

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRAR:

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI  
PROGETTO ESECUTIVO

**Cavalcaferrovia Strada Interporto Rivalta Scrivia Alla Pk49+226**

**Relazione di calcolo muri di sostegno**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing.P.P.Marcheselli	

COMMESSA

A 3 0 1

LOTTO

0 X

FASE

D

ENTE

C V

TIPO DOC.

C L

OPERA/DISCIPLINA

I V 1 5 0 0

PROGR.

0 0 3

REV.

A

Progettazione:

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	K. Germanii 	08/01/2019	A. Nastasi 	08/01/2019	A. Mancarella	08/01/2019	 Consorzio Collocazione Impianti Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n.Elab.:

File: A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo</p>	<p>Foglio 2 di 59</p>

1. PREMESSA E DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	6
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
2.1. Leggi ed Ordinanze .....	6
2.2. Decreti .....	6
2.3. Circolari .....	6
2.4. Normativa per la progettazione di viadotti ed opere di scavalco ferroviarie .....	6
2.5. Eurocodici .....	7
2.6. Norme UNI .....	7
3. UNITA' DI MISURA .....	8
4. MATERIALI .....	8
4.1. Calcestruzzi .....	8
4.1.1. Calcestruzzo per sottofondazioni .....	8
4.1.2. Calcestruzzo per pali di fondazione .....	9
4.1.3. Calcestruzzo per strutture di fondazione .....	9
4.1.4. Calcestruzzo per strutture in elevazione .....	10
4.2. Acciai .....	10
4.2.1. Acciaio per barre di armatura lenta .....	10
5. ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	11
5.1. Identificazione della località e dei parametri sismici generali .....	11
5.2. Definizione della strategia progettuale .....	12
5.3. Parametri di calcolo .....	15
5.3.1. Parametri numerici sismici .....	15
5.3.2. Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica .....	15
5.3.3. Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica .....	15
5.3.4. Fattori di struttura .....	16
5.4. Definizione dello spettro di progetto elastico per lo SLV .....	17
6. MURI DI SOSTEGNO AD "U" – SPALLA "A" <b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b>	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo <table border="1" data-bbox="1353 235 1449 315"> <tr> <td>Foglio</td> </tr> <tr> <td>3 di 59</td> </tr> </table>	Foglio	3 di 59
Foglio			
3 di 59			

- 6.1. Descrizione dell'opera..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.2. Definizione dei coefficienti sismici di calcolo**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.3. Analisi dei carichi ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.3.1. Peso proprio delle strutture in cemento armato**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.3.2. Peso del terreno a tergo del muro..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.3.3. Spinta laterale dei terreni ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.3.4. Sovraccarichi accidentali ( $q_1$ )..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.3.5. Spinta dei sovraccarichi accidentali a tergo delle pareti verticali**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.3.6. Azioni sismiche ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.4. Combinazioni di carico ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.4.1. Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni quasi-permanenti..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.4.2. Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni frequenti **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.4.3. Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni caratteristiche ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.4.4. Combinazioni di carico allo Stato Limite Ultimo statiche**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.4.5. Combinazione di carico sismiche..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.5. Modello di calcolo ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.5.1. Definizione del modello di calcolo ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.5.2. Numerazione degli elementi..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.5.3. Numerazione dei nodi ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.6. Valutazione delle azioni sollecitanti ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.6.1. Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Quasi Permanenti**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.6.2. Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Frequenti**Errore. Il segnalibro non è definito.**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 4 di 59

- 6.6.3. Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio – Rare**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.6.4. Combinazioni allo Stato Limite Ultimo - ST**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.6.5. Combinazioni allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.7. Pareti verticali (b=190cm) – Verifiche strutturali**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.7.1. Valutazione delle azioni sollecitanti..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.7.2. Sezione e armatura di verifica..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.7.3. Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.7.4. Verifica allo Stato Limite di fessurazione - Combinazione quasi permanente **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.7.5. Verifica allo Stato Limite di fessurazione – Combinazione frequente**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.7.6. Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.7.7. Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.8. Pareti verticali (b=100cm) – Verifiche strutturali**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.8.1. Valutazione delle azioni sollecitanti..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.8.2. Sezione e armatura di verifica..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.8.3. Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.8.4. Verifica allo Stato Limite di fessurazione - Combinazione quasi permanente **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.8.5. Verifica allo Stato Limite di fessurazione – Combinazione frequente**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.8.6. Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.8.7. Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.9. Zattera di fondazione – Verifiche strutturali **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.9.1. Valutazione delle azioni sollecitanti..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 5 di 59

- 6.9.2. Sezione e armatura di verifica..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.9.3. Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.9.4. Verifica allo Stato Limite di fessurazione - Combinazione quasi permanente **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.9.5. Verifica allo Stato Limite di fessurazione – Combinazione frequente**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.9.6. Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.9.7. Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.10. PALI DI FONDAZIONE ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.10.1. Azioni sollecitanti di calcolo trasmesse dal muro**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.10.2. Verifica strutturale dei pali di fondazione**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.10.3. Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.10.4. Verifica allo Stato Limite di fessurazione**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.10.5. Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione**Errore. Il segnalibro non è definito.**
- 6.10.6. Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio**Errore. Il segnalibro non è definito.**
7. MURI DI SOSTEGNO AD “L” – SPALLA “B” ..... 19
- 7.1. Descrizione dell’opera..... 19
- 7.2. Definizione dei coefficienti sismici di calcolo .....20
- 7.3. Modello di calcolo e dati in input .....21
- 7.4. Valutazione delle azioni sollecitanti.....24
- 7.5. Verifica allo Stato Limite Ultimo .....29
- 7.6. Verifica allo Stato Limite di Fessurazione .....33
- 7.7. Verifiche tensionali .....37
- 7.8. PALI DI FONDAZIONE .....41
- 7.8.1. Azioni sollecitanti di calcolo trasmesse dal muro .....41
- 7.8.2. Verifica strutturale dei pali di fondazione.....48

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC</p> <p>Relazione di calcolo</p>	<p>Foglio</p> <p>6 di 59</p>

7.8.3.	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni .....	48
7.8.4.	Verifica allo Stato Limite di fessurazione.....	53
7.8.5.	Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione .....	54

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 7 di 59

## 1. PREMESSA E DESCRIZIONE DELLE OPERE

La presente relazione di calcolo riporta il dimensionamento e le verifiche strutturali dei muri di sostegno posti a tergo delle spalle del viadotto IV-15 del progetto definitivo “*Infrastrutture ferroviarie strategiche definite dalla Legge Obiettivo n.443/01 – Tratta A.V./A.C. Terzo Valico dei Giovi*”.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono stati eseguiti nel rispetto della seguente normativa italiana:

### 2.1. Leggi ed Ordinanze

- L. 05.11.1971, n. 1086, “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- L. 02.02.1974, n. 64, “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- O.P.C.M. 20.03.2003 n. 3274, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

### 2.2. Decreti

- D.M. 17.01.2018, “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- D.M. 14.01.2008, “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- D.M. 05.11.2001, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”.

### 2.3. Circolari

- Circolare 02.02.2009 n. 617/C.S.LL.PP., “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008”.
- Circ. Min. LL.PP. 04.05.1990, n. 34233., “Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali”.

### 2.4. Normativa per la progettazione di viadotti ed opere di scavalco ferroviarie

- Istruzione n° I/SC/PS-OM/2298 “Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari – Istruzioni per la progettazione e il collaudo del 2 giugno 1995.”, completo delle relative integrazioni, emanata dall’ASA SERVIZI DI INGEGNERIA delle FS il 13.1.1997.
- Istruzione 44a “Criteri per la compilazione e l’esame dei progetti di cavalcavia sulla sede ferroviaria del 5/10/92”.
- Istruzione 44b “Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica”. Testo aggiornato della istruzione 44b del 14/11/96 approvato dal Consiglio Superiore dei LL.PP.
- Prescrizioni tecniche Italferr

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 8 di 59

## 2.5. Eurocodici

- UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1 – Parte 2), “Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti”.
- UNI EN 1992-1 (Eurocodice 2 – Parte 1), “Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Regole generali”.
- UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2 – Parte 2), “Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Ponti”.
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8 – Parte 2), “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti”.

