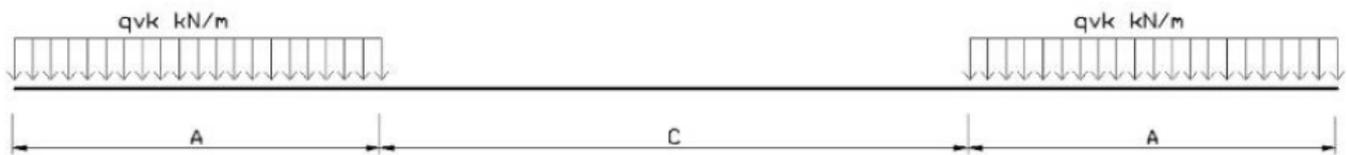
Il carico distribuito deve essere segmentato al di sopra dell'opera andando a caricare solo quelle parti che forniscono un incremento del contributo ai fini della verifica dell'elemento per l'effetto considerato.

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	1048 kN
SW/0	936 kN
SW/2	960 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	1048	960	1048	960	kN
	LM71	SW2	LM71	SW2	kN
	LM71	LM71			
Binario 2	1048	1048			kN
N	2096	2008	1048	960	kN
Mx	0	-176	-2096	-1920	kNm

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

Treno scarico:

N        64 kN  
Mx      -128 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 d avviamento vengono combinate con i relativi carichi verticali.

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

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

I valori caratteristici dell'azione di frenatura e di quella di avviamento devono essere moltiplicati per  $\alpha$ , ma non devono essere moltiplicati per  $\phi$ .

### Frenatura

	Fx	My	Mt
LM71	281.6	360	563
SW/0	281.6	360	563
SW/2	448	573	896

### Avviamento

	Fx	My	Mt
LM71	464.6	595	929
SW/0	464.6	595	929
SW/2	422.4	541	845

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

## 6.6 Azione del vento

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

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

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

Le analisi sono svolte considerando due condizioni di carico:

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

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

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

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

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

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

*Definizione della categoria di esposizione*

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

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

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

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

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

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

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
1	25	1000	0.01
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			100
$T_R$ (Tempo di ritorno)			75
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b$ ( $T_R = 50$ [m/s])			25.000
$\alpha_R$ ( $T_R$ )			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	CLV10404001	A	25 di 99

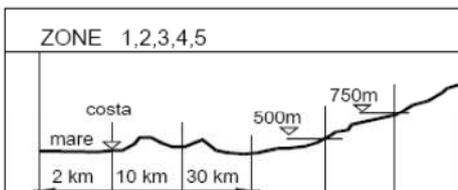
Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

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

Categoria di esposizione

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

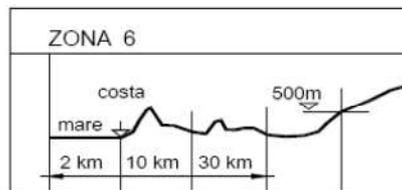


A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

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

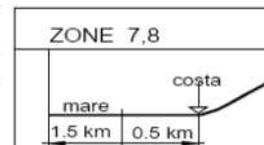
\*\* Categoria III in zona 2,3,4,5  
Categoria IV in zona 1

**ZONA 6**



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

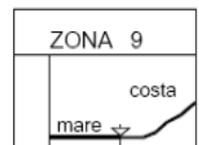
**ZONE 7,8**



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

\* Categoria II in zona 8  
Categoria III in zona 7

**ZONA 9**



A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	a <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	6.9	33.7 kN
M <sub>x</sub> tot	-5.3	-93.1 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 CLVI0404001	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>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 CLVI0404001	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:

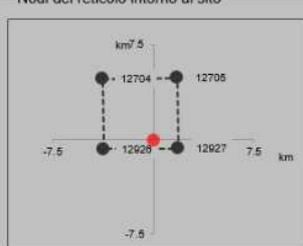
Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:  Sito esterno al reticolo,  Interpolazione su 3 nodi,  Interpolazione corretta

Interpolazione:

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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Individuazione della pericolosità del sito (Fase 1)

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$	<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

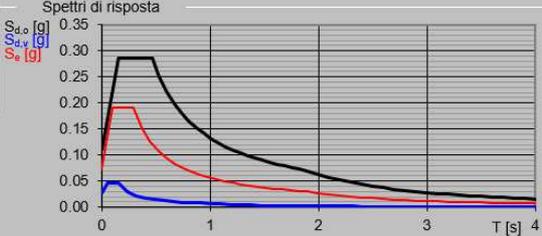
Compon. verticale

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

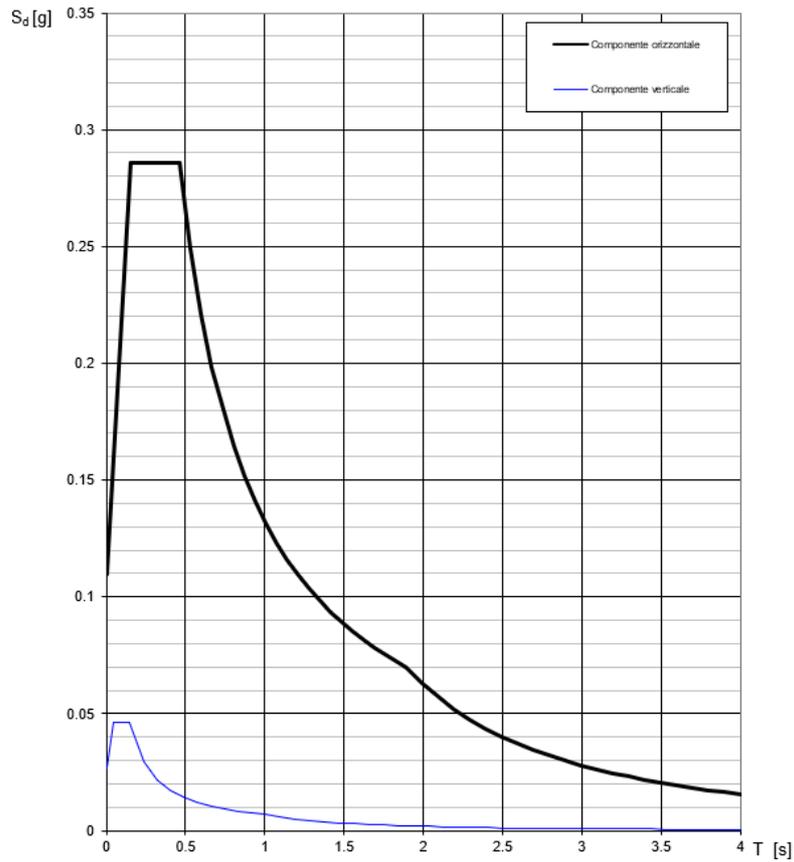
— Spettro di progetto - componente verticale

— 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		1349.6	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	1	129	98	Fx, My
Sisma trasv Y	0.5	129	-98	Fy, Mx

### Treni in condizioni sismiche sull'intero impalcato

Aliquota carichi variabili da traffico: 0.2

	N tot (kN)	F sis (kN)
LM71	1734	38
SW/0	1873	41
SW/2	2112	46

## 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
NM0Z	20	D 26	CLV10404001	A	36 di 99

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

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

	Carico Verticale		Frenatura			Avviamento			Serpeggio	
	N	Mx	Fx	My	Mt	Fx	My	Mt	Fy	Mx
GRUPPO 1a	2008	-176	141	180	282	232	297	465	210	-269
GRUPPO 1b	2008	-176	224	287	448	211	270	422	210	-269
GRUPPO 1c	2096	0	141	180	282	0	0	0	220	-282
GRUPPO 1d	2096	0	0	0	0	232	297	465	220	-282
GRUPPO 1e	1048	-2096	141	180	282				110	-141
GRUPPO 1f	1048	-2096				232	297	465	110	-141
GRUPPO 1g	960	-1920	224	287	448				100	-128
GRUPPO 1h	960	-1920				211	270	422	100	-128
GRUPPO 3a	2008	-176	282	360	563	465	595	929	105	-134
GRUPPO 3b	2008	-176	448	573	896	422	541	845	105	-134
GRUPPO 3c	2096	0	282	360	563	0	0	0	110	-141
GRUPPO 3d	2096	0	0	0	0	465	595	929	110	-141
GRUPPO 3e	1048	-2096	282	360	563				50	-64
GRUPPO 3f	1048	-2096				465	595	929	50	-64
GRUPPO 3g	960	-1920	448	573	896				50	-64
GRUPPO 3h	960	-1920				422	541	845	50	-64

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0404001	A	37 di 99

GRUPPO 2	64	-128							100	128
GRUPPO 4a	1205	-106	169	216	338	279	357	558	126	-161
GRUPPO 4b	1205	-106	269	344	538	253	324	507	126	-161
GRUPPO 4c	1258	0	169	216	338	0	0	0	132	-169
GRUPPO 4d	1258	0	0	0	0	279	357	558	132	-169
GRUPPO 4e	838	-1677	225	288	451				88	-113
GRUPPO 4f	838	-1677				372	476	743	88	-113
GRUPPO 4g	768	-1536	358	459	717				80	-102
GRUPPO 4h	768	-1536				338	433	676	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	2008	232	210	297	-445	465
GRUPPO 1b	2008	224	210	287	-445	448
GRUPPO 1c	2096	141	220	180	-282	282
GRUPPO 1d	2096	232	220	297	-282	465
GRUPPO 1e	1048	141	110	180	-2237	282
GRUPPO 1f	1048	232	110	297	-2237	465
GRUPPO 1g	960	224	100	287	-2048	448
GRUPPO 1h	960	211	100	270	-2048	422
GRUPPO 3a	2008	465	105	595	-311	929
GRUPPO 3b	2008	448	105	573	-311	896
GRUPPO 3c	2096	282	110	360	-141	563
GRUPPO 3d	2096	465	110	595	-141	929
GRUPPO 3e	1048	282	50	360	-2160	563
GRUPPO 3f	1048	465	50	595	-2160	929
GRUPPO 3g	960	448	50	573	-1984	896
GRUPPO 3h	960	422	50	541	-1984	845
GRUPPO 2	64	0	100	0	0	0
GRUPPO 4a	1205	279	126	357	-267	558
GRUPPO 4b	1205	269	126	344	-267	538
GRUPPO 4c	1258	169	132	216	-169	338
GRUPPO 4d	1258	279	132	357	-169	558
GRUPPO 4e	838	225	88	288	-1790	451
GRUPPO 4f	838	372	88	476	-1790	743
GRUPPO 4g	768	358	80	459	-1638	717
GRUPPO 4h	768	338	80	433	-1638	676

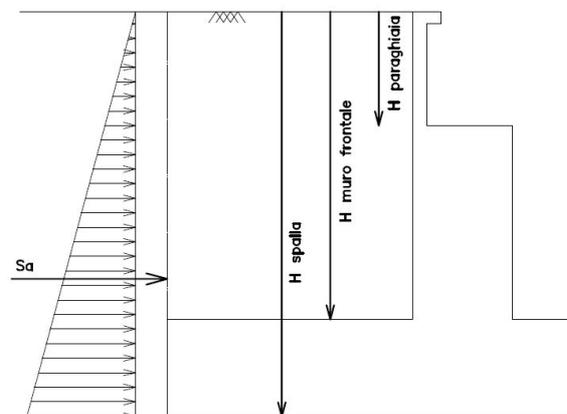
Le forze sismiche dovute agli accidentali da traffico ferroviario sono le seguenti (kN; kNm):

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	42	137	21	-68
LM71 in A e SW2 in F	GRUPPO 1b	42	137	21	-68
LM71 in F e LM71 in A	GRUPPO 1c	38	123	19	-62
LM71 in A e LM71 in F	GRUPPO 1d	38	123	19	-62
LM71 in F	GRUPPO 1e	19	62	9	-31
LM71 in A	GRUPPO 1f	19	62	9	-31
SW2 in F	GRUPPO 1g	23	75	12	-38
SW2 in A	GRUPPO 1h	23	75	12	-38
Lm71 in F e SW2 in A	GRUPPO 3a	42	137	21	-68
Lm71 in A e SW2 in F	GRUPPO 3b	42	137	21	-68
LM71 in F e LM71 in A	GRUPPO 3c	38	123	19	-62
LM71 in A e LM71 in F	GRUPPO 3d	38	123	19	-62
LM71 in F	GRUPPO 3e	19	62	9	-31
LM71 in A	GRUPPO 3f	19	62	9	-31
SW2 in F	GRUPPO 3g	23	75	12	-38
SW2 in A	GRUPPO 3h	23	75	12	-38

## 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.



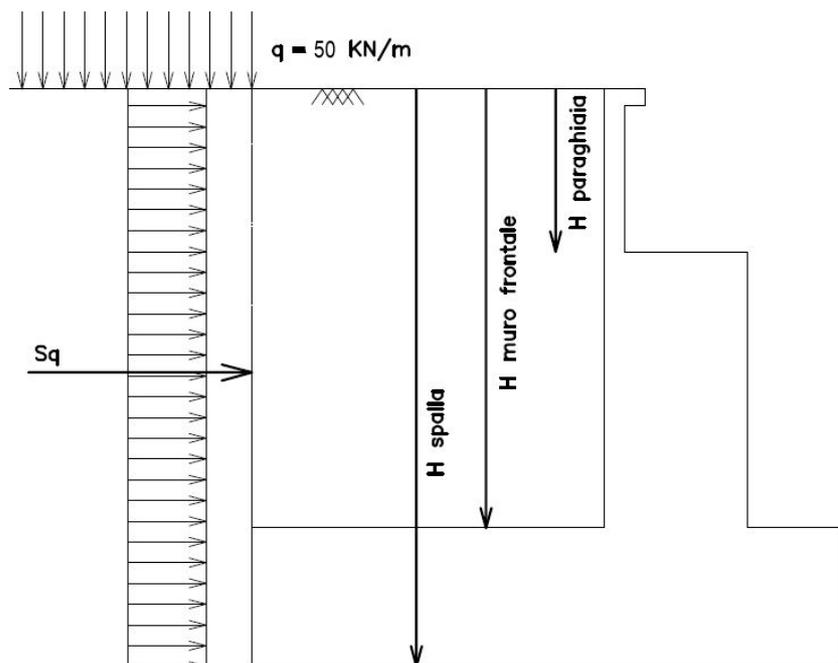
Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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.