## 2.6. Norme UNI

- UNI EN 206-1:2006, “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione e conformità”.
- UNI 11104:2016, “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo

### 3. UNITA' DI MISURA

Nei calcoli si farà uso delle seguenti unità di misura:

- per i carichi:  $\text{kN/m}^2$ ,  $\text{kN/m}$ ,  $\text{kN}$
- per i momenti:  $\text{kNm}$
- per i tagli e sforzi normali:  $\text{kN}$
- per le tensioni:  $\text{N/mm}^2$
- per le accelerazioni:  $\text{m/sec}^2$

### 4. MATERIALI

#### 4.1. Calcestruzzi

##### 4.1.1. Calcestruzzo per sottofondazioni

Per la realizzazione degli strati di sottofondazione delle spalle è stato previsto l'utilizzo di un calcestruzzo di classe di resistenza **C12/15** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018			
Classe di resistenza del calcestruzzo		<b>C12/15</b>	▼
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck}$	<b>15,00</b>	$[\text{N/mm}^2]$
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck}$	<b>12,45</b>	$[\text{N/mm}^2]$
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	$f_{cm}$	<b>20,45</b>	$[\text{N/mm}^2]$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	<b>7,06</b>	$[\text{N/mm}^2]$
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	<b>1,61</b>	$[\text{N/mm}^2]$
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk}$	<b>1,13</b>	$[\text{N/mm}^2]$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	<b>0,75</b>	$[\text{N/mm}^2]$
Modulo elastico istantaneo	$E_c$	<b>22.076,01</b>	$[\text{N/mm}^2]$
Modulo elastico medio	$E_{cm}$	<b>25.978,94</b>	$[\text{N/mm}^2]$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 10 di 59

#### 4.1.2. Calcestruzzo per pali di fondazione

Per la realizzazione dei pali di fondazione delle spalle e dei muri contro terra è stato previsto l'utilizzo di un calcestruzzo di classe di resistenza **C25/30** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018			
Classe di resistenza del calcestruzzo		C25/30	▼
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck}$	<b>30,00</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck}$	<b>24,90</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	$f_{cm}$	<b>32,90</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	<b>14,11</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	<b>2,56</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk}$	<b>1,79</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	<b>1,19</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico istantaneo	$E_c$	<b>31.220,19</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico medio	$E_{cm}$	<b>30.440,77</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]

- Classe di esposizione → **XC2** (Norme UNI 11104:2016)
- Classe di resistenza minima → **C25/30** (Norme UNI 11104:2016)
- Massimo rapporto acqua/cemento → **0,60** (Norme UNI 11104:2016)
- Minimo contenuto in cemento → **300,00 kg/m<sup>3</sup>** (Norme UNI 11104:2016)
- Copriferro netto minimo → **c = 60 mm**

#### 4.1.3. Calcestruzzo per strutture di fondazione

Per la realizzazione delle zattere di fondazione dei muri contro terra è stato previsto l'utilizzo di un calcestruzzo di classe di resistenza **C28/35** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018			
Classe di resistenza del calcestruzzo		C28/35	▼
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck}$	<b>35,00</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck}$	<b>29,05</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	$f_{cm}$	<b>37,05</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	<b>16,46</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	<b>2,83</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk}$	<b>1,98</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	<b>1,32</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico istantaneo	$E_c$	<b>33.721,65</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico medio	$E_{cm}$	<b>31.670,36</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]

- Classe di esposizione → **XC2** (Norme UNI 11104:2016)
- Classe di resistenza minima → **C25/30** (Norme UNI 11104:2016)
- Massimo rapporto acqua/cemento → **0,60** (Norme UNI 11104:2016)
- Minimo contenuto in cemento → **300,00 kg/m<sup>3</sup>** (Norme UNI 11104:2016)
- Copriferro netto minimo → **c = 50 mm**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio  
11 di 59

#### 4.1.4. Calcestruzzo per strutture in elevazione

Per la realizzazione delle elevazioni dei muri contro terra è stato previsto l'utilizzo di un calcestruzzo di classe di resistenza **C28/35** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018			
Classe di resistenza del calcestruzzo		C28/35	▼
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck}$	<b>35,00</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck}$	<b>29,05</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	$f_{cm}$	<b>37,05</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	<b>16,46</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione	$f_{ctm}$	<b>2,83</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk}$	<b>1,98</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	<b>1,32</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico istantaneo	$E_c$	<b>33.721,65</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico medio	$E_{cm}$	<b>31.670,36</b>	[N/mm <sup>2</sup> ]

- Classe di esposizione → **XC2** (Norme UNI 11104:2016)
- Classe di resistenza minima → **C25/30** (Norme UNI 11104:2016)
- Massimo rapporto acqua/cemento → **0,60** (Norme UNI 11104:2016)
- Minimo contenuto in cemento → **300,00 kg/m<sup>3</sup>** (Norme UNI 11104:2016)
- Copriferro netto minimo → **c = 50 mm**

## 4.2. Acciai

### 4.2.1. Acciaio per barre di armatura lenta

Per le barre di armatura lenta degli elementi in cemento armato è stato previsto l'utilizzo di un acciaio tipo **B450C** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Tipologia di acciaio → **B450C**
- Tensione caratteristica di rottura →  $f_{tk} = 540,00 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di snervamento →  $f_{yk} = 450,00 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo →  $f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico →  $E_s = 210.000,00 \text{ N/mm}^2$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 12 di 59

## 5. ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA




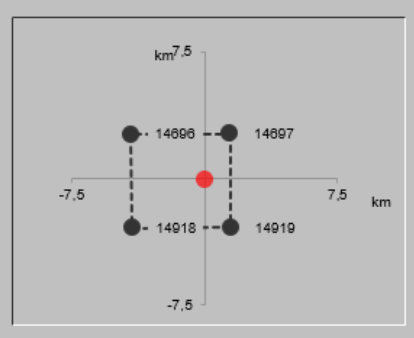
### 5.1. Identificazione della località e dei parametri sismici generali

Il viadotto oggetto della presente relazione è situato all'interno del territorio del Comune di Tortona (AL).



Il sito è definito dalle seguenti coordinate geografiche:

- Longitudine: **8,8173475**
- Latitudine: **44,8699532**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC <b>Relazione di calcolo</b>			Foglio 13 di 59
<input checked="" type="radio"/> Ricerca per coordinate		LONGITUDINE <input type="text" value="8,81735"/>	LATITUDINE <input type="text" value="44,86995"/>
<input type="radio"/> Ricerca per comune		REGIONE <input type="text" value="Piemonte"/>	PROVINCIA <input type="text" value="Alessandria"/>
		COMUNE <input type="text" value="Tortona"/>	
Elaborazioni grafiche <input type="button" value="Grafici spettri di risposta"/> <input type="button" value="Variabilità dei parametri"/>		Reticolo di riferimento 	
Elaborazioni <input type="button" value="Tabella parametri"/>		Controllo sul reticolo <input type="radio"/> Sito esterno al reticolo <input type="radio"/> Interpolazione su 3 nodi <input checked="" type="radio"/> Interpolazione corretta	
Nodi del reticolo intorno al sito 		Interpolazione <input type="text" value="superficie rigata"/>	
<input type="button" value="INTRO"/>		<input checked="" type="button" value="FASE 1"/>	
		<input type="button" value="FASE 2"/>	
		<input type="button" value="FASE 3"/>	

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".

## 5.2. Definizione della strategia progettuale

In riferimento al D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", le opere sono progettate (in funzione dell'importanza strategica dell'infrastruttura) secondo i seguenti parametri:

- Vita Nominale dell'opera: **100 anni**

**Tabella 2.4.I** – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 14 di 59

- Classe d'uso dell'opera: **IV**

#### 2.4.2 CLASSI 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.

*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.

- Coefficiente di utilizzo dell'opera: **2,00**

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

- Vita di riferimento dell'opera: **100 anni**

#### 2.4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

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  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.4.1)$$



Qui di seguito si riporta la sintesi delle scelte progettuali adottati con i tempi di ritorno dell'azione sismica identificati in funzione del singolo stato limite.

Vita nominale della costruzione (in anni) - $V_N$	<input type="text" value="100"/>	info
Coefficiente d'uso della costruzione - $c_U$	<input type="text" value="2"/>	info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - $V_R$	<input type="text" value="200"/>	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="120"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="201"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1898"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione

Stato Limite	Strategia scelta ( $T_R$ [anni])	Strategia per costruzioni ordinarie ( $T_R$ [anni])
SLO	120	~30
SLD	201	~50
SLV	1898	~500
SLC	2475	~1000

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 16 di 59

### 5.3. Parametri di calcolo

#### 5.3.1. Parametri numerici sismici

Sono stati definiti e utilizzati nei calcoli 3 differenti spettri di risposta di progetto:

- Spettro di progetto elastico valutato per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per la valutazione delle azioni sismiche dovute alla massa delle strutture, del terreno e dei sovraccarichi direttamente gravanti su di esse.

Nella tabella successiva sono riportati i parametri numerici sismici per i periodi di ritorno associati ai diversi Stati Limite:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	120	0,044	2,487	0,249
SLD	201	0,056	2,484	0,261
SLV	1898	0,141	2,455	0,279
SLC	2475	0,155	2,459	0,281

#### 5.3.2. Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica

Il terreno di fondazione è classificato simicamente come di **categoria B**.

**Tabella 3.2.II** – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

#### 5.3.3. Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 17 di 59

Considerando che il territorio si presenta essenzialmente pianeggiante e privo di significati salti di quota la categoria topografica del sito è stata assunta pari a **categoria T<sub>1</sub>**.

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

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 $i > 30^\circ$

#### 5.3.4. Fattori di struttura

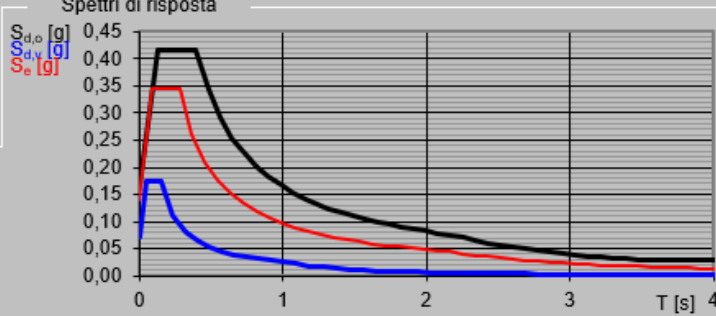
A favore di sicurezza il calcolo e le verifiche sono stati effettuati in campo elastico.

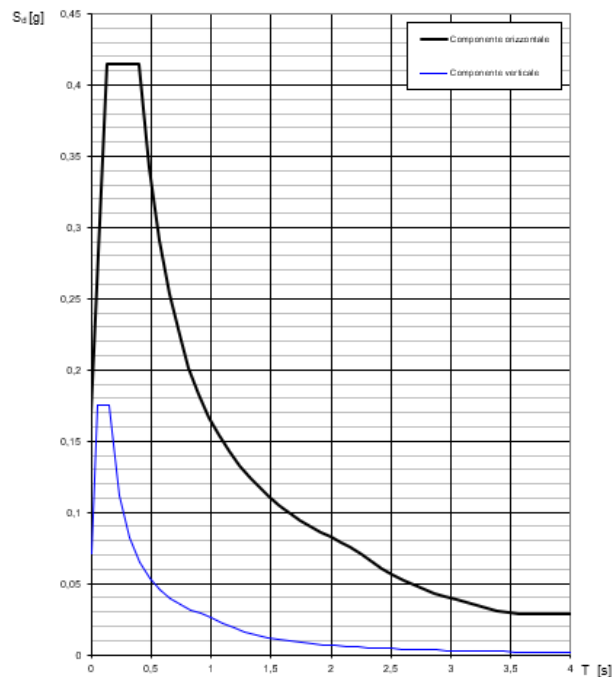
Il fattore di struttura è stato pertanto posto pari a **q = 1,00**.

Lo spettro di progetto adottato sarà pertanto identico allo spettro elastico.

#### 5.4. Definizione dello spettro di progetto elastico per lo SLV

Nell'immagine successiva è riportata la determinazione dei parametri dello spettro di risposta elastico valutato per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):

Stato Limite		Stato Limite considerato <b>SLV</b> <input type="button" value="info"/>	
Risposta sismica locale		$S_s =$ <input type="text" value="1,200"/> $C_C =$ <input type="text" value="1,419"/> <input type="button" value="info"/> $h/H =$ <input type="text" value="1,000"/> $S_T =$ <input type="text" value="1,000"/> <input type="button" value="info"/> <small>(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)</small>	
Compon. orizzontale		<input checked="" type="radio"/> Spettro di progetto elastico (SLE)     Smorzamento $\xi$ (%) <input type="text" value="5"/> $\eta =$ <input type="text" value="1,000"/> <input type="button" value="info"/> <input type="radio"/> Spettro di progetto inelastico (SLU)     Fattore $q_0$ <input type="text" value="1"/> Regol. in altezza <input type="text" value="sì"/> <input type="button" value="info"/>	
Compon. verticale		Spettro di progetto     Fattore $q$ <input type="text" value="1"/> $\eta =$ <input type="text" value="1,000"/> <input type="button" value="info"/>	
Elaborazioni		<input type="button" value="Grafici spettri di risposta"/> <input type="button" value="Parametri e punti spettri di risposta"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> Spettro di progetto - componente orizzontale <input checked="" type="checkbox"/> Spettro di progetto - componente verticale <input checked="" type="checkbox"/> Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$ )		<b>Spettri di risposta</b> 	
<b>INTRO</b>		<b>FASE 1</b>	
		<b>FASE 2</b>	
		<b>FASE 3</b>	



Nella tabella successiva sono riportati analiticamente i parametri sismici ed i valori delle accelerazioni normalizzate in funzione del periodo di vibrazione:

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

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,141 g
$F_0$	2,455
$T_0$	0,279 s
$S_s$	1,200
$C_c$	1,419
$S_T$	1,000
$q$	1,000

#### Parametri dipendenti

$S$	1,200
$\eta$	1,000
$T_b$	0,132 s
$T_c$	0,397 s
$T_D$	2,163 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_c = C_c \cdot T_0 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

$$T_b \leq T < T_c \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

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

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

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  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,169
$T_b \leftarrow$	0,132	0,415
$T_c \leftarrow$	0,397	0,415
	0,481	0,342
	0,565	0,291
	0,649	0,254
	0,733	0,224
	0,817	0,201
	0,901	0,183
	0,986	0,167
	1,070	0,154
	1,154	0,143
	1,238	0,133
	1,322	0,124
	1,406	0,117
	1,490	0,110
	1,574	0,105
	1,659	0,099
	1,743	0,094
	1,827	0,090
	1,911	0,086
	1,995	0,082
	2,079	0,079
$T_D \leftarrow$	2,163	0,076
	2,251	0,070
	2,338	0,065
	2,426	0,061
	2,513	0,056
	2,601	0,053
	2,688	0,049
	2,776	0,046
	2,863	0,043
	2,951	0,041
	3,038	0,039
	3,125	0,036
	3,213	0,034
	3,300	0,033
	3,388	0,031
	3,475	0,029
	3,563	0,028
	3,650	0,028
	3,738	0,028
	3,825	0,028
	3,913	0,028
	4,000	0,028