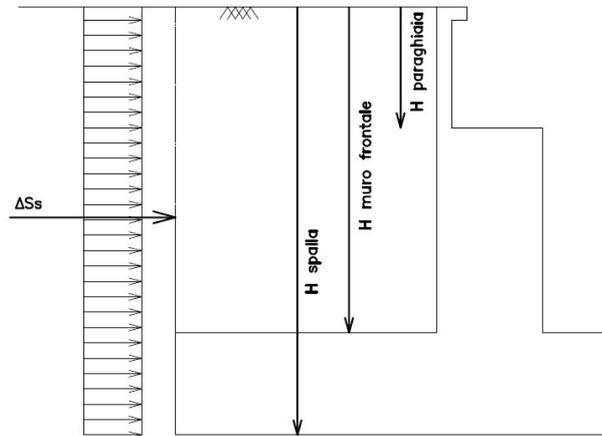


*Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale*

### 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	131	0	0	209	0
Paramento di testata	628	0	0	1193	0
Muri andatori parte sup. DX	56	0	0	-41.9	0
Muri andatori parte inf. DX	108	0	0	-80.6	0
Orecchia DX	0	0	0	0.0	0
Muri andatori parte sup. SX	56	0	0	-156.5	0
Muri andatori parte inf. SX	108	0	0	-301.0	0
Orecchia SX	0	0	0	0.0	0
Plinto	2251	0	0	0.0	0
Rinterro interno	3023	0	0	-2267.2	0
Rinterro laterale	43	0	0	0.0	0
Rinterro anteriore	101	0	0	266.3	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	557.8	0.0	1543.1	0.0
Spinta su plinto	0.0	543.0	0.0	384.9	0.0
Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	2160.8			-1620.6	
Spinta carico accidentale 50kN/mq		1023.6	0.0	2712.5	0.0
Spinta carico accidentale su bandiera 10kN/mq		0.0		0.0	

#### 6.13.3 Pesì + spinte spalla

	<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	3337	0	0	1157	0
Rinterro interno	3023	0	0	-2267	0
Rinterro esterno	144	0	0	266	0
Spinta terre ( <b>per STR</b> )	0	1101	0	1928	0
Spinta carico accidentale 50kPa ( <b>per STR</b> )	0	1024	0	2713	0

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10404001	A	42 di 99

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

**6.13.4 Inerzie ed incremento di spinta sismica**

	N	F <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	365		562	
Inerzia spalla dir trasversale			365		-562
Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	331		1125	
Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale			331		-1125
Incremento di spinta sismica (per STR)	0	309	0	819	0
Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	309	0	819	0

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

		N	F <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	316.2	0.0		0.0	0.0	
g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	858.6			0.0	0.0	
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2008.1	232.3	210.0	297.4	-445.0	464.6
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2008.1	224.0	210.0	286.7	-445.0	448.0
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	2096.2	140.8	220.0	180.2	-281.6	281.6
GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	2096.2	232.3	220.0	297.4	-281.6	464.6
GRUPPO 1e	LM71 in F	1048.1	140.8	110.0	180.2	-2237.0	281.6
GRUPPO 1f	LM71 in A	1048.1	232.3	110.0	297.4	-2237.0	464.6
GRUPPO 1g	SW2 in F	960.0	224.0	100.0	286.7	-2048.0	448.0
GRUPPO 1h	SW2 in A	960.0	211.2	100.0	270.3	-2048.0	422.4
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2008.1	464.6	105.0	594.7	-310.6	929.3
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2008.1	448.0	105.0	573.4	-310.6	896.0
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	2096.2	281.6	110.0	360.4	-140.8	563.2
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	2096.2	464.6	110.0	594.7	-140.8	929.3
GRUPPO 3e	LM71 in F	1048.1	281.6	50.0	360.4	-2160.2	563.2
GRUPPO 3f	LM71 in A	1048.1	464.6	50.0	594.7	-2160.2	929.3
GRUPPO 3g	SW2 in F	960.0	448.0	50.0	573.4	-1984.0	896.0
GRUPPO 3h	SW2 in A	960.0	422.4	50.0	540.7	-1984.0	844.8
GRUPPO 2	Treno scarico	64.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0404001	A	43 di 99

GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1204.8	278.8	126.0	356.8	-267.0	557.6
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1204.8	268.8	126.0	344.1	-267.0	537.6
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1257.7	169.0	132.0	216.3	-169.0	337.9
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1257.7	278.8	132.0	356.8	-169.0	557.6
GRUPPO 4e	LM71 in F	838.5	225.3	88.0	288.4	-1789.6	450.6
GRUPPO 4f	LM71 in A	838.5	371.7	88.0	475.8	-1789.6	743.4
GRUPPO 4g	SW2 in F	768.0	358.4	80.0	458.8	-1638.4	716.8
GRUPPO 4h	SW2 in A	768.0	337.9	80.0	432.5	-1638.4	675.8
q <sub>5,scarico</sub>	Vento a ponte scarico			6.9		-5.3	
q <sub>5,carico</sub>	Vento a ponte carico			33.7		-93.1	
Q <sub>4</sub>	Centrifuga						
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli		127.3				
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli		127.3				
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli		130.8				
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli		130.8				
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli		88.9				
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli		88.9				
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli		85.4				
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli		85.4				
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli		127.3				
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli		127.3				
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli		130.8				
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli		130.8				
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli		88.9				
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli		88.9				
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli		85.4				
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli		85.4				
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli		49.6				
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli		95.2				
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli		95.2				
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli		97.3				
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli		97.3				
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli		80.5				
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli		80.5				
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli		77.7				
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli		77.7				
GRUPPO 1a	Spettro X		170.7		234.7		
GRUPPO 1b	Spettro X		170.7		234.7		
GRUPPO 1c	Spettro X		166.6		221.3		
GRUPPO 1d	Spettro X		166.6		221.3		

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10404001	A	44 di 99

GRUPPO 1e	Spettro X		147.6		159.7		
GRUPPO 1f	Spettro X		147.6		159.7		
GRUPPO 1g	Spettro X		151.8		173.1		
GRUPPO 1h	Spettro X		151.8		173.1		
GRUPPO 3a	Spettro X		170.7		234.7		
GRUPPO 3b	Spettro X		170.7		234.7		
GRUPPO 3c	Spettro X		166.6		221.3		
GRUPPO 3d	Spettro X		166.6		221.3		
GRUPPO 3e	Spettro X		147.6		159.7		
GRUPPO 3f	Spettro X		147.6		159.7		
GRUPPO 3g	Spettro X		151.8		173.1		
GRUPPO 3h	Spettro X		151.8		173.1		
GRUPPO 2	Spettro X		128.6		98.1		
GRUPPO 1a	Spettro Y			149.7		-166.4	
GRUPPO 1b	Spettro Y			149.7		-166.4	
GRUPPO 1c	Spettro Y			147.6		-159.7	
GRUPPO 1d	Spettro Y			147.6		-159.7	
GRUPPO 1e	Spettro Y			138.1		-128.9	
GRUPPO 1f	Spettro Y			138.1		-128.9	
GRUPPO 1g	Spettro Y			140.2		-135.6	
GRUPPO 1h	Spettro Y			140.2		-135.6	
GRUPPO 3a	Spettro Y			149.7		-166.4	
GRUPPO 3b	Spettro Y			149.7		-166.4	
GRUPPO 3c	Spettro Y			147.6		-159.7	
GRUPPO 3d	Spettro Y			147.6		-159.7	
GRUPPO 3e	Spettro Y			138.1		-128.9	
GRUPPO 3f	Spettro Y			138.1		-128.9	
GRUPPO 3g	Spettro Y			140.2		-135.6	
GRUPPO 3h	Spettro Y			140.2		-135.6	
GRUPPO 2	Spettro Y			128.6		-98.1	

**6.14.2 Azioni a baricentro intradosso plinto**

		<b>N</b> <b>[kN]</b>	<b>F<sub>L</sub>=F<sub>X</sub></b> <b>[kN]</b>	<b>F<sub>T</sub>=F<sub>Y</sub></b> <b>[kN]</b>	<b>M<sub>Long</sub>=M<sub>Y</sub></b> <b>[kNm]</b>	<b>M<sub>Trasv</sub>=M<sub>X</sub></b> <b>[kNm]</b>	<b>M<sub>TORC</sub></b> <b>[kNm]</b>
g1	Peso proprio impalcato	316	0	0	719	0	0
g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	859	0	0	1953	0	0
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2008	232	210	5795	-1285	465
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2008	224	210	5751	-1285	448
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	2096	141	220	5512	-1162	282

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0404001	A	45 di 99

GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	2096	232	220	5995	-1162	465
GRUPPO 1e	LM71 in F	1048	141	110	3128	-2677	282
GRUPPO 1f	LM71 in A	1048	232	110	3611	-2677	465
GRUPPO 1g	SW2 in F	960	224	100	3367	-2448	448
GRUPPO 1h	SW2 in A	960	211	100	3299	-2448	422
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2008	465	105	7022	-731	929
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2008	448	105	6934	-731	896
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	2096	282	110	6256	-581	563
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	2096	465	110	7222	-581	929
GRUPPO 3e	LM71 in F	1048	282	50	3871	-2360	563
GRUPPO 3f	LM71 in A	1048	465	50	4838	-2360	929
GRUPPO 3g	SW2 in F	960	448	50	4549	-2184	896
GRUPPO 3h	SW2 in A	960	422	50	4414	-2184	845
GRUPPO 2	Treno scarico	64	0	100	146	-400	0
GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1205	279	126	4213	-771	558
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1205	269	126	4160	-771	538
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1258	169	132	3753	-697	338
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1258	279	132	4333	-697	558
GRUPPO 4e	LM71 in F	838	225	88	3097	-2142	451
GRUPPO 4f	LM71 in A	838	372	88	3870	-2142	743
GRUPPO 4g	SW2 in F	768	358	80	3640	-1958	717
GRUPPO 4h	SW2 in A	768	338	80	3531	-1958	676
q <sub>5,scarico</sub>	Vento a ponte scarico	0	0	7	0	-33	0
q <sub>5,carico</sub>	Vento a ponte carico	0	0	34	0	-228	0
Q <sub>4</sub>	Centrifuga	0	0	0	0	0	0
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	127	0	509	0	0
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	127	0	509	0	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	131	0	523	0	0
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	131	0	523	0	0
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	89	0	356	0	0
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	89	0	356	0	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	85	0	342	0	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	85	0	342	0	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	127	0	509	0	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	127	0	509	0	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	131	0	523	0	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	131	0	523	0	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	89	0	356	0	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	89	0	356	0	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	85	0	342	0	0

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0404001	A	46 di 99

GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	85	0	342	0	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	50	0	198	0	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	95	0	381	0	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	95	0	381	0	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	97	0	389	0	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	97	0	389	0	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	81	0	322	0	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	81	0	322	0	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	78	0	311	0	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	78	0	311	0	0
GRUPPO 1a	Spettro X	0	171	0	918	0	0
GRUPPO 1b	Spettro X	0	171	0	918	0	0
GRUPPO 1c	Spettro X	0	167	0	888	0	0
GRUPPO 1d	Spettro X	0	167	0	888	0	0
GRUPPO 1e	Spettro X	0	148	0	750	0	0
GRUPPO 1f	Spettro X	0	148	0	750	0	0
GRUPPO 1g	Spettro X	0	152	0	780	0	0
GRUPPO 1h	Spettro X	0	152	0	780	0	0
GRUPPO 3a	Spettro X	0	171	0	918	0	0
GRUPPO 3b	Spettro X	0	171	0	918	0	0
GRUPPO 3c	Spettro X	0	167	0	888	0	0
GRUPPO 3d	Spettro X	0	167	0	888	0	0
GRUPPO 3e	Spettro X	0	148	0	750	0	0
GRUPPO 3f	Spettro X	0	148	0	750	0	0
GRUPPO 3g	Spettro X	0	152	0	780	0	0
GRUPPO 3h	Spettro X	0	152	0	780	0	0
GRUPPO 2	Spettro X	0	129	0	613	0	0
GRUPPO 1a	Spettro Y	0	0	150	0	-765	0
GRUPPO 1b	Spettro Y	0	0	150	0	-765	0
GRUPPO 1c	Spettro Y	0	0	148	0	-750	0
GRUPPO 1d	Spettro Y	0	0	148	0	-750	0
GRUPPO 1e	Spettro Y	0	0	138	0	-681	0
GRUPPO 1f	Spettro Y	0	0	138	0	-681	0
GRUPPO 1g	Spettro Y	0	0	140	0	-696	0
GRUPPO 1h	Spettro Y	0	0	140	0	-696	0
GRUPPO 3a	Spettro Y	0	0	150	0	-765	0
GRUPPO 3b	Spettro Y	0	0	150	0	-765	0
GRUPPO 3c	Spettro Y	0	0	148	0	-750	0
GRUPPO 3d	Spettro Y	0	0	148	0	-750	0
GRUPPO 3e	Spettro Y	0	0	138	0	-681	0
GRUPPO 3f	Spettro Y	0	0	138	0	-681	0

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10404001	A	47 di 99

GRUPPO 3g	Spettro Y	0	0	140	0	-696	0
GRUPPO 3h	Spettro Y	0	0	140	0	-696	0
GRUPPO 2	Spettro Y	0	0	129	0	-613	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	316	0	0	719	0	0
	g2	Sovraccarichi permanenti impalcato	859	0	0	1953	0	0
	GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2008	232	210	5795	-1285	465
	GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2008	224	210	5751	-1285	448
	GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	2096	141	220	5512	-1162	282
	GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	2096	232	220	5995	-1162	465
	GRUPPO 1e	LM71 in F	1048	141	110	3128	-2677	282
	GRUPPO 1f	LM71 in A	1048	232	110	3611	-2677	465
	GRUPPO 1g	SW2 in F	960	224	100	3367	-2448	448
	GRUPPO 1h	SW2 in A	960	211	100	3299	-2448	422
	GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2008	465	105	7022	-731	929
	GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2008	448	105	6934	-731	896
	GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	2096	282	110	6256	-581	563
	GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	2096	465	110	7222	-581	929
	GRUPPO 3e	LM71 in F	1048	282	50	3871	-2360	563
	GRUPPO 3f	LM71 in A	1048	465	50	4838	-2360	929
	GRUPPO 3g	SW2 in F	960	448	50	4549	-2184	896
	GRUPPO 3h	SW2 in A	960	422	50	4414	-2184	845
	GRUPPO 2	Treno scarico	64	0	100	146	-400	0
	GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1205	279	126	4213	-771	558
	GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1205	269	126	4160	-771	538
	GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1258	169	132	3753	-697	338
	GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1258	279	132	4333	-697	558
	GRUPPO 4e	LM71 in F	838	225	88	3097	-2142	451
	GRUPPO 4f	LM71 in A	838	372	88	3870	-2142	743
	GRUPPO 4g	SW2 in F	768	358	80	3640	-1958	717
	GRUPPO 4h	SW2 in A	768	338	80	3531	-1958	676
	q5,scarico	Vento a ponte scarico	0	0	7	0	-33	0
	q5,carico	Vento a ponte carico	0	0	34	0	-228	0
	Q4	Centrifuga	0	0	0	0	0	0
	GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	127	0	509	0	0
	GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	127	0	509	0	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	131	0	523	0	0	
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	131	0	523	0	0	
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	89	0	356	0	0	

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0404001	A	48 di 99

GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	89	0	356	0	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	85	0	342	0	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	85	0	342	0	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	127	0	509	0	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	127	0	509	0	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	131	0	523	0	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	131	0	523	0	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	89	0	356	0	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	89	0	356	0	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	85	0	342	0	0
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	85	0	342	0	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	50	0	198	0	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	95	0	381	0	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	95	0	381	0	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	97	0	389	0	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	97	0	389	0	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	81	0	322	0	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	81	0	322	0	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	78	0	311	0	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	78	0	311	0	0
GRUPPO 1a	Spettro X	0	171	0	918	0	0
GRUPPO 1b	Spettro X	0	171	0	918	0	0
GRUPPO 1c	Spettro X	0	167	0	888	0	0
GRUPPO 1d	Spettro X	0	167	0	888	0	0
GRUPPO 1e	Spettro X	0	148	0	750	0	0
GRUPPO 1f	Spettro X	0	148	0	750	0	0
GRUPPO 1g	Spettro X	0	152	0	780	0	0
GRUPPO 1h	Spettro X	0	152	0	780	0	0
GRUPPO 3a	Spettro X	0	171	0	918	0	0
GRUPPO 3b	Spettro X	0	171	0	918	0	0
GRUPPO 3c	Spettro X	0	167	0	888	0	0
GRUPPO 3d	Spettro X	0	167	0	888	0	0
GRUPPO 3e	Spettro X	0	148	0	750	0	0
GRUPPO 3f	Spettro X	0	148	0	750	0	0
GRUPPO 3g	Spettro X	0	152	0	780	0	0
GRUPPO 3h	Spettro X	0	152	0	780	0	0
GRUPPO 2	Spettro X	0	129	0	613	0	0
GRUPPO 1a	Spettro Y	0	0	150	0	-765	0
GRUPPO 1b	Spettro Y	0	0	150	0	-765	0

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0404001	A	49 di 99

	GRUPPO 1c	Spettro Y	0	0	148	0	-750	0
	GRUPPO 1d	Spettro Y	0	0	148	0	-750	0
	GRUPPO 1e	Spettro Y	0	0	138	0	-681	0
	GRUPPO 1f	Spettro Y	0	0	138	0	-681	0
	GRUPPO 1g	Spettro Y	0	0	140	0	-696	0
	GRUPPO 1h	Spettro Y	0	0	140	0	-696	0
	GRUPPO 3a	Spettro Y	0	0	150	0	-765	0
	GRUPPO 3b	Spettro Y	0	0	150	0	-765	0
	GRUPPO 3c	Spettro Y	0	0	148	0	-750	0
	GRUPPO 3d	Spettro Y	0	0	148	0	-750	0
	GRUPPO 3e	Spettro Y	0	0	138	0	-681	0
	GRUPPO 3f	Spettro Y	0	0	138	0	-681	0
	GRUPPO 3g	Spettro Y	0	0	140	0	-696	0
	GRUPPO 3h	Spettro Y	0	0	140	0	-696	0
	GRUPPO 2	Spettro Y	0	0	129	0	-613	0
Sollecitazioni statiche spalla	g <sub>1</sub>	Peso spalla	3337	0	0	1157	0	0
	g <sub>1</sub>	Rinterro interno	3023	0	0	-2267	0	0
	g <sub>1</sub>	Rinterro esterno	144	0	0	266	0	0
	g <sub>1</sub>	Spinta terre (per STR)	0	1101	0	1928	0	0
	q <sub>1k</sub>	Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	2161	0	0	-1621	0	0
	q <sub>1k</sub>	Spinta carico accidentale 50kPa + 10kPa su bandiera(per STR)	0	1024	0	2713	0	0
	g <sub>1</sub>	Spinta terre (per GEO)	0	1101	0	1928	0	0
	q <sub>1k</sub>	Spinta carico accidentale 50kPa +10kPa su bandiera(per GEO)	0	1024	0	2713	0	0
Sisma spalla	q <sub>6</sub>	Inerzia spalla dir longitudinale	0	365	0	562	0	0
	q <sub>6</sub>	Inerzia spalla dir trasversale	0	0	365	0	-562	0
	q <sub>6</sub>	Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	331	0	1125	0	0
	q <sub>6</sub>	Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale	0	0	331	0	-1125	0
	q <sub>6</sub>	Incremento di spinta sismica (per STR)	0	309	0	819	0	0
	q <sub>6</sub>	Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	309	0	819	0	0

 <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 CLVI0404001	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 CLVI0404001	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	10841	1486	10	4772	-49	0
SLU_STR_02	16886	3498	335	15522	-2068	674
SLU_STR_03	16886	3486	335	15458	-2068	650
SLU_STR_04	17013	3371	349	15133	-1889	408
SLU_STR_05	17013	3503	349	15834	-1889	674
SLU_STR_06	15494	3308	190	11424	-4087	408
SLU_STR_07	15494	3440	190	12125	-4087	674
SLU_STR_08	15366	3423	175	11749	-3755	650
SLU_STR_09	15366	3405	175	11651	-3755	612
SLU_STR_010	16886	3835	183	17301	-1264	1347
SLU_STR_011	16886	3811	183	17173	-1264	1299
SLU_STR_012	17013	3575	190	16211	-1047	817
SLU_STR_013	17013	3840	190	17612	-1047	1347
SLU_STR_014	15494	3512	103	12502	-3627	817
SLU_STR_015	15494	3777	103	13903	-3627	1347
SLU_STR_016	15366	3748	103	13464	-3372	1299
SLU_STR_017	15366	3711	103	13268	-3372	1225
SLU_STR_018	14067	3045	175	6864	-785	0
SLU_STR_019	13753	2014	335	13939	-2068	674
SLU_STR_020	13753	2002	335	13875	-2068	650
SLU_STR_021	13880	1886	349	13550	-1889	408
SLU_STR_022	13880	2019	349	14250	-1889	674
SLU_STR_023	12361	1824	190	9841	-4087	408
SLU_STR_024	12361	1956	190	10542	-4087	674
SLU_STR_025	12233	1939	175	10166	-3755	650
SLU_STR_026	12233	1920	175	10068	-3755	612
SLU_STR_027	13753	2351	183	15717	-1264	1347
SLU_STR_028	13753	2327	183	15590	-1264	1299
SLU_STR_029	13880	2091	190	14628	-1047	817
SLU_STR_030	13880	2356	190	16029	-1047	1347
SLU_STR_031	12361	2028	103	10919	-3627	817
SLU_STR_032	12361	2293	103	12320	-3627	1347

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10404001	A	57 di 99

SLU_STR_033	12233	2264	103	11881	-3372	1299
SLU_STR_034	12233	2227	103	11685	-3372	1225
SLU_STR_035	10934	1560	175	5280	-785	0
SLV_STR_01	8512	2554	296	8661	-993	93
SLV_STR_02	8512	2552	296	8652	-993	90
SLV_STR_03	8530	2532	297	8577	-964	56
SLV_STR_04	8530	2550	297	8674	-964	93
SLV_STR_05	8320	2505	272	7929	-1246	56
SLV_STR_06	8320	2523	272	8026	-1246	93
SLV_STR_07	8303	2525	271	8004	-1205	90
SLV_STR_08	8303	2522	271	7991	-1205	84
SLV_STR_09	8512	2600	275	8906	-882	186
SLV_STR_010	8512	2597	275	8889	-882	179
SLV_STR_011	8530	2560	275	8726	-848	113
SLV_STR_012	8530	2597	275	8919	-848	186
SLV_STR_013	8320	2533	260	8078	-1183	113
SLV_STR_014	8320	2569	260	8271	-1183	186
SLV_STR_015	8303	2569	261	8241	-1152	179
SLV_STR_016	8303	2564	261	8214	-1152	169
SLV_STR_017	8123	2450	268	7164	-770	0
SLV_STR_018	8512	1730	888	6264	-2710	93
SLV_STR_019	8512	1729	888	6255	-2710	90
SLV_STR_020	8530	1711	888	6201	-2670	56
SLV_STR_021	8530	1730	888	6298	-2670	93
SLV_STR_022	8320	1697	857	5649	-2904	56
SLV_STR_023	8320	1716	857	5746	-2904	93
SLV_STR_024	8303	1715	857	5703	-2874	90
SLV_STR_025	8303	1712	857	5690	-2874	84
SLV_STR_026	8512	1777	867	6509	-2599	186
SLV_STR_027	8512	1773	867	6492	-2599	179
SLV_STR_028	8530	1740	866	6350	-2554	113
SLV_STR_029	8530	1776	866	6543	-2554	186
SLV_STR_030	8320	1726	845	5798	-2841	113
SLV_STR_031	8320	1762	845	5991	-2841	186
SLV_STR_032	8303	1759	847	5940	-2821	179
SLV_STR_033	8303	1754	847	5913	-2821	169
SLV_STR_034	8123	1656	845	4980	-2380	0
SLE_rara_01	7678	1101	7	3757	-33	0
SLE_rara_02	11847	2484	230	11153	-1422	465

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0404001	A	58 di 99

SLE_rara_03	11847	2476	230	11109	-1422	448
SLE_rara_04	11935	2396	240	10885	-1298	282
SLE_rara_05	11935	2487	240	11368	-1298	465
SLE_rara_06	10887	2354	130	8333	-2814	282
SLE_rara_07	10887	2446	130	8816	-2814	465
SLE_rara_08	10799	2434	120	8557	-2585	448
SLE_rara_09	10799	2421	120	8490	-2585	422
SLE_rara_010	11847	2716	125	12380	-867	929
SLE_rara_011	11847	2700	125	12292	-867	896
SLE_rara_012	11935	2537	130	11628	-718	563
SLE_rara_013	11935	2720	130	12595	-718	929
SLE_rara_014	10887	2495	70	9076	-2497	563
SLE_rara_015	10887	2678	70	10042	-2497	929
SLE_rara_016	10799	2658	70	9740	-2321	896
SLE_rara_017	10799	2632	70	9605	-2321	845
SLE_rara_018	9903	2174	120	5193	-537	0
SLE_fre_01	7678	1101	3	3757	-16	0
SLE_fre_02	9964	1987	126	8897	-771	558
SLE_fre_03	9964	1977	126	8844	-771	538
SLE_fre_04	10016	1879	132	8446	-697	338
SLE_fre_05	10016	1989	132	9026	-697	558
SLE_fre_06	9597	1918	88	7722	-2142	451
SLE_fre_07	9597	2065	88	8495	-2142	743
SLE_fre_08	9527	2049	80	8254	-1958	717
SLE_fre_09	9527	2028	80	8145	-1958	676
SLE_QP_01	7678	1101	0	3757	0	0
SLU_GEO_01	7936	1101	9	4343	-43	0
SLU_GEO_02	13147	2836	289	13614	-1784	581
SLU_GEO_03	13147	2826	289	13559	-1784	560
SLU_GEO_04	13257	2726	301	13279	-1630	352
SLU_GEO_05	13257	2841	301	13883	-1630	581
SLU_GEO_06	11947	2672	164	10080	-3524	352
SLU_GEO_07	11947	2786	164	10684	-3524	581
SLU_GEO_08	11837	2771	151	10361	-3238	560
SLU_GEO_09	11837	2755	151	10276	-3238	528
SLU_GEO_010	13147	3127	158	15147	-1091	1162
SLU_GEO_011	13147	3106	158	15037	-1091	1120
SLU_GEO_012	13257	2902	164	14208	-904	704
SLU_GEO_013	13257	3131	164	15416	-904	1162
SLU_GEO_014	11947	2848	89	11010	-3128	704

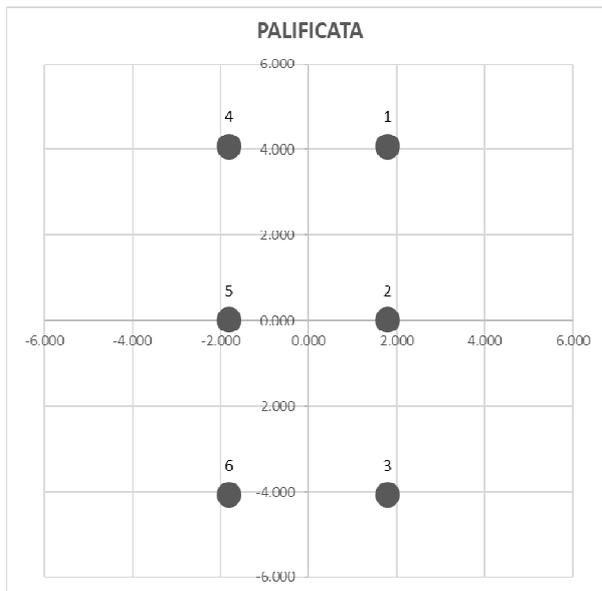
**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10404001	A	59 di 99