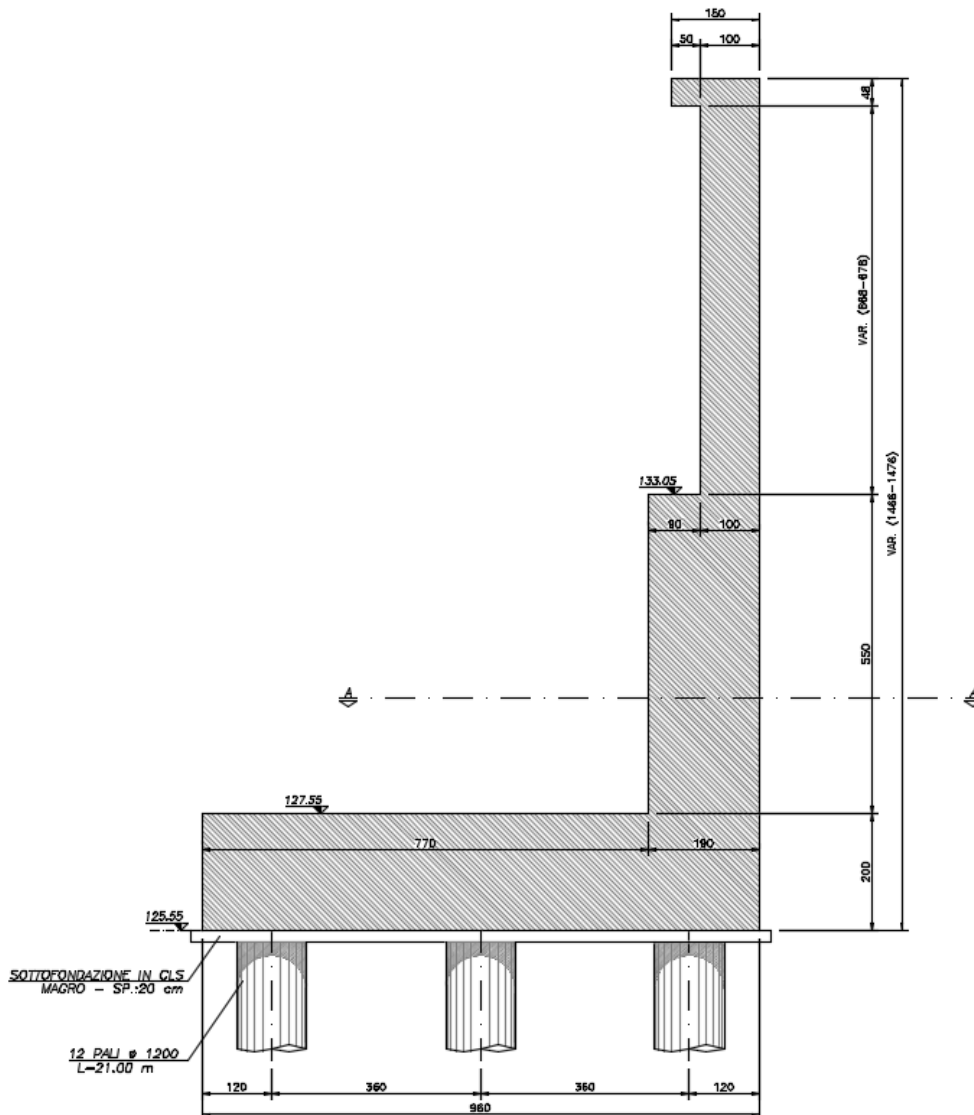
## 6. MURI DI SOSTEGNO AD "L"

### 6.1. Descrizione dell'opera

I muri a tergo delle spalle presentano una sezione trasversale ad "L" e viene interamente realizzati in cemento armato gettato in opera.

Ai fini del dimensionamento e delle verifiche strutturali e geotecniche si considerano le seguenti dimensioni della sezione trasversale del muro:

- Pareti verticali in elevazione: **100 x 726 cm**
- Pareti verticali alla base: **190 x 550 cm**
- Soletta di fondazione: **960 x 200 cm**



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 21 di 59

## 6.2. Definizione dei coefficienti sismici di calcolo

Il coefficiente sismico orizzontale è determinato mediante la seguente relazione:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

dove:

- $a_{\max}$  → accelerazione orizzontale massima attesa al sito valutata mediante la seguente formulazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g / g = S_S \cdot S_T \cdot a_g / g = 1,20 \cdot 1,00 \cdot 0,141 = 0,169$$

- $g$  → accelerazione di gravità

Il muro di sostegno può essere considerato come non libero di ruotare intorno al piede. Il coefficiente  $\beta_m$  viene pertanto determinato secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” – par. 7.11.6.2.1:

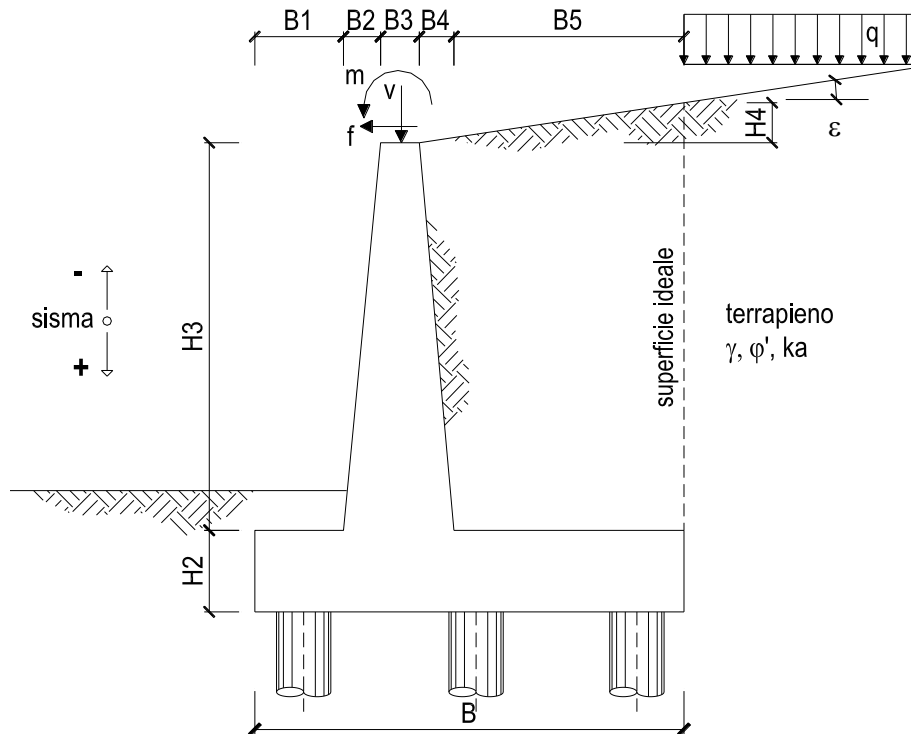
Il coefficiente  $\beta_m$  assume un valore pari all'unità per muri impediti di traslare e ruotare.

I coefficienti sismici in direzione orizzontale e verticale risultano dunque pari a:

$$K_h = 0,169$$

$$K_v = 0,0845$$

### 6.3. Modello di calcolo e dati in input



**OPERA** Esempio

#### DATI DI PROGETTO:

##### Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	12,76	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0,00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	1,00	(m)
Aggetto monte	B4 =	0,90	(m)

##### Geometria della Fondazione

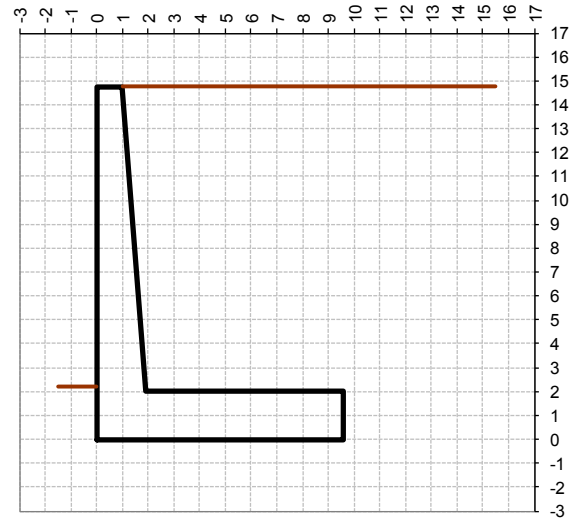
Larghezza Fondazione	B =	9,60	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	2,00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0,00	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	7,70	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	$\gamma_{cls}$ =	25,00	(kN/m <sup>3</sup> )
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

**OPERA** MURO SPALLA "B"

## Combinazioni coefficienti parziali di verifica

SLU	A1+M1	<input type="radio"/>
	A2+M2	<input type="radio"/>
SLE (DM88)		<input type="radio"/>
altro		<input checked="" type="radio"/>

 Peso Specifico del Calcestruzzo  $\gamma_{cls} = 25,00$  (kN/m<sup>3</sup>)


Carichi	Effetto	Coeff. Parziale	A1 (STR)	A2 (GEO)	SLE	altro
Permanenti	favorevole	$\gamma_G$	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,30	1,00	1,00	1,30
Variabili	favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,50	1,30	1,00	1,50

Parametro		Coeff. Parziale	M1	M2	SLE	altro
angolo d'attrito	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25	1,00	1,00
peso unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

				valori caratteristici	valori di progetto
				SLE	STR/GEO
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	$\phi'$	35,00	35,00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$	20,00	20,00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	$\delta$	23,33	23,33

Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	0,141	(-)
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	$S_S$	1,2	(-)
	Coefficiente Amplificazione Topografico	$S_T$	1	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	$\beta_s$	1	(-)
	Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0,1692	(-)
	Coefficiente sismico verticale	$k_v$	0,0846	(-)
	Muro libero di traslare o ruotare			