SLU_GEO_015	11947	3077	89	12218	-3128	1162
SLU_GEO_016	11837	3051	89	11839	-2908	1120
SLU_GEO_017	11837	3019	89	11670	-2908	1056
SLU_GEO_018	10717	2445	151	6148	-678	0
SLV_GEO_01	8512	2554	296	8661	-993	93
SLV_GEO_02	8512	2552	296	8652	-993	90
SLV_GEO_03	8530	2532	297	8577	-964	56
SLV_GEO_04	8530	2550	297	8674	-964	93
SLV_GEO_05	8320	2505	272	7929	-1246	56
SLV_GEO_06	8320	2523	272	8026	-1246	93
SLV_GEO_07	8303	2525	271	8004	-1205	90
SLV_GEO_08	8303	2522	271	7991	-1205	84
SLV_GEO_09	8512	2600	275	8906	-882	186
SLV_GEO_010	8512	2597	275	8889	-882	179
SLV_GEO_011	8530	2560	275	8726	-848	113
SLV_GEO_012	8530	2597	275	8919	-848	186
SLV_GEO_013	8320	2533	260	8078	-1183	113
SLV_GEO_014	8320	2569	260	8271	-1183	186
SLV_GEO_015	8303	2569	261	8241	-1152	179
SLV_GEO_016	8303	2564	261	8214	-1152	169
SLV_GEO_017	8123	2450	268	7164	-770	0
SLV_GEO_018	8512	1730	888	6264	-2710	93
SLV_GEO_019	8512	1729	888	6255	-2710	90
SLV_GEO_020	8530	1711	888	6201	-2670	56
SLV_GEO_021	8530	1730	888	6298	-2670	93
SLV_GEO_022	8320	1697	857	5649	-2904	56
SLV_GEO_023	8320	1716	857	5746	-2904	93
SLV_GEO_024	8303	1715	857	5703	-2874	90
SLV_GEO_025	8303	1712	857	5690	-2874	84
SLV_GEO_026	8512	1777	867	6509	-2599	186
SLV_GEO_027	8512	1773	867	6492	-2599	179
SLV_GEO_028	8530	1740	866	6350	-2554	113
SLV_GEO_029	8530	1776	866	6543	-2554	186
SLV_GEO_030	8320	1726	845	5798	-2841	113
SLV_GEO_031	8320	1762	845	5991	-2841	186
SLV_GEO_032	8303	1759	847	5940	-2821	179
SLV_GEO_033	8303	1754	847	5913	-2821	169
SLV_GEO_034	8123	1617	845	4796	-2380	0

## 8 CALCOLO SOLLECITAZIONI SUI SINGOLI PALI DI FONDAZIONE

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



Coordinate pali:

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

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

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

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

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

$C_M$  da calcolarsi in base a  $\lambda$ , 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	32	m
L/ $\lambda$	10.97	-
$C_M$	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	2246	2252	1368	1362	248	248	248	248	672	672	672	672
SLU_STR_02	4125	4378	1504	1250	586	586	586	586	1589	1589	1589	1589
SLU_STR_03	4119	4372	1510	1256	584	584	584	584	1584	1584	1584	1584
SLU_STR_04	4121	4353	1550	1318	565	565	565	565	1533	1533	1533	1533
SLU_STR_05	4186	4418	1485	1254	587	587	587	587	1592	1592	1592	1592
SLU_STR_06	3389	3891	1775	1274	552	552	552	552	1499	1499	1499	1499
SLU_STR_07	3454	3956	1710	1209	574	574	574	574	1558	1558	1558	1558
SLU_STR_08	3419	3879	1703	1243	571	571	571	571	1550	1550	1550	1550
SLU_STR_09	3409	3870	1713	1252	568	568	568	568	1542	1542	1542	1542
SLU_STR_010	4339	4494	1290	1135	640	640	640	640	1736	1736	1736	1736
SLU_STR_011	4327	4482	1302	1147	636	636	636	636	1726	1726	1726	1726
SLU_STR_012	4272	4401	1399	1270	597	597	597	597	1619	1619	1619	1619
SLU_STR_013	4402	4531	1269	1141	641	641	641	641	1739	1739	1739	1739
SLU_STR_014	3517	3962	1647	1202	586	586	586	586	1589	1589	1589	1589
SLU_STR_015	3647	4092	1517	1072	630	630	630	630	1709	1709	1709	1709
SLU_STR_016	3601	4015	1521	1107	625	625	625	625	1696	1696	1696	1696
SLU_STR_017	3583	3996	1539	1126	619	619	619	619	1679	1679	1679	1679
SLU_STR_018	2932	3028	1757	1661	508	508	508	508	1379	1379	1379	1379
SLU_STR_019	3456	3710	1128	875	340	340	340	340	923	923	923	923

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10404001	A	62 di 99

SLU_STR_020	3450	3704	1134	880	338	338	338	338	918	918	918	918
SLU_STR_021	3452	3684	1175	943	320	320	320	320	868	868	868	868
SLU_STR_022	3517	3749	1110	878	342	342	342	342	927	927	927	927
SLU_STR_023	2721	3222	1400	898	306	306	306	306	829	829	829	829
SLU_STR_024	2785	3287	1335	833	328	328	328	328	889	889	889	889
SLU_STR_025	2750	3210	1328	867	324	324	324	324	881	881	881	881
SLU_STR_026	2741	3201	1337	876	321	321	321	321	872	872	872	872
SLU_STR_027	3670	3825	914	759	393	393	393	393	1066	1066	1066	1066
SLU_STR_028	3658	3813	926	771	389	389	389	389	1056	1056	1056	1056
SLU_STR_029	3604	3732	1023	895	350	350	350	350	949	949	949	949
SLU_STR_030	3733	3862	893	765	394	394	394	394	1069	1069	1069	1069
SLU_STR_031	2849	3294	1272	827	338	338	338	338	918	918	918	918
SLU_STR_032	2978	3423	1142	697	383	383	383	383	1038	1038	1038	1038
SLU_STR_033	2932	3346	1146	732	378	378	378	378	1025	1025	1025	1025
SLU_STR_034	2914	3328	1164	750	371	371	371	371	1008	1008	1008	1008
SLU_STR_035	2263	2359	1382	1285	262	262	262	262	710	710	710	710
SLV_STR_01	2160	2282	678	556	428	428	428	428	1163	1163	1163	1163
SLV_STR_02	2159	2281	678	557	428	428	428	428	1162	1162	1162	1162
SLV_STR_03	2157	2275	687	568	425	425	425	425	1153	1153	1153	1153
SLV_STR_04	2166	2284	678	559	428	428	428	428	1161	1161	1161	1161
SLV_STR_05	2044	2197	729	576	420	420	420	420	1139	1139	1139	1139
SLV_STR_06	2053	2206	720	567	423	423	423	423	1148	1148	1148	1148
SLV_STR_07	2051	2199	717	569	423	423	423	423	1148	1148	1148	1148
SLV_STR_08	2050	2198	718	570	423	423	423	423	1147	1147	1147	1147
SLV_STR_09	2189	2297	648	540	436	436	436	436	1183	1183	1183	1183
SLV_STR_010	2188	2296	650	542	435	435	435	435	1181	1181	1181	1181
SLV_STR_011	2178	2282	666	562	429	429	429	429	1165	1165	1165	1165
SLV_STR_012	2195	2299	648	544	435	435	435	435	1181	1181	1181	1181
SLV_STR_013	2062	2207	711	566	424	424	424	424	1152	1152	1152	1152
SLV_STR_014	2080	2225	693	548	430	430	430	430	1168	1168	1168	1168
SLV_STR_015	2076	2217	691	550	430	430	430	430	1168	1168	1168	1168
SLV_STR_016	2074	2215	694	553	430	430	430	430	1166	1166	1166	1166
SLV_STR_017	1970	2064	738	643	411	411	411	411	1114	1114	1114	1114
SLV_STR_018	1832	2165	1005	672	324	324	324	324	880	880	880	880
SLV_STR_019	1832	2164	1006	673	324	324	324	324	879	879	879	879
SLV_STR_020	1832	2160	1011	684	321	321	321	321	872	872	872	872
SLV_STR_021	1841	2169	1002	675	324	324	324	324	879	879	879	879
SLV_STR_022	1732	2088	1042	685	317	317	317	317	860	860	860	860
SLV_STR_023	1741	2097	1033	676	320	320	320	320	867	867	867	867
SLV_STR_024	1736	2088	1032	679	319	319	319	319	867	867	867	867
SLV_STR_025	1734	2087	1033	681	319	319	319	319	866	866	866	866
SLV_STR_026	1862	2181	975	657	330	330	330	330	894	894	894	894
SLV_STR_027	1860	2179	977	658	329	329	329	329	893	893	893	893
SLV_STR_028	1853	2166	990	677	324	324	324	324	879	879	879	879
SLV_STR_029	1871	2184	972	659	329	329	329	329	894	894	894	894

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLV10404001	A	63 di 99

SLV_STR_030	1749	2098	1024	676	320	320	320	320	869	869	869	869
SLV_STR_031	1767	2116	1006	658	326	326	326	326	884	884	884	884
SLV_STR_032	1761	2107	1007	661	325	325	325	325	883	883	883	883
SLV_STR_033	1758	2104	1009	663	325	325	325	325	881	881	881	881
SLV_STR_034	1669	1961	1039	747	310	310	310	310	841	841	841	841
SLE_rara_01	1626	1630	934	930	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE_rara_02	2920	3094	1029	855	416	416	416	416	1128	1128	1128	1128
SLE_rara_03	2916	3090	1033	859	414	414	414	414	1125	1125	1125	1125
SLE_rara_04	2917	3077	1061	902	401	401	401	401	1089	1089	1089	1089
SLE_rara_05	2962	3121	1016	857	417	417	417	417	1130	1130	1130	1130
SLE_rara_06	2413	2759	1216	870	393	393	393	393	1066	1066	1066	1066
SLE_rara_07	2458	2803	1171	826	408	408	408	408	1108	1108	1108	1108
SLE_rara_08	2434	2751	1166	849	406	406	406	406	1102	1102	1102	1102
SLE_rara_09	2427	2745	1172	855	404	404	404	404	1096	1096	1096	1096
SLE_rara_010	3068	3174	881	775	453	453	453	453	1230	1230	1230	1230
SLE_rara_011	3059	3166	890	783	450	450	450	450	1222	1222	1222	1222
SLE_rara_012	3022	3110	957	869	423	423	423	423	1149	1149	1149	1149
SLE_rara_013	3111	3199	867	779	454	454	454	454	1232	1232	1232	1232
SLE_rara_014	2502	2808	1127	821	416	416	416	416	1129	1129	1129	1129
SLE_rara_015	2591	2898	1038	731	446	446	446	446	1212	1212	1212	1212
SLE_rara_016	2559	2844	1040	756	443	443	443	443	1202	1202	1202	1202
SLE_rara_017	2547	2832	1053	768	439	439	439	439	1191	1191	1191	1191
SLE_rara_018	2098	2164	1203	1137	363	363	363	363	985	985	985	985
SLE_fre_01	1627	1629	933	931	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE_fre_02	2437	2532	884	790	332	332	332	332	900	900	900	900
SLE_fre_03	2432	2527	889	794	330	330	330	330	896	896	896	896
SLE_fre_04	2409	2494	930	845	314	314	314	314	852	852	852	852
SLE_fre_05	2462	2548	876	791	332	332	332	332	901	901	901	901
SLE_fre_06	2183	2446	1016	753	320	320	320	320	869	869	869	869
SLE_fre_07	2255	2518	944	682	344	344	344	344	935	935	935	935
SLE_fre_08	2232	2472	944	703	342	342	342	342	927	927	927	927
SLE_fre_09	2222	2462	954	713	338	338	338	338	918	918	918	918
SLE_QP_01	1628	1628	932	932	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU_GEO_01	1722	1727	923	918	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU_GEO_02	3342	3561	1040	821	475	475	475	475	1289	1289	1289	1289
SLU_GEO_03	3337	3556	1045	826	473	473	473	473	1285	1285	1285	1285
SLU_GEO_04	3339	3539	1080	880	457	457	457	457	1241	1241	1241	1241
SLU_GEO_05	3395	3595	1024	824	476	476	476	476	1292	1292	1292	1292
SLU_GEO_06	2708	3141	1274	842	446	446	446	446	1211	1211	1211	1211
SLU_GEO_07	2764	3197	1218	786	465	465	465	465	1262	1262	1262	1262
SLU_GEO_08	2733	3131	1212	815	463	463	463	463	1255	1255	1255	1255
SLU_GEO_09	2726	3123	1220	823	460	460	460	460	1248	1248	1248	1248
SLU_GEO_010	3527	3661	856	722	522	522	522	522	1416	1416	1416	1416
SLU_GEO_011	3517	3650	866	732	518	518	518	518	1407	1407	1407	1407
SLU_GEO_012	3470	3581	949	839	484	484	484	484	1315	1315	1315	1315