		SLE		STR/GEO	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	$k_a$	0,244	0,244	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	$k_{as+}$	0,347	0,347	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	$k_{as-}$	0,371	0,371	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC <b>Relazione di calcolo</b>	
Foglio 24 di 59	

<b>Carichi Agenti</b>				<b>valori caratteristici</b>		<b>valori di progetto</b>	
				<b>SLE - sisma</b>		<b>STR/GEO</b>	
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente		(kN/m <sup>2</sup> )	qp	3,30	4,29	
	Sovraccarico su zattera di monte	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no					
	Forza Orizzontale in Testa permanente		(kN/m)	fp	0,00	0,00	
	Forza Verticale in Testa permanente		(kN/m)	vp	0,00	0,00	
	Momento in Testa permanente		(kNm/m)	mp	0,00	0,00	
Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche		(kN/m <sup>2</sup> )	q	20,00	30,00	
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche		(kN/m)	f	10,00	15,00	
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche		(kN/m)	v	0,00	0,00	
	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche		(kNm/m)	m	0,00	0,00	
	Coefficienti di combinazione	condizione frequente Ψ1	0,75	condizione quasi permanente Ψ2	0,00		
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche		(kN/m <sup>2</sup> )	qs	0,00		
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	(kN/m)	fs	0,00		
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	(kN/m)	vs	0,00		
	Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche		(kNm/m)	ms	0,00		

### **CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI**

#### **Calcestruzzo**

classe cls	<input type="text" value="C28/35"/>		
Rck	35	(MPa)	
fck	28	(MPa)	
fc <sub>m</sub>	36		
E <sub>c</sub>	32308	(MPa)	
α <sub>cc</sub>	0,85		
γ <sub>c</sub>	1,50		
f <sub>cd</sub> = α <sub>cc</sub> · f <sub>ck</sub> / γ <sub>c</sub>	15,87	(MPa)	
f <sub>ctm</sub> = 0,30 · f <sub>ck</sub> <sup>2/3</sup>	2,77	(MPa)	

#### **Tensioni limite (tensioni ammissibili)**

##### condizioni statiche

σ <sub>c</sub>	11	Mpa
σ <sub>f</sub>	255	Mpa

##### condizioni sismiche

σ <sub>c</sub>	11	Mpa
σ <sub>f</sub>	255	Mpa

#### **Valore limite di apertura delle fessure**

Frequente	<input type="text" value="w2"/>	0,3	mm
Quasi Permanente	<input type="text" value="w1"/>	0,2	mm

#### **Acciaio**

tipo di acciaio	<input type="text" value="B450C"/>	
f <sub>yk</sub> =	450	(MPa)
γ <sub>s</sub>	1,15	
f <sub>yd</sub> = f <sub>yk</sub> / γ <sub>s</sub>	391,30	(MPa)

Es = 210000 (MPa)

ε<sub>ys</sub> = 0,19%

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

#### **Copriferro** (distanza asse armatura-bordo)

c = 5,30 (cm)

#### **Copriferro minimo di normativa** (ricoprimento armatura)

c<sub>min</sub> = 4,00 (cm)

#### **Interfero tra I e II strato**

l<sub>I-II</sub> = 2,60 (cm)



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC <b>Relazione di calcolo</b>		Foglio 25 di 59

## 6.4. Valutazione delle azioni sollecitanti

### FORZE VERTICALI

		SLE	STR/GEO
- Peso del Muro (Pm)			
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m) 0,00	0,00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m) 319,00	319,00
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m) 143,55	143,55
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m) 480,00	480,00
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4$	(kN/m) 942,55	942,55
- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)			
Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	(kN/m) 1965,04	1965,04
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	(kN/m) 0,00	0,00
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$	(kN/m) 114,84	114,84
Sovr =	$q_p \cdot (B4 + B5)$	(kN/m) 28,38	36,89
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr$	(kN/m) 2108,26	2116,77
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro			
Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4 + B5)$	(kN/m) 172	258
Sovr acc. Sism	$q_s \cdot (B4 + B5)$	(kN/m) 0	

### MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)			
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	(kN/m) 0,00	0,00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3)$	(kN/m) 159,50	159,50
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	(kN/m) 186,62	186,62
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	(kN/m) 2304,00	2304,00
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4$	(kN/m) 2650,12	2650,12
- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro			
Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5)$	(kN/m) 11298,98	11298,98
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5))$	(kN/m) 0,00	0,00
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4)$	(kN/m) 183,74	183,74
Msovr =	$Sovr \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 (B4 + B5))$	(kN/m) 150,41	195,54
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$	(kN/m) 11633,14	11678,26
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro			
Sovr acc. Stat	$q \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 (B4 + B5))$	(kNm/m) 911,60	1367,40
Sovr acc. Sism	$q_s \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 (B4 + B5))$	(kNm/m) 0,00	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio  
26 di 59

### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$P_s \quad h = \quad P_m \cdot k_h \quad (\text{kN/m}) \quad 159,48$$

$$P_s \quad v = \quad P_m \cdot k_v \quad (\text{kN/m}) \quad 79,74$$

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

$$P_{tsh} = \quad P_t \cdot k_h \quad (\text{kN/m}) \quad 358,16$$

$$P_{tsh} = \quad P_t \cdot k_v \quad (\text{kN/m}) \quad 179,08$$

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

$$MPs1 \quad h = \quad k_h \cdot P_m1 \cdot (H_2 + H_3/3) \quad (\text{kN/m}) \quad 0,00$$

$$MPs2 \quad h = \quad k_h \cdot P_m2 \cdot (H_2 + H_3/2) \quad (\text{kN/m}) \quad 452,31$$

$$MPs3 \quad h = \quad k_h \cdot P_m3 \cdot (H_2 + H_3/3) \quad (\text{kN/m}) \quad 151,89$$

$$MPs4 \quad h = \quad k_h \cdot P_m4 \cdot (H_2/2) \quad (\text{kN/m}) \quad 81,22$$

$$MPs \quad h = \quad MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 \quad (\text{kN/m}) \quad 685,41$$

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)

$$MPs1 \quad v = \quad k_v \cdot P_m1 \cdot (B_1 + 2/3 \cdot B_2) \quad (\text{kN/m}) \quad 0,00$$

$$MPs2 \quad v = \quad k_v \cdot P_m2 \cdot (B_1 + B_2 + B_3/2) \quad (\text{kN/m}) \quad 13,49$$

$$MPs3 \quad v = \quad k_v \cdot P_m3 \cdot (B_1 + B_2 + B_3 + B_4/3) \quad (\text{kN/m}) \quad 15,79$$

$$MPs4 \quad v = \quad k_v \cdot P_m4 \cdot (B/2) \quad (\text{kN/m}) \quad 194,92$$

$$MPs \quad v = \quad MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 \quad (\text{kN/m}) \quad 224,20$$

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

$$MPts1 \quad h = \quad k_h \cdot P_t1 \cdot (H_2 + H_3/2) \quad (\text{kNm/m}) \quad 2786,22$$

$$MPts2 \quad h = \quad k_h \cdot P_t2 \cdot (H_2 + H_3 + H_4/3) \quad (\text{kNm/m}) \quad 0,00$$

$$MPts3 \quad h = \quad k_h \cdot P_t3 \cdot (H_2 + H_3 \cdot 2/3) \quad (\text{kNm/m}) \quad 204,15$$

$$MPts \quad h = \quad MPts1 + MPts2 + MPts3 \quad (\text{kNm/m}) \quad 2990,38$$

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

$$MPts1 \quad v = \quad k_v \cdot P_t1 \cdot ((H_2 + H_3/2) - (B - B_5/2) \cdot 0.5) \quad (\text{kNm/m}) \quad 955,89$$

$$MPts2 \quad v = \quad k_v \cdot P_t2 \cdot ((H_2 + H_3 + H_4/3) - (B - B_5/3) \cdot 0.5) \quad (\text{kNm/m}) \quad 0,00$$

$$MPts3 \quad v = \quad k_v \cdot P_t3 \cdot ((H_2 + H_3 \cdot 2/3) - (B_1 + B_2 + B_3 + 2/3 \cdot B_4) \cdot 0.5) \quad (\text{kNm/m}) \quad 22,83$$

$$MPts \quad v = \quad MPts1 + MPts2 + MPts3 \quad (\text{kNm/m}) \quad 978,73$$

GENERAL CONTRACTOR  Censorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC <b>Relazione di calcolo</b>		Foglio 27 di 59

## CONDIZIONE STATICA

### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

		SLE	STR/GEO
- Spinta totale condizione statica			
St =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot ka$	(kN/m) 532,46	692,20
Sq perm =	$q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ka$	(kN/m) 11,90	15,48
Sq acc =	$q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ka$	(kN/m) 72,15	108,22
- Componente orizzontale condizione statica			
Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m) 488,93	635,61
Sqh perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 10,93	14,21
Sqh acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 66,25	99,38
- Componente verticale condizione statica			
Stv =	$St \cdot \sin \delta$	(kN/m) 210,87	274,13
Sqv perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 4,71	6,13
Sqv acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 28,57	42,86

### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

		SLE	STR/GEO
MSt1 =	$Sth \cdot ((H2+H3+H4)/3)$	(kN/m) 2405,54	3127,20
MSt2 =	$Stv \cdot B$	(kN/m) 2024,35	2631,66
MSq1 perm =	$Sqh \text{ perm} \cdot ((H2+H3+H4)/2)$	(kN/m) 80,67	104,88
MSq2 perm =	$Sqv \text{ perm} \cdot B$	(kN/m) 45,26	58,84
MSq1 acc =	$Sqh \text{ acc} \cdot ((H2+H3+H4)/2)$	(kN/m) 488,93	733,40
MSq2 acc =	$Sqv \text{ acc} \cdot B$	(kN/m) 274,30	411,45

### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext perm =	$mp + fp \cdot (H3 + H2) + vp \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m) 0,00	0,00
Mfext acc =	$m + f \cdot (H3 + H2) + v \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m) 147,60	221,40

## AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

N perm =	$Pm + Pt + vp + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$	(kN/m) 3266,39	3339,58
N acc min =	$v + Sqv \text{ acc}$	(kN/m) 28,57	42,86
N acc max =	$v + Sqv \text{ acc} + q \text{ acc}$	(kN/m) 200,57	300,86

Risultante forze orizzontali (T)

T perm =	$Sth + Sqh \text{ perm} + fp$	(kN/m) 499,86	649,82
T acc =	$Sqh \text{ acc} + f$	(kN/m) 76,25	114,38

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

MM perm =	$\Sigma M$	(kNm/m) 13866,66	13786,80
MM acc (Nmin) =	$\Sigma M$	(kNm/m) -362,23	-543,34
MM acc (Nmax) =	$\Sigma M$	(kNm/m) 549,37	824,06

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC <b>Relazione di calcolo</b>		Foglio 28 di 59

## CONDIZIONE SISMICA +

### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

		SLE	STR/GEO
- Spinta condizione sismica +			
Sst1 stat =	$0,5 \cdot \gamma^* (H2+H3+H4)^2 \cdot ka$	(kN/m) 532,46	532,46
Sst1 sism =	$0,5 \cdot \gamma^* (1+kv) \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot kas^+ - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m) 288,61	288,61
Ssq1 perm=	$qp \cdot (H2+H3+H4) \cdot kas^+$	(kN/m) 16,93	16,93
Ssq1 acc =	$qs \cdot (H2+H3+H4) \cdot kas^+$	(kN/m) 0,00	0,00
- Componente orizzontale condizione sismica +			
Sst1h stat =	$Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 488,93	488,93
Sst1h sism =	$Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 265,01	265,01
Ssq1h perm=	$Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 15,54	15,54
Ssq1h acc=	$Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 0,00	0,00
- Componente verticale condizione sismica +			
Sst1v stat =	$Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 210,87	210,87
Sst1v sism =	$Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 114,30	114,30
Ssq1v perm=	$Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 6,70	6,70
Ssq1v acc=	$Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0,00	0,00

### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

		SLE	STR/GEO
- Condizione sismica +			
MSst1 stat =	$Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4)/3)$	(kN/m) 2405,54	2405,54
MSst1 sism=	$Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4)/3)$	(kN/m) 1303,86	1303,86
MSst2 stat =	$Sst1v \text{ stat} \cdot B$	(kN/m) 2024,35	2024,35
MSst2 sism =	$Sst1v \text{ sism} \cdot B$	(kN/m) 1097,25	1097,25
MSsq1 =	$Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4)/2)$	(kN/m) 114,70	114,70
MSsq2 =	$Ssq1v \cdot B$	(kN/m) 64,35	64,35

### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 =	$mp+ms$	(kNm/m)	0,00
Mfext2 =	$(fp+fs) \cdot (H3 + H2)$	(kNm/m)	0,00
Mfext3 =	$(vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)	0,00

## AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

#### Risultante forze verticali (N)

Nmin =	$Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$	(kN/m)	3641,50	3641,50
Nmax =	$Pm+Pt+vp+vs+Sst1v+Ssq1v+Ps v+Ptsv+q \text{ acc}$	(kN/m)	3641,50	3641,50

#### Risultante forze orizzontali (T)

T =	$Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Pth$	(kN/m)	1287,12	1287,12
-----	--	--------	---------	---------

#### Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

MM (Nmin) =	$\Sigma M$	(kNm/m)	11172,25	11172,25
MM (Nmax) =	$\Sigma M$	(kNm/m)	11172,25	11172,25

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 29 di 59

## CONDIZIONE SISMICA -

### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

		SLE	STR/GEO
- Spinta condizione sismica -			
Sst1 stat =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot ka$	(kN/m) 532,46	532,46
Sst1 sism =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot kas^- - Sst1\ stat$	(kN/m) 207,65	207,65
Ssq1 perm=	$qp \cdot (H2+H3+H4) \cdot kas^-$	(kN/m) 18,08	18,08
Ssq1 acc =	$qs \cdot (H2+H3+H4) \cdot kas^-$	(kN/m) 0,00	0,00
- Componente orizzontale condizione sismica -			
Sst1h stat =	$Sst1\ stat \cdot \cos \delta$	(kN/m) 488,93	488,93
Sst1h sism =	$Sst1\ sism \cdot \cos \delta$	(kN/m) 190,67	190,67
Ssq1h perm=	$Ssq1\ perm \cdot \cos \delta$	(kN/m) 16,60	16,60
Ssq1h acc=	$Ssq1\ acc \cdot \cos \delta$	(kN/m) 0,00	0,00
- Componente verticale condizione sismica -			
Sst1v stat =	$Sst1\ stat \cdot \sin \delta$	(kN/m) 210,87	210,87
Sst1v sism =	$Sst1\ sism \cdot \sin \delta$	(kN/m) 82,23	82,23
Ssq1v perm=	$Ssq1\ perm \cdot \sin \delta$	(kN/m) 7,16	7,16
Ssq1v acc=	$Ssq1\ acc \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0,00	0,00

### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

		SLE	STR/GEO
- Condizione sismica -			
MSst1 stat =	$Sst1h\ stat \cdot ((H2+H3+H4)/3)$	(kN/m) 2405,54	2405,54
MSst1 sism=	$Sst1h\ sism \cdot ((H2+H3+H4)/3)$	(kN/m) 938,09	938,09
MSst2 stat =	$Sst1v\ stat \cdot B$	(kN/m) 2024,35	2024,35
MSst2 sism =	$Sst1v\ sism \cdot B$	(kN/m) 789,44	789,44
MSsq1 =	$Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4)/2)$	(kN/m) 122,50	122,50
MSsq2 =	$Ssq1v \cdot B$	(kN/m) 68,72	68,72

### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 =	$mp+ms$	( kNm/m )	0,00
Mfext2 =	$(fp+fs) \cdot (H3 + H2)$	( kNm/m )	0,00
Mfext3 =	$(vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	( kNm/m )	0,00

## AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

Nmin =	$Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$	(kN/m) 3092,25	3092,25
Nmax =	$Pm+Pt+vp+vs+Sst1v+Ssq1v+Ps v+Ptsv+q\ acc$	(kN/m) 3092,25	3092,25

Risultante forze orizzontali (T)

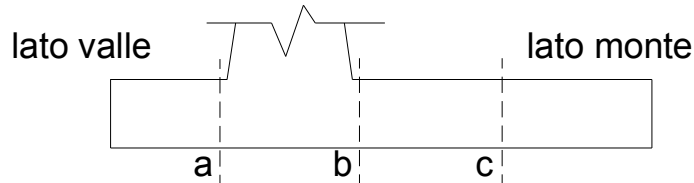
T =	$Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh$	(kN/m) 1213,83	1213,83
-----	--	----------------	---------