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10404001	A	64 di 99

SLU_GEO_013	3581	3692	838	727	523	523	523	523	1418	1418	1418	1418
SLU_GEO_014	2819	3202	1164	780	475	475	475	475	1289	1289	1289	1289
SLU_GEO_015	2931	3314	1052	668	513	513	513	513	1392	1392	1392	1392
SLU_GEO_016	2891	3247	1055	698	509	509	509	509	1381	1381	1381	1381
SLU_GEO_017	2875	3232	1071	714	503	503	503	503	1366	1366	1366	1366
SLU_GEO_018	2314	2397	1258	1175	408	408	408	408	1108	1108	1108	1108
SLV_GEO_01	2160	2282	678	556	428	428	428	428	1163	1163	1163	1163
SLV_GEO_02	2159	2281	678	557	428	428	428	428	1162	1162	1162	1162
SLV_GEO_03	2157	2275	687	568	425	425	425	425	1153	1153	1153	1153
SLV_GEO_04	2166	2284	678	559	428	428	428	428	1161	1161	1161	1161
SLV_GEO_05	2044	2197	729	576	420	420	420	420	1139	1139	1139	1139
SLV_GEO_06	2053	2206	720	567	423	423	423	423	1148	1148	1148	1148
SLV_GEO_07	2051	2199	717	569	423	423	423	423	1148	1148	1148	1148
SLV_GEO_08	2050	2198	718	570	423	423	423	423	1147	1147	1147	1147
SLV_GEO_09	2189	2297	648	540	436	436	436	436	1183	1183	1183	1183
SLV_GEO_010	2188	2296	650	542	435	435	435	435	1181	1181	1181	1181
SLV_GEO_011	2178	2282	666	562	429	429	429	429	1165	1165	1165	1165
SLV_GEO_012	2195	2299	648	544	435	435	435	435	1181	1181	1181	1181
SLV_GEO_013	2062	2207	711	566	424	424	424	424	1152	1152	1152	1152
SLV_GEO_014	2080	2225	693	548	430	430	430	430	1168	1168	1168	1168
SLV_GEO_015	2076	2217	691	550	430	430	430	430	1168	1168	1168	1168
SLV_GEO_016	2074	2215	694	553	430	430	430	430	1166	1166	1166	1166
SLV_GEO_017	1970	2064	738	643	411	411	411	411	1114	1114	1114	1114
SLV_GEO_018	1832	2165	1005	672	324	324	324	324	880	880	880	880
SLV_GEO_019	1832	2164	1006	673	324	324	324	324	879	879	879	879
SLV_GEO_020	1832	2160	1011	684	321	321	321	321	872	872	872	872
SLV_GEO_021	1841	2169	1002	675	324	324	324	324	879	879	879	879
SLV_GEO_022	1732	2088	1042	685	317	317	317	317	860	860	860	860
SLV_GEO_023	1741	2097	1033	676	320	320	320	320	867	867	867	867
SLV_GEO_024	1736	2088	1032	679	319	319	319	319	867	867	867	867
SLV_GEO_025	1734	2087	1033	681	319	319	319	319	866	866	866	866
SLV_GEO_026	1862	2181	975	657	330	330	330	330	894	894	894	894
SLV_GEO_027	1860	2179	977	658	329	329	329	329	893	893	893	893
SLV_GEO_028	1853	2166	990	677	324	324	324	324	879	879	879	879
SLV_GEO_029	1871	2184	972	659	329	329	329	329	894	894	894	894
SLV_GEO_030	1749	2098	1024	676	320	320	320	320	869	869	869	869
SLV_GEO_031	1767	2116	1006	658	326	326	326	326	884	884	884	884
SLV_GEO_032	1761	2107	1007	661	325	325	325	325	883	883	883	883
SLV_GEO_033	1758	2104	1009	663	325	325	325	325	881	881	881	881
SLV_GEO_034	1652	1944	1056	764	304	304	304	304	825	825	825	825

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	CLVI0404001	A	65 di 99

		N P.1	N P.3	N P.6	N P.4	T P.1	T P.3	T P.6	T P.4	M P.1	M P.3	M P.6	M P.4
		[kN]											
SLU STR	MIN	2246	2252	893	697	248	248	248	248	672	672	672	672
SLU STR	MAX	4402	4531	1775	1661	641	641	641	641	1739	1739	1739	1739
SLV STR	MIN	1669	1961	648	540	310	310	310	310	841	841	841	841
SLV STR	MAX	2195	2299	1042	747	436	436	436	436	1183	1183	1183	1183
SLE RARA	MIN	1626	1630	867	731	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE RARA	MAX	3111	3199	1216	1137	454	454	454	454	1232	1232	1232	1232
SLE FREQ	MIN	1627	1629	876	682	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE FREQ	MAX	2462	2548	1016	931	344	344	344	344	935	935	935	935
SLE QP	MIN	1628	1628	932	932	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE QP	MAX	1628	1628	932	932	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MIN	1722	1727	838	668	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MAX	3581	3692	1274	1175	523	523	523	523	1418	1418	1418	1418
SLV GEO	MIN	1652	1944	648	540	304	304	304	304	825	825	825	825
SLV GEO	MAX	2195	2299	1056	764	436	436	436	436	1183	1183	1183	1183

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	1687	1693	398	201	248	248	248	248	672	672	672	672
SLU STR	MAX	3844	3972	1280	1165	641	641	641	641	1739	1739	1739	1739
SLV STR	MIN	1669	1961	648	540	310	310	310	310	841	841	841	841
SLV STR	MAX	2195	2299	1042	747	436	436	436	436	1183	1183	1183	1183
SLE RARA	MIN	1626	1630	867	731	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE RARA	MAX	3111	3199	1216	1137	454	454	454	454	1232	1232	1232	1232
SLE FREQ	MIN	1627	1629	876	682	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE FREQ	MAX	2462	2548	1016	931	344	344	344	344	935	935	935	935
SLE QP	MIN	1628	1628	932	932	183	183	183	183	498	498	498	498
SLE QP	MAX	1628	1628	932	932	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MIN	1625	1630	849	679	183	183	183	183	498	498	498	498
SLU GEO	MAX	3484	3595	1285	1187	523	523	523	523	1418	1418	1418	1418



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA**  
**FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0404001	A	66 di 99

SLV GEO	MIN	1652	1944	648	540	304	304	304	304	825	825	825	825
SLV GEO	MAX	2195	2299	1056	764	436	436	436	436	1183	1183	1183	1183

## 9 VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE

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

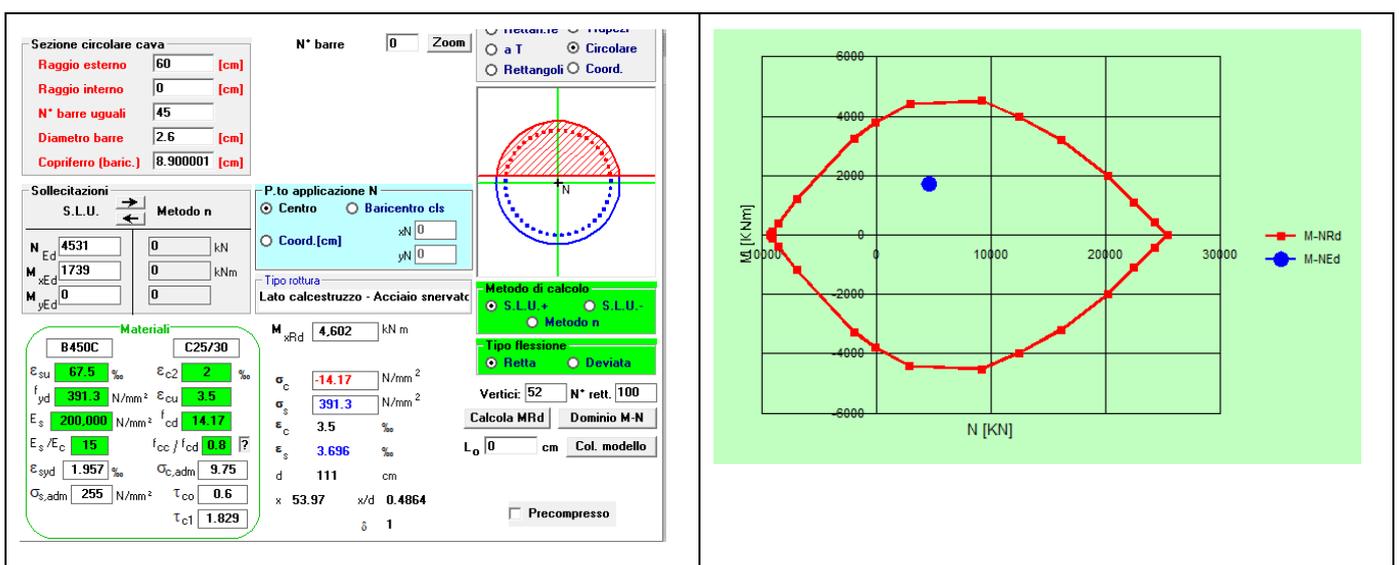
### 9.1 Verifica a pressoflessione allo SLU

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)	4531	2299
M (kNm)	1739	1181
Nmin (kN)	201	540
M (kNm)	1038	1183

Verifiche:



**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10404001	A	68 di 99

**Sezione circolare cava**

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

N° barre: 0 Zoom

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

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

N<sub>Ed</sub>: 2299 [kN]  
M<sub>xEd</sub>: 1181 [kNm]  
M<sub>yEd</sub>: 0 [kNm]

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

xN: 0  
yN: 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

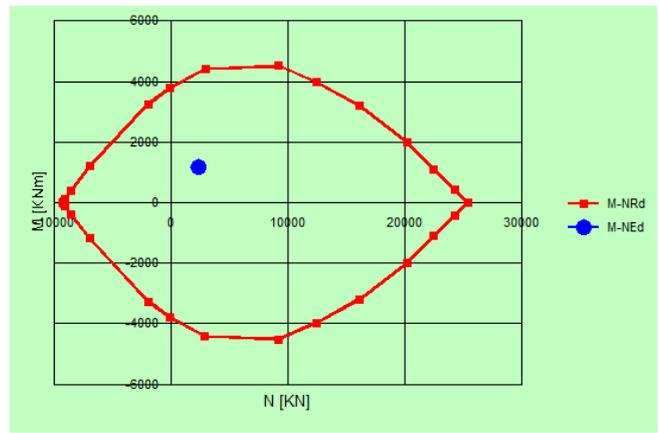
**Materiali**

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>: 0.8  
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

M<sub>xRd</sub>: 4,324 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>: 5.101 ‰  
d: 111 cm  
x: 45.16 x/d: 0.4069  
δ: 0.9487

Precompresso



**Sezione circolare cava**

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

N° barre: 0 Zoom

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

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

N<sub>Ed</sub>: 201 [kN]  
M<sub>xEd</sub>: 1038 [kNm]  
M<sub>yEd</sub>: 0 [kNm]

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

xN: 0  
yN: 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

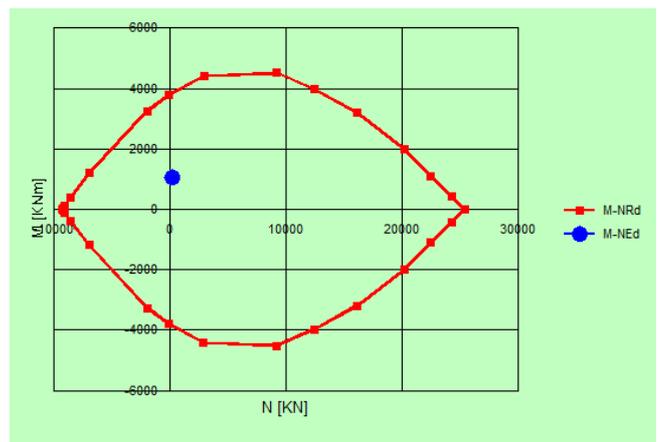
**Materiali**

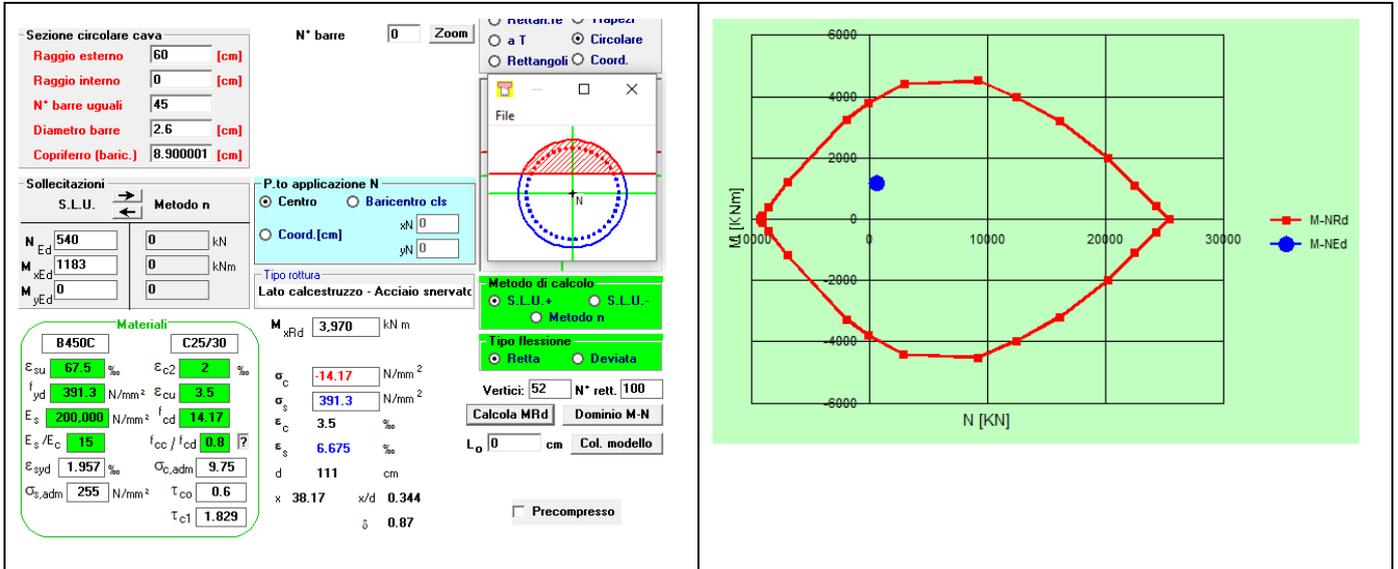
B450C C25/30

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>: 0.8  
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

M<sub>xRd</sub>: 3,889 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>: 7.04 ‰  
d: 111 cm  
x: 36.85 x/d: 0.3321  
δ: 0.8551

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)	3199	2548	1628
M (kNm)	1232	901	498
Nmin (kN)	1630	1629	1628
M (kNm)	498	498	498

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

Si distinguono i seguenti stati limite:

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

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

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

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

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

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

 <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 CLVI0404001	REV. A

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

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

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

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

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni di carico:

- combinazione rara

Le armature sono classificate come “armature poco sensibili”.