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

MM (Nmin) =	$\Sigma M$	(kNm/m) 11226,79	11226,79
MM (Nmax) =	$\Sigma M$	(kNm/m) 11226,79	11226,79

## 6.5. Verifica allo Stato Limite Ultimo

### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE



#### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B_1 - d_i) / i_i - PP \cdot (1 \pm k_v) \cdot B_1^2 / 2$$

$$T_a = \sum N_i / i_i - PP \cdot (1 \pm k_v)$$

$\sum$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

#### Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i \cdot (B_5 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot B_5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B_5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B_5^2 / 3] \cdot (1 \pm k_v) - (St_v + Sq_v) \cdot B_5$$

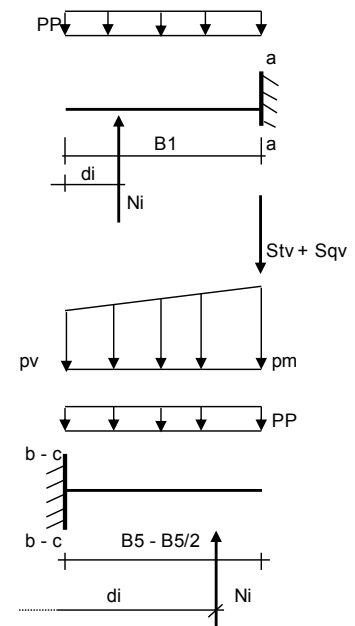
$$M_c = \sum N_i \cdot (B_5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3] \cdot (1 \pm k_v) - (St_v + Sq_v) \cdot B_5 / 2$$

$$V_b = \sum N_i / i_i - [PP \cdot B_5 + p_{vb} \cdot B_5 + (p_m - p_{vb}) \cdot B_5 / 2] \cdot (1 \pm k_v) - (St_v + Sq_v)$$

$$V_c = \sum N_i / i_i - [PP \cdot (B_5 / 2) + p_{vc} \cdot (B_5 / 2) + (p_m - p_{vc}) \cdot (B_5 / 2) / 2] \cdot (1 \pm k_v) - (St_v + Sq_v)$$

$\sum$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Peso Proprio	PP	=	50,00	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>m</sub>	=	259,49	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vb</sub>	=	259,49	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vc</sub>	=	259,49	(kN/m <sup>2</sup> )



caso	Ma	Va	Mb	Vb	Mc	Vc
	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
statico	0,00	0,00	-3765,89	-866,82	-1651,22	-802,77
sisma+	0,00	0,00	-6790,16	-1364,85	-1286,34	-1286,34
sisma-	0,00	0,00	-4286,07	-922,45	-862,47	-862,47

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

$$M_{t\ stat} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{t\ sism} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{orizz}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{orizz}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad o \cdot h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m + f \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \Sigma P m_i \cdot b_i \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \Sigma P m_i \cdot (1 \pm kv)$$

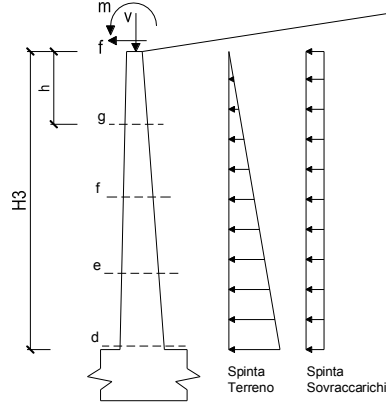
$$V_{t\ stat} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$V_{t\ sism} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{orizz}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{orizz}}) \cdot h^2$$

$$V_q = K_{a_{orizz}} \cdot q \cdot h$$

$$V_{ext} = f$$

$$V_{inerzia} = \Sigma P m_i \cdot kh$$



**condizione statica**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	12,76	2020,45	626,49	191,40	2838,34	0,00	462,55	462,55
e-e	9,57	852,38	352,40	143,55	1348,33	0,00	320,00	320,00
f-f	6,38	252,56	156,62	95,70	504,88	0,00	195,39	195,39
g-g	3,19	31,57	39,16	47,85	118,58	0,00	88,72	88,72

sezione	h	Vt	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	12,76	475,03	98,20	15,00	588,22
e-e	9,57	267,20	73,65	15,00	355,85
f-f	6,38	118,76	49,10	15,00	182,85
g-g	3,19	29,69	24,55	15,00	69,24

**condizione sismica +**

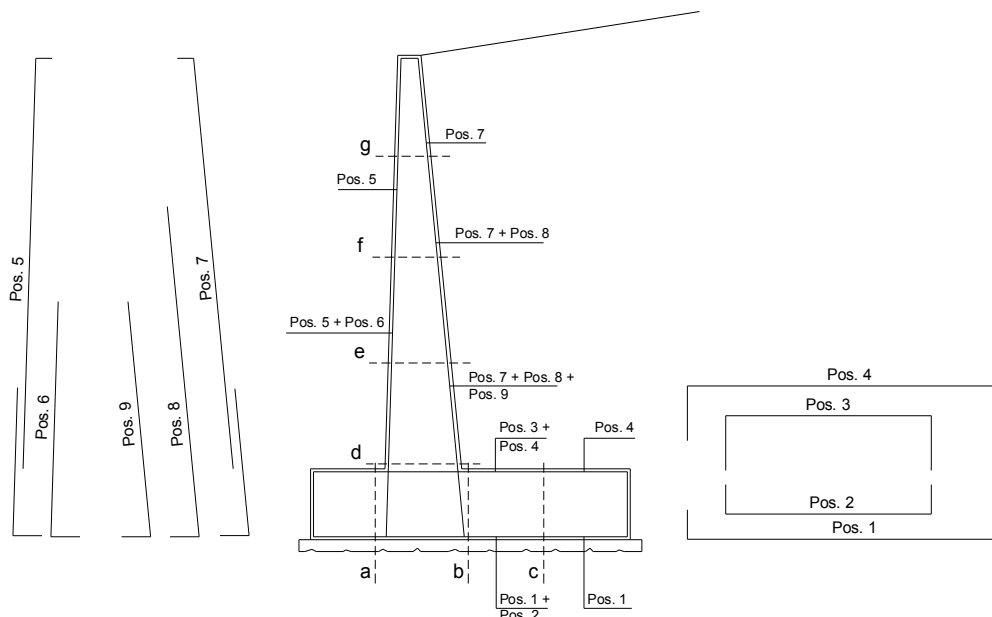
sezione	h	M <sub>t stat</sub>	M <sub>t sism</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp+inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	12,76	1554,19	917,42	85,72	0,00	447,67	3005,00	0,00	501,68	501,68
e-e	9,57	655,68	387,04	48,22	0,00	237,29	1328,22	0,00	347,07	347,07
f-f	6,38	194,27	114,68	21,43	0,00	99,00	429,39	0,00	211,92	211,92
g-g	3,19	24,28	14,33	5,36	0,00	23,14	67,11	0,00	96,23	96,23

sezione	h	V <sub>t stat</sub>	V <sub>t sism</sub>	V <sub>q</sub>	V <sub>ext</sub>	V <sub>inerzia</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	12,76	365,41	215,69	13,44	0,00	78,26	672,80
e-e	9,57	205,54	121,33	10,08	0,00	54,14	391,09
f-f	6,38	91,35	53,92	6,72	0,00	33,06	185,05
g-g	3,19	22,84	13,48	3,36	0,00	15,01	54,69

**condizione sismica -**

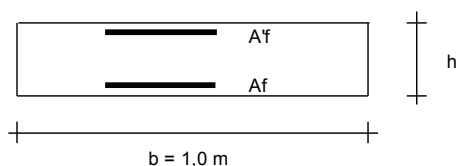
sezione	h	M <sub>t stat</sub>	M <sub>t sism</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp+inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	12,76	1554,19	660,06	91,55	0,00	447,67	2753,46	0,00	423,42	423,42
e-e	9,57	655,68	278,46	51,50	0,00	237,29	1222,92	0,00	292,93	292,93
f-f	6,38	194,27	82,51	22,89	0,00	99,00	398,67	0,00	178,86	178,86
g-g	3,19	24,28	10,31	5,72	0,00	23,14	63,46	0,00	81,22	81,22

sezione	h	V <sub>t stat</sub>	V <sub>t sism</sub>	V <sub>q</sub>	V <sub>ext</sub>	V <sub>inerzia</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	12,76	365,41	155,19	14,35	0,00	78,26	613,20
e-e	9,57	205,54	87,29	10,76	0,00	54,14	357,74
f-f	6,38	91,35	38,80	7,17	0,00	33,06	170,38
g-g	3,19	22,84	9,70	3,59	0,00	15,01	51,14