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

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

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

Il valore di calcolo è dato da:

$$W_K = 1.7 W_m$$

dove  $W_m$  rappresenta l’ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d’armatura  $\epsilon_{sm}$  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)	-2.66	-0.85

Si supera lo stato limite di formazione delle fessure solo per la combinazione frequente 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>	517.6	kg/cm <sup>2</sup>
σ <sub>sr</sub>	498.4	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> )	0.54	-
E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
ε <sub>sr</sub>	0.0001322	-
w <sub>m</sub>	0.0282	mm
w <sub>k</sub>	0.0479	mm

<b>w limite</b>	<b>0.2</b>	<b>mm</b>
<b>Verifica</b>	<b>OK</b>	

 <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 CLVI0404001	REV. A

### 9.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

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

Per tali combinazioni deve risultare:

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

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

In particolare si ha che:

	Comb.	Comb.
	N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>
$\sigma_{c\_RARA}$ (MPa)	7.5	3.2
$\sigma_{c\_QuasiPERM}$ (MPa)	3.2	3.2

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

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

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

Si ha:

	Comb.	Comb.
	N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>
$\sigma_{s\_RARA}$ (MPa)	-51.8	-13.6

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

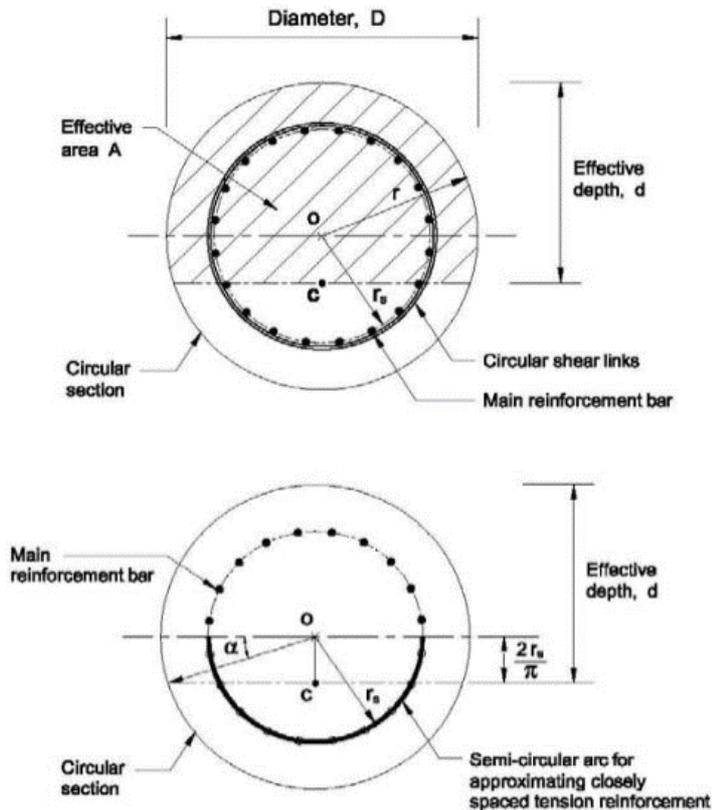
### 9.3 Verifica a taglio

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

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

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

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



Armatura trasversale: staffatura passo 15 cm diametro  $\emptyset 16$ .

Massima azione tagliante:

Con riferimento alla precedente figura si ha:

Diametro palo	1200	mm	
r	600	mm	
$r_s$	511	mm	Raggio della parte confinata dall'armatura trasversale. $r_s = r - \text{copr.}$
$\sin \alpha$	0.542		$\sin \alpha = (2 r_s) / (\pi r)$
$\alpha$	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	CLVI0404001	A	75 di 99

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>	kN	
Taglio agente	641	kN	
NON SODDISFA	<b>FS</b>	<b>0.94</b>	E' necessario disporre specifica armatura a taglio

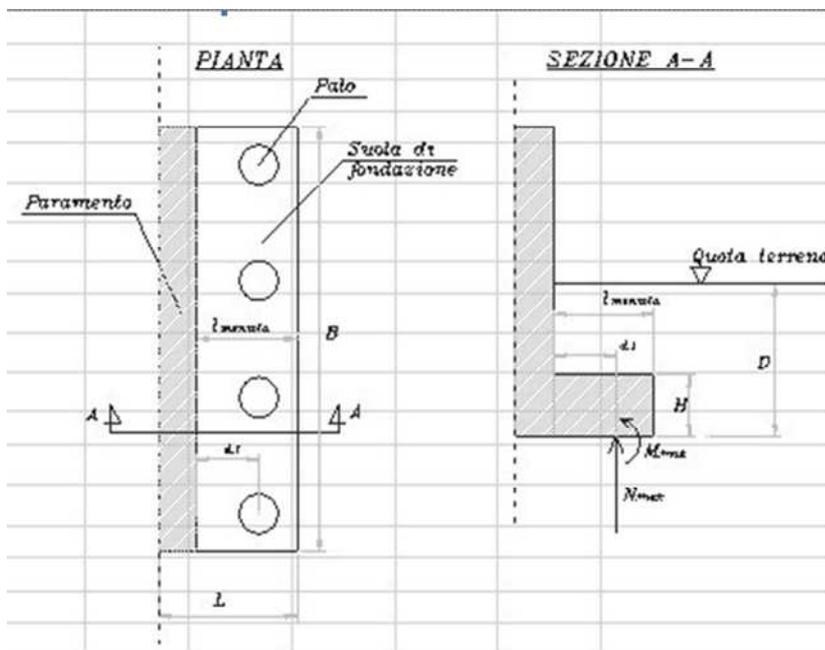
Con specifica armatura a taglio

$f_{yd}$	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	641	kN	
Verifica soddisfatta	<b>FS</b>	<b>1.36</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.

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0404001	A	77 di 99

	$N_{MAX,P}$ [kN]	$V_p$ [kN]	$N_{MIN,P}$ [kN]	$V_p$ [kN]	$N_p$ = azione assiale sul palo $V_p$ = azione orizzontale sul palo
SLU STR	137	641	-824	248	
SLV STR	91	436	-411	310	
SLE RARA	55	454	-508	183	
SLE FREQ	54	344	-378	183	
SLE Q.P.	53	183	53	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	440	641	137	-2638	248	-824
SLV STR	290	436	91	-1316	310	-411
SLE RARA	176	454	55	-1624	183	-508
SLE FREQ	172	344	54	-1208	183	-378
SLE Q.P.	169	183	53	169	183	53

Sollecitazioni all'incastro della mensola a metro lineare:

Lunghezza di ripartizione 3.1375 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	140.1	204.2	43.8	-840.8	78.9	-262.8
SLV STR	92.6	138.9	28.9	-419.3	98.7	-131.0
SLE RARA	56.0	144.6	17.5	-517.7	58.5	-161.8
SLE FREQ	54.9	109.8	17.2	-385.0	58.5	-120.3
SLE Q.P.	53.9	58.5	16.8	53.9	58.5	16.8

## 10.2 Verifica a pressoflessione

Spessore:	150cm
Copriferro:	40mm
Armatura longitudinale estradosso:	$\phi 24/20$ (con infittimento a $\phi 24/10$ sui pali)
Armatura longitudinale intradosso:	$\phi 24/20$

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

### 10.2.1 SLU

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

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

Il dimensionamento viene condotto per il palo maggiormente sollecitato.

Essendo tale palo un palo di spigolo la sua azione, al fine di riportarla ad un carico a metro lineare, è stata divisa per la seguente distanza: 3.14m (distanza tra bordo fondazione e interasse pali in direzione trasversale (Y)).

#### Tirante-Puntone

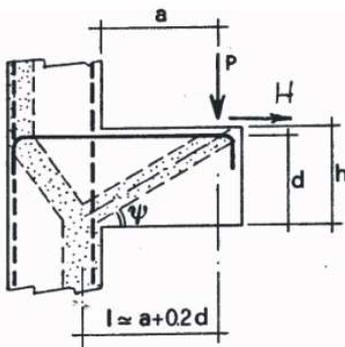


Figura 15: meccanismo di tirante-puntone

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

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)	137	91	Reazione palo
H (kN)	641	436	Azione tagliante orizzontale
Azioni a ml di fondazione			
P/ml (kN/m)	43.8	28.9	
H/ml (kN/m)	204.2	138.9	
$A_s$	2260.8	mm <sup>2</sup> /m	$\phi$ 24 / 20
$f_{yd}$	391.3	MPa	

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLV10404001	A	79 di 99

d	1.45	m	
a	3.2	m	
l=a+0.2d	3.49	m	
R <sub>s</sub> (kN/m)	330.30	330.33	Resistenza tirante armatura = (A <sub>s</sub> *f <sub>yd</sub> -H)*0.9*d/L
<b>R<sub>s</sub>&gt;=P</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	
<b>FS=</b>	<b>7.54</b>	<b>11.42</b>	
f <sub>cd</sub>	14.11	MPa	
λ=L/d	2.41		
b	1	m	
c	1.5		
R <sub>c</sub>	1800.7	kN/m	Resistenza biella calcestruzzo = 0.4*b*d*f <sub>cd</sub> *c/(1+λ <sup>2</sup> )
<b>R<sub>c</sub>&gt;=R<sub>s</sub></b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	
<b>FS=</b>	<b>5.45</b>	<b>5.45</b>	

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

	SLV STR	SLE RARA	
P (kN)	-824	-411	Reazione palo
H (kN)	248	310	Azione tagliante orizzontale
Azioni a ml di fondazione			
P/ml (kN/m)	-262.8	-131.0	
H/ml (kN/m)	78.9	98.7	
A <sub>s</sub>	2260.8	mm <sup>2</sup> /m	φ 24 / 20
f <sub>yd</sub>	391.3	MPa	
d	1.45	m	
a	3.2	m	
l=a+0.2d	3.49	m	
R <sub>s</sub> (kN/m)	330.35	330.34	Resistenza tirante armatura = (A <sub>s</sub> *f <sub>yd</sub> -H)*0.9*d/L
<b>R<sub>s</sub>&gt;=P</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	
<b>FS=</b>	<b>1.26</b>	<b>2.52</b>	
f <sub>cd</sub>	14.11	MPa	
λ=L/d	2.41		
b	1	m	
c	1.5		
R <sub>c</sub>	1800.7	kN/m	Resistenza biella calcestruzzo = 0.4*b*d*f <sub>cd</sub> *c/(1+λ <sup>2</sup> )
<b>R<sub>c</sub>&gt;=R<sub>s</sub></b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	
<b>FS=</b>	<b>5.45</b>	<b>5.45</b>	

 <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 CLVI0404001	REV. A

### 10.2.2 SLE

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

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

#### 10.2.2.1 Stato limite di formazione delle fessure

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

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

	Comb.	Comb.
	$N_{max}$	$N_{min}$
$\sigma_{c\_RARA}$ (MPa)	-0.23	-1.27

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

#### 10.2.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

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

Per tali combinazioni deve risultare:

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

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

In particolare si ha:

	Comb.	Comb.
	$N_{max}$	$N_{min}$
$\sigma_{c\_RARA}$ (MPa)	0.00	2.37
$\sigma_{c\_QuasiPERM}$ (MPa)	0.14	0.14

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

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

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

Si ha:

	Comb.	Comb.
	N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>
$\sigma_{s\_RARA}$ (MPa)	-49.69	-179.40

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: 263 kN/m (SLU STR)

Senza specifica armatura a taglio

Altezza utile (d)	1428	mm
k	1.37	
$f_{ck}$	24.90	MPa
$A_{sl}$	22.7	cmq
$b_w$	1.00	m
$r_l$	0.00159	-
$S_{cp}$	0.0	MPa
$V_{min}$	0.281	MPa
V1	372.4	kN
V2	401.8	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	<b>401.8</b>	kN
Taglio agente	263.0	kN
Verifica soddisfatta	<b>FS</b>	<b>1.53</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>	316	0	0	119	0
<i>g2</i>	<i>Sovraccarichi permanenti impalcato</i>	859	0	0	322	0
GRUPPO 1a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2008	232	210	1631	-445
GRUPPO 1b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2008	224	210	1600	-445
GRUPPO 1c	LM71+LM71 LM71 in F	2096	141	220	1318	-282
GRUPPO 1d	LM71+LM71 LM71 in A	2096	232	220	1664	-282
GRUPPO 1e	LM71 in F	1048	141	110	925	-2237
GRUPPO 1f	LM71 in A	1048	232	110	1271	-2237
GRUPPO 1g	SW2 in F	960	224	100	1207	-2048
GRUPPO 1h	SW2 in A	960	211	100	1158	-2048
GRUPPO 3a	LM71+SW2 LM71 in A o F	2008	465	105	2509	-311
GRUPPO 3b	LM71+SW2 SW2 in A o F	2008	448	105	2446	-311
GRUPPO 3c	LM71+LM71 LM71 in F	2096	282	110	1851	-141
GRUPPO 3d	LM71+LM71 LM71 in A	2096	465	110	2542	-141
GRUPPO 3e	LM71 in F	1048	282	50	1457	-2160
GRUPPO 3f	LM71 in A	1048	465	50	2149	-2160
GRUPPO 3g	SW2 in F	960	448	50	2053	-1984
GRUPPO 3h	SW2 in A	960	422	50	1957	-1984
GRUPPO 2	<i>Treno scarico</i>	64	0	100	24	0
GRUPPO 4a	LM71+SW2 LM71 in A o F	1205	279	126	1506	-267
GRUPPO 4b	LM71+SW2 SW2 in A o F	1205	269	126	1468	-267
GRUPPO 4c	LM71+LM71 LM71 in F	1258	169	132	1110	-169
GRUPPO 4d	LM71+LM71 LM71 in A	1258	279	132	1525	-169
GRUPPO 4e	LM71 in F	838	225	88	1166	-1790
GRUPPO 4f	LM71 in A	838	372	88	1719	-1790
GRUPPO 4g	SW2 in F	768	358	80	1643	-1638
GRUPPO 4h	SW2 in A	768	338	80	1565	-1638
<i>q5,scarico</i>	<i>Vento a ponte scarico</i>	0	0	7	0	-23
<i>q5,carico</i>	<i>Vento a ponte carico</i>	0	0	34	0	-177

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0404001	A	83 di 99

Q4	Centrifuga	0	0	0	0	0
GRUPPO 1a	Attrito dei vincoli	0	127	0	318	0
GRUPPO 1b	Attrito dei vincoli	0	127	0	318	0
GRUPPO 1c	Attrito dei vincoli	0	131	0	327	0
GRUPPO 1d	Attrito dei vincoli	0	131	0	327	0
GRUPPO 1e	Attrito dei vincoli	0	89	0	222	0
GRUPPO 1f	Attrito dei vincoli	0	89	0	222	0
GRUPPO 1g	Attrito dei vincoli	0	85	0	213	0
GRUPPO 1h	Attrito dei vincoli	0	85	0	213	0
GRUPPO 3a	Attrito dei vincoli	0	127	0	318	0
GRUPPO 3b	Attrito dei vincoli	0	127	0	318	0
GRUPPO 3c	Attrito dei vincoli	0	131	0	327	0
GRUPPO 3d	Attrito dei vincoli	0	131	0	327	0
GRUPPO 3e	Attrito dei vincoli	0	89	0	222	0
GRUPPO 3f	Attrito dei vincoli	0	89	0	222	0
GRUPPO 3g	Attrito dei vincoli	0	85	0	213	0
GRUPPO 3h	Attrito dei vincoli	0	85	0	213	0
GRUPPO 2	Attrito dei vincoli	0	50	0	124	0
GRUPPO 4a	Attrito dei vincoli	0	95	0	238	0
GRUPPO 4b	Attrito dei vincoli	0	95	0	238	0
GRUPPO 4c	Attrito dei vincoli	0	97	0	243	0
GRUPPO 4d	Attrito dei vincoli	0	97	0	243	0
GRUPPO 4e	Attrito dei vincoli	0	81	0	201	0
GRUPPO 4f	Attrito dei vincoli	0	81	0	201	0
GRUPPO 4g	Attrito dei vincoli	0	78	0	194	0
GRUPPO 4h	Attrito dei vincoli	0	78	0	194	0
q6,vert, z	Spettro Z	0	0	0	0	0
Spettro X	Spettro X	0	171	0	662	0
Spettro X	Spettro X	0	171	0	662	0
Spettro X	Spettro X	0	167	0	638	0
Spettro X	Spettro X	0	167	0	638	0
Spettro X	Spettro X	0	148	0	529	0
Spettro X	Spettro X	0	148	0	529	0
Spettro X	Spettro X	0	152	0	553	0
Spettro X	Spettro X	0	152	0	553	0
Spettro X	Spettro X	0	171	0	662	0
Spettro X	Spettro X	0	171	0	662	0
Spettro X	Spettro X	0	167	0	638	0
Spettro X	Spettro X	0	167	0	638	0

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10404001	A	84 di 99

Spettro X	Spettro X	0	148	0	529	0
Spettro X	Spettro X	0	148	0	529	0
Spettro X	Spettro X	0	152	0	553	0
Spettro X	Spettro X	0	152	0	553	0
Spettro X	Spettro X	0	129	0	420	0
Spettro Y	Spettro Y	0	0	150	0	-166
Spettro Y	Spettro Y	0	0	150	0	-166
Spettro Y	Spettro Y	0	0	148	0	-160
Spettro Y	Spettro Y	0	0	148	0	-160
Spettro Y	Spettro Y	0	0	138	0	-129
Spettro Y	Spettro Y	0	0	138	0	-129
Spettro Y	Spettro Y	0	0	140	0	-136
Spettro Y	Spettro Y	0	0	140	0	-136
Spettro Y	Spettro Y	0	0	150	0	-166
Spettro Y	Spettro Y	0	0	150	0	-166
Spettro Y	Spettro Y	0	0	148	0	-160
Spettro Y	Spettro Y	0	0	148	0	-160
Spettro Y	Spettro Y	0	0	138	0	-129
Spettro Y	Spettro Y	0	0	138	0	-129
Spettro Y	Spettro Y	0	0	140	0	-136
Spettro Y	Spettro Y	0	0	140	0	-136
Spettro Y	Spettro Y	0	0	129	0	-98
g1	Peso spalla (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	759	0	0	-39	0
g1	Rinterro interno	0	0	0	0	0
g1	Rinterro esterno	0	0	0	0	0
g1	Spinta terre (per STR)	0	513	0	650	0
q1k	Carico accidentale su plinto 50kN/mq (Nacc)	0	0	0	0	0
q1k	Spinta carico accidentale 50kN/mq	0	734	0	1394	0
g1	Spinta terre (per GEO)	0	628	0	795	0
q1k	Spinta carico accidentale 50kPa +10kPa su bandiera(per GEO)	0	897	0	1705	0
q6	Inerzia spalla dir longitudinale (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	0	83	0	131	0
q6	Inerzia spalla dir trasversale (PARAGHIAIA+PARAMENTO)	0	0	83	0	-131
q6	Inerzia terreno (rinterro interno) dir longitudinale	0	0	0	0	0
q6	Inerzia terreno (rinterro interno) dir trasversale	0	0	0	0	0
q6	Incremento di spinta sismica (per STR)	0	146	0	278	0
q6	Incremento di spinta sismica (per GEO)	0	146	0	278	0

## 11.2 Sollecitazioni al piede paramento combinate

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

	<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	2610	693	10	1420	-34
SLU_STR_02	5522	2285	335	6284	-805
SLU_STR_03	5522	2273	335	6239	-805
SLU_STR_04	5650	2158	349	5844	-568
SLU_STR_05	5650	2290	349	6345	-568
SLU_STR_06	4130	2095	190	5117	-3403
SLU_STR_07	4130	2227	190	5618	-3403
SLU_STR_08	4002	2210	175	5512	-3129
SLU_STR_09	4002	2192	175	5441	-3129
SLU_STR_010	5522	2622	183	7558	-610
SLU_STR_011	5522	2598	183	7466	-610
SLU_STR_012	5650	2362	190	6615	-364
SLU_STR_013	5650	2627	190	7619	-364
SLU_STR_014	4130	2299	103	5888	-3292
SLU_STR_015	4130	2564	103	6892	-3292
SLU_STR_016	4002	2535	103	6739	-3036
SLU_STR_017	4002	2498	103	6599	-3036
SLU_STR_018	2703	1832	175	3662	-160
SLU_STR_019	5522	1221	335	4262	-805
SLU_STR_020	5522	1209	335	4217	-805
SLU_STR_021	5650	1093	349	3822	-568
SLU_STR_022	5650	1226	349	4323	-568
SLU_STR_023	4130	1031	190	3095	-3403
SLU_STR_024	4130	1163	190	3596	-3403
SLU_STR_025	4002	1146	175	3490	-3129
SLU_STR_026	4002	1127	175	3419	-3129
SLU_STR_027	5522	1558	183	5536	-610
SLU_STR_028	5522	1534	183	5444	-610
SLU_STR_029	5650	1298	190	4594	-364
SLU_STR_030	5650	1563	190	5597	-364
SLU_STR_031	4130	1235	103	3866	-3292
SLU_STR_032	4130	1500	103	4870	-3292

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0404001	A	86 di 99

SLU_STR_033	4002	1471	103	4717	-3036
SLU_STR_034	4002	1434	103	4577	-3036
SLU_STR_035	2703	767	175	1640	-160
SLV_STR_01	2335	1132	112	2791	-178
SLV_STR_02	2335	1130	112	2785	-178
SLV_STR_03	2353	1110	113	2706	-144
SLV_STR_04	2353	1129	113	2775	-144
SLV_STR_05	2143	1083	88	2498	-525
SLV_STR_06	2143	1101	88	2567	-525
SLV_STR_07	2126	1103	87	2576	-490
SLV_STR_08	2126	1101	87	2566	-490
SLV_STR_09	2335	1179	91	2967	-151
SLV_STR_010	2335	1175	91	2954	-151
SLV_STR_011	2353	1139	91	2813	-115
SLV_STR_012	2353	1175	91	2951	-115
SLV_STR_013	2143	1111	76	2604	-510
SLV_STR_014	2143	1148	76	2742	-510
SLV_STR_015	2126	1148	77	2745	-477
SLV_STR_016	2126	1143	77	2726	-477
SLV_STR_017	1946	1028	84	2189	-69
SLV_STR_018	2335	852	275	2042	-386
SLV_STR_019	2335	850	275	2035	-386
SLV_STR_020	2353	833	275	1974	-347
SLV_STR_021	2353	852	275	2043	-347
SLV_STR_022	2143	819	243	1841	-707
SLV_STR_023	2143	837	243	1910	-707
SLV_STR_024	2126	836	243	1903	-676
SLV_STR_025	2126	834	243	1893	-676
SLV_STR_026	2335	899	254	2217	-360
SLV_STR_027	2335	895	254	2205	-360
SLV_STR_028	2353	861	253	2080	-319
SLV_STR_029	2353	898	253	2218	-319
SLV_STR_030	2143	847	231	1948	-692
SLV_STR_031	2143	884	231	2086	-692
SLV_STR_032	2126	881	233	2072	-663
SLV_STR_033	2126	876	233	2053	-663
SLV_STR_034	1946	777	232	1609	-229
SLE_rara_01	1934	513	7	1052	-23
SLE_rara_02	3942	1607	230	4395	-551

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0404001	A	87 di 99

SLE_rara_03	3942	1599	230	4364	-551
SLE_rara_04	4030	1519	240	4091	-388
SLE_rara_05	4030	1610	240	4437	-388
SLE_rara_06	2982	1477	130	3594	-2343
SLE_rara_07	2982	1568	130	3939	-2343
SLE_rara_08	2894	1557	120	3866	-2154
SLE_rara_09	2894	1544	120	3818	-2154
SLE_rara_010	3942	1839	125	5274	-417
SLE_rara_011	3942	1823	125	5211	-417
SLE_rara_012	4030	1660	130	4624	-247
SLE_rara_013	4030	1843	130	5315	-247
SLE_rara_014	2982	1618	70	4126	-2267
SLE_rara_015	2982	1801	70	4818	-2267
SLE_rara_016	2894	1781	70	4713	-2090
SLE_rara_017	2894	1755	70	4616	-2090
SLE_rara_018	1998	1297	120	2594	-106
SLE_fre_01	1934	513	3	1052	-11
SLE_fre_02	3138	1254	126	3492	-267
SLE_fre_03	3138	1244	126	3455	-267
SLE_fre_04	3191	1147	132	3102	-169
SLE_fre_05	3191	1256	132	3517	-169
SLE_fre_06	2772	1186	88	3116	-1790
SLE_fre_07	2772	1333	88	3670	-1790
SLE_fre_08	2702	1316	80	3586	-1638
SLE_fre_09	2702	1296	80	3508	-1638
SLE_QP_01	1934	513	0	1052	0
SLU_GEO_01	2191	628	9	1293	-29
SLU_GEO_02	4701	2205	289	5877	-695
SLU_GEO_03	4701	2195	289	5838	-695
SLU_GEO_04	4811	2096	301	5498	-490
SLU_GEO_05	4811	2210	301	5930	-490
SLU_GEO_06	3501	2041	164	4870	-2935
SLU_GEO_07	3501	2156	164	5302	-2935
SLU_GEO_08	3391	2141	151	5210	-2698
SLU_GEO_09	3391	2125	151	5150	-2698
SLU_GEO_010	4701	2496	158	6975	-527
SLU_GEO_011	4701	2475	158	6896	-527
SLU_GEO_012	4811	2272	164	6163	-314
SLU_GEO_013	4811	2500	164	7028	-314

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLVI0404001	A	88 di 99

SLU_GEO_014	3501	2217	89	5535	-2839
SLU_GEO_015	3501	2446	89	6400	-2839
SLU_GEO_016	3391	2421	89	6269	-2618
SLU_GEO_017	3391	2389	89	6148	-2618
SLU_GEO_018	2271	1814	151	3616	-138
SLV_GEO_01	2335	1279	112	2998	-178
SLV_GEO_02	2335	1278	112	2992	-178
SLV_GEO_03	2353	1258	113	2913	-144
SLV_GEO_04	2353	1276	113	2983	-144
SLV_GEO_05	2143	1230	88	2705	-525
SLV_GEO_06	2143	1248	88	2774	-525
SLV_GEO_07	2126	1250	87	2783	-490
SLV_GEO_08	2126	1248	87	2773	-490
SLV_GEO_09	2335	1326	91	3174	-151
SLV_GEO_010	2335	1322	91	3161	-151
SLV_GEO_011	2353	1286	91	3020	-115
SLV_GEO_012	2353	1322	91	3158	-115
SLV_GEO_013	2143	1258	76	2811	-510
SLV_GEO_014	2143	1295	76	2950	-510
SLV_GEO_015	2126	1295	77	2952	-477
SLV_GEO_016	2126	1290	77	2933	-477
SLV_GEO_017	1946	1175	84	2396	-69
SLV_GEO_018	2335	999	275	2249	-386
SLV_GEO_019	2335	998	275	2242	-386
SLV_GEO_020	2353	980	275	2181	-347
SLV_GEO_021	2353	999	275	2250	-347
SLV_GEO_022	2143	966	243	2048	-707
SLV_GEO_023	2143	985	243	2118	-707
SLV_GEO_024	2126	983	243	2110	-676
SLV_GEO_025	2126	981	243	2100	-676
SLV_GEO_026	2335	1046	254	2424	-360
SLV_GEO_027	2335	1042	254	2412	-360
SLV_GEO_028	2353	1009	253	2287	-319
SLV_GEO_029	2353	1045	253	2425	-319
SLV_GEO_030	2143	994	231	2155	-692
SLV_GEO_031	2143	1031	231	2293	-692
SLV_GEO_032	2126	1028	233	2279	-663
SLV_GEO_033	2126	1023	233	2260	-663
SLV_GEO_034	1946	886	232	1690	-229

### 11.3 Verifica a pressoflessione

Spessore muro:	100cm
Copriferro:	50mm
Armatura verticale zona tesa:	φ24/15
Armatura verticale zona compressa:	φ24/20
Armatura orizzontale su ambo i lati:	φ16/20

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

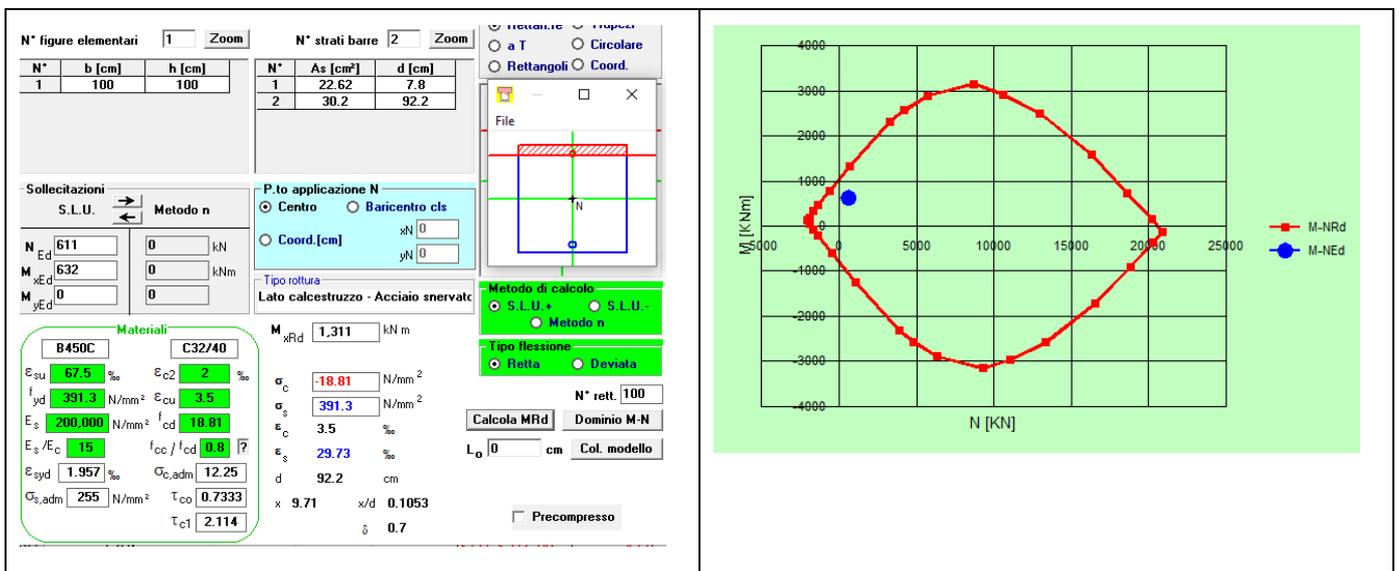
#### 11.3.1 SLU

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

Sollecitazioni di verifica:

	$N_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$
N (kN/m)	611	210	611
M (kNm/m)	632	237	824

Verifiche:



**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLV10404001	A	90 di 99

N° figure elementari  Zoom

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	7.8
2	30.2	92.2

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 210 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 237 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

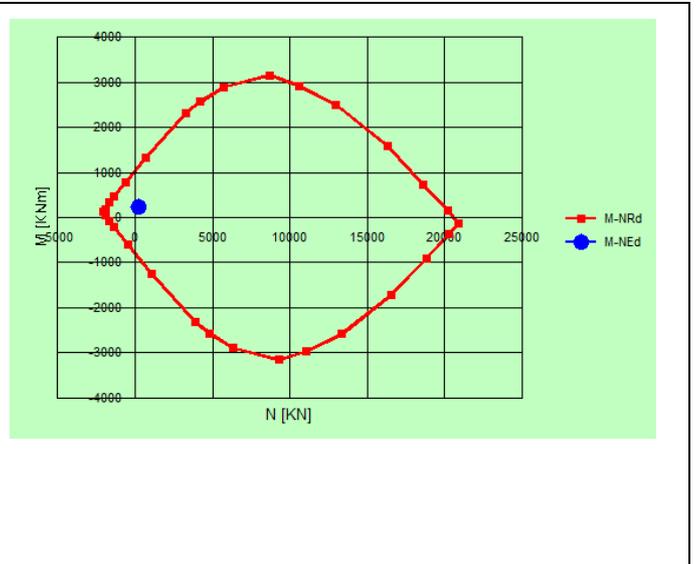
Tipo flessione  
Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N  
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> 1.141 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> 34.96 ‰  
d 92.2 cm  
x 8.39 x/d 0.09099  
δ 0.7



N° figure elementari  Zoom

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	7.8
2	30.2	92.2

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 611 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 824 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

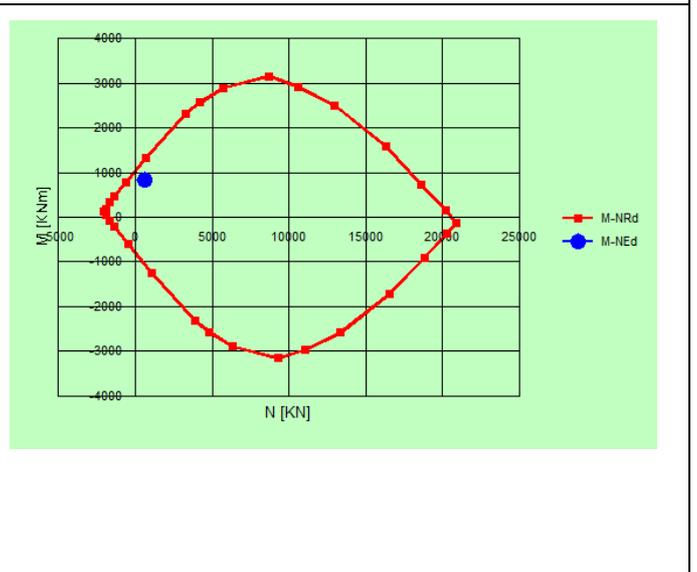
Tipo flessione  
Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N  
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> 1.311 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> 29.73 ‰  
d 92.2 cm  
x 9.71 x/d 0.1053  
δ 0.7



### 11.3.2 SLE

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

Sollecitazioni di verifica:

#### SLE RARE

	$N_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$
N (kN/m)	436	209	436
M (kNm/m)	442	114	575

#### SLE FREQUENTI

	$N_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$
N (kN/m)	345	209	300
M (kNm/m)	335	114	397

#### SLE QUASI PERMANENTI (unica combinazione)

N (kN/m)	209
M (kNm/m)	114

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

#### 11.3.2.1 Stato limite di formazione delle fessure

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

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

	Comb.	Comb.	Comb.
	$N_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$
$\sigma_{c\_RARA}$ (MPa)	-1.86	-0.39	-2.53

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

 <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 CLVI0404001	REV. A

### 11.3.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

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

Per tali combinazioni deve risultare:

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

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

In particolare si ha che:

	Comb.	Comb.	Comb.
	N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>
$\sigma_{c\_RARA}$ (MPa)	4.04	1.03	5.22
$\sigma_{c\_QuasiPERM}$ (MPa)	1.03		

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

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

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

Si ha:

	Comb.	Comb.	Comb.
	N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>
$\sigma_{s\_RARA}$ (MPa)	-109.69	-16.41	-160.57

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: 284 kN/m (SLU\_STR\_013)

Senza specifica armatura a taglio

Altezza utile (d)	918	mm
k	1.47	
f <sub>ck</sub>	33.20	MPa
A <sub>sl</sub>	30.2	cmq

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLVI0404001	A	93 di 99

$b_w$	1.00	m
$r_i$	0.00329	-
$S_{cp}$	0.0	MPa
$V_{min}$	0.358	MPa
V1	358.7	kN
V2	328.9	kN
Taglio resistente = max (V1;V2)	<b>358.7</b>	kN
Taglio agente	284	kN
Verifica soddisfatta	<b>FS</b>	<b>1.26</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	163	0	0
Spinta Terreno STR	0	239	151
Spinta Terreno GEO	0	292	185
Spinta accidentale STR	0	314	298
Spinta accidentale GEO	0	384	365
Inerzia	0	18	17
Incremento di spinta sismica STR	0	68	65
Incremento di spinta sismica GEO	0	68	65

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

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

## 12.2 Sollecitazioni al piede del paramento combinate

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

Coefficienti di combinazione:

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

Sollecitazioni al piede per unità di lunghezza:

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

## 12.1 Verifica a pressoflessione

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

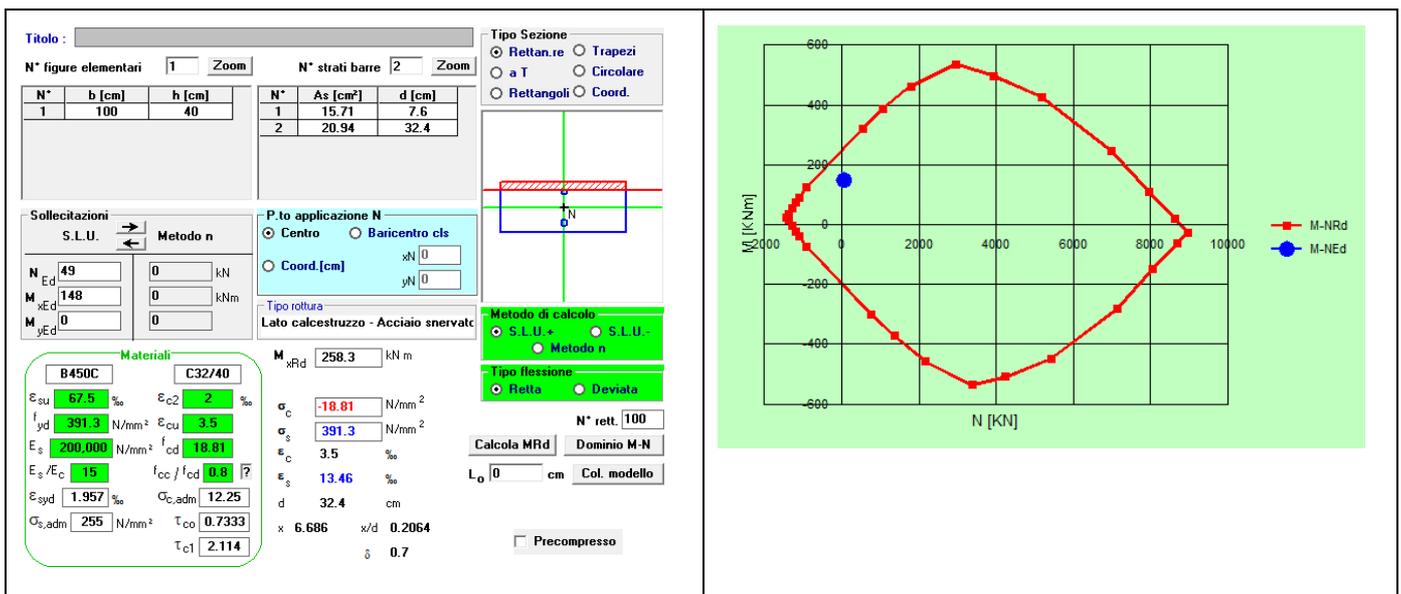
### 12.1.1 SLU

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

Sollecitazioni di verifica:

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

Verifiche:



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

N° figure elementari  Zoom    N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	40	1	15.71	7.6
			2	20.94	32.4

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 38 kN  
 M<sub>xEd</sub> 149 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta     Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd    Dominio M-N

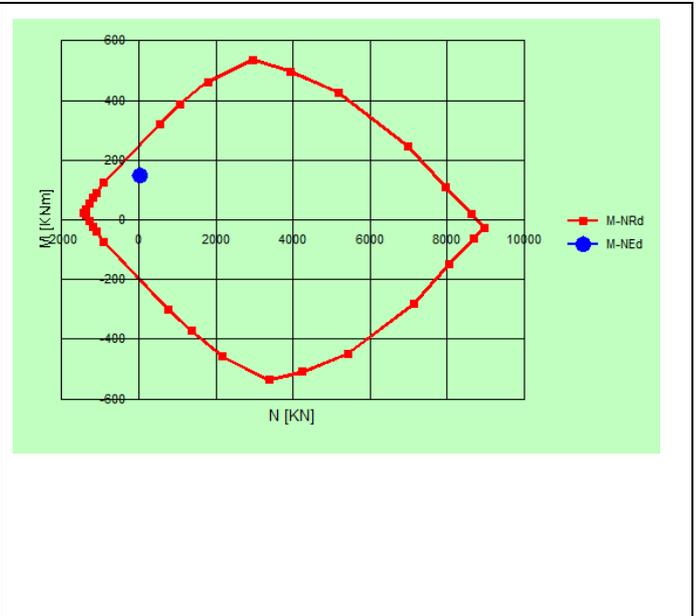
L<sub>0</sub> 0 cm    Col. modello

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	T <sub>co</sub>	0.7333
		T <sub>c1</sub>	2.114

M<sub>xRd</sub> 256.9 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> 13.54 ‰  
 d 32.4 cm  
 x 6.654    x/d 0.2054  
 δ 0.7



### 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	CLVI0404001	A	98 di 99

$S_{rm}$	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:

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

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

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:

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

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>