**SCHEMA DELLE ARMATURE****ARMATURE**

pos	n°/ml	φ	Il strato	pos	n°/ml	φ	Il strato
1	10,0	26		5	10,0	20	
2	0,0	0	<input type="checkbox"/>	6	0,0	0	<input type="checkbox"/>
3	10,0	26	<input checked="" type="checkbox"/>	7	10,0	26	
4	20,0	26		8	10,0	26	<input checked="" type="checkbox"/>
				9	0,0	0	<input type="checkbox"/>

Calcola

**VERIFICHE**

a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
e-e	pos 5-6-7-8-9
f-f	pos 5-7-8
g-g	pos 5-7

L'armatura della fondazione rappresentata nello schema precedente è costituita da:

- **Ø26/10** superiori (primo strato)
- **Ø26/10** superiori (secondo strato)
- **Ø26/10** superiori (terzo strato)
- **Ø26/10** inferiori

L'armatura a taglio è costituita da cavallotti **Ø26/40x80**.

L'armatura verticale è del paramento verticale del muro è costituita da:

- **Ø26/10** interni (primo strato)
- **Ø26/10** interni (secondo strato)
- **Ø20/10** esterni

Non è prevista alcuna specifica armatura a taglio. Sono state comunque disposte spille di legatura **Ø10/40x40**.



## Relazione di calcolo

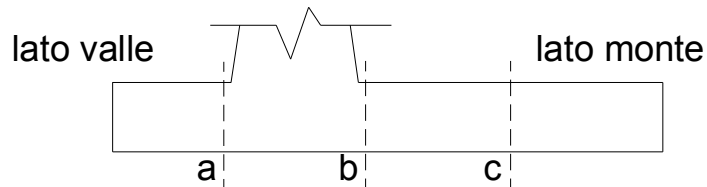
Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu	Mu/M
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(-)
a - a	0,00	0,00	2,00	159,28	53,09	3967,03	#DIV/0!
b - b	-6790,16	0,00	2,00	159,28	53,09	11313,05	1,67
c - c	-1651,22	0,00	2,00	106,19	53,09	7815,42	4,73
d - d	3005,00	501,68	1,90	106,19	31,42	7584,31	2,52
e - e	1348,33	320,00	1,68	106,19	31,42	6487,01	4,81
f - f	504,88	195,39	1,45	106,19	31,42	5456,00	10,81
g - g	118,58	88,72	1,23	53,09	31,42	2387,02	20,13

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

Sez.	V <sub>Ed</sub>	h	V <sub>rd</sub>	ø staffe	i orizz.	i vert.	θ	V <sub>Rsd</sub>	
(-)	(kN)	(m)	(kN)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN)	
a - a	0,00	2,00	876,20	26	40	80	21,8	2844,13	Armatura a taglio non necessaria
b - b	1364,85	2,00	876,20	26	40	80	21,8	2844,13	Sezione verificata
c - c	1286,34	2,00	765,43	26	40	80	21,8	2844,13	Sezione verificata
d - d	672,80	1,90	816,94	10	40	40	21,8	798,24	Armatura a taglio non necessaria
e - e	391,09	1,68	739,90	10	40	40	21,8	701,00	Armatura a taglio non necessaria
f - f	185,05	1,45	668,59	10	40	40	21,8	603,76	Armatura a taglio non necessaria
g - g	69,24	1,23	476,22	10	40	40	21,8	506,52	Armatura a taglio non necessaria

## 6.6. Verifica allo Stato Limite di Fessurazione

### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE



#### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B_1 - d_i) / i_i - PP \cdot (1 \pm kv) \cdot B_1^2 / 2$$

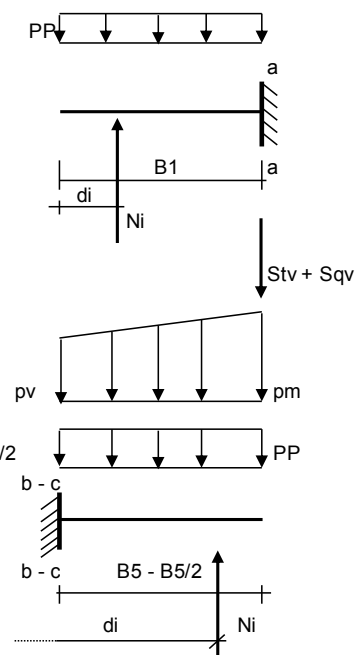
$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

#### Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i \cdot (B_5 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot B_5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B_5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B_5^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (St_v + Sq_v) \cdot B_5$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B_5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (St_v + Sq_v) \cdot B_5 / 2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola



Peso Proprio	PP	=	50,00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pm	=	258,50	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vb</sub>	=	258,50	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vc</sub>	=	258,50	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
FR	0,00	-2697,64	-1126,91
Q.P.	0,00	-2426,66	-1007,99

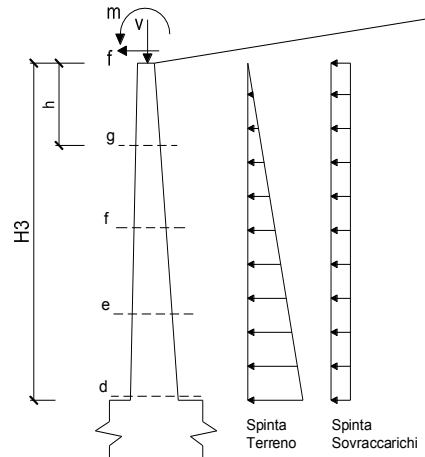
**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO****Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m + f \cdot h$$

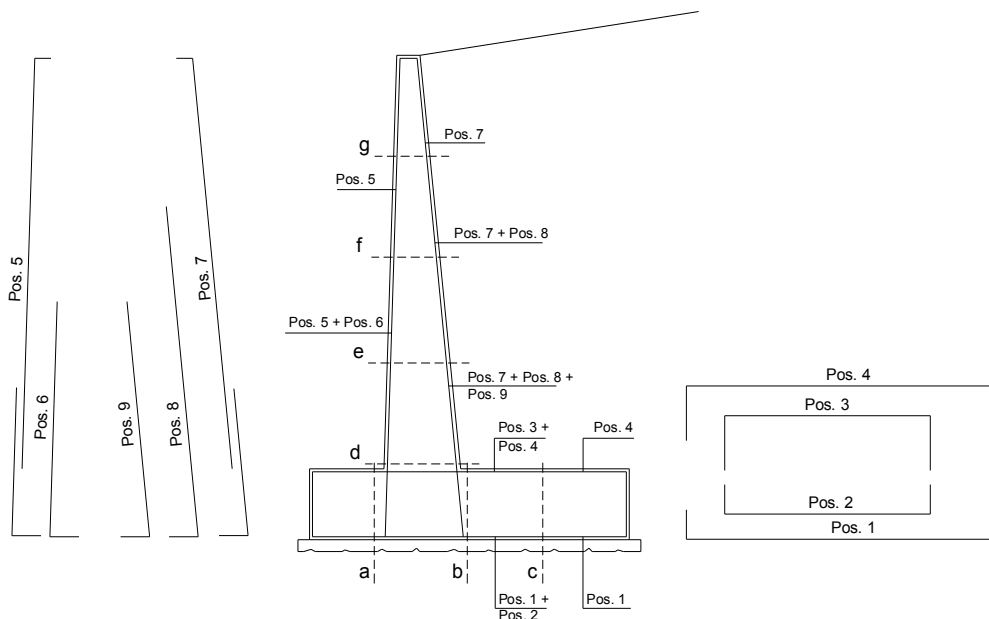
$$N_{ext} = v$$

**condizione Frequente**

sezione	h	M <sub>t</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	12,76	1554,19	334,35	95,70	1984,24	0,00	462,55	462,55
e-e	9,57	655,68	188,07	71,78	915,52	0,00	320,00	320,00
f-f	6,38	194,27	83,59	47,85	325,71	0,00	195,39	195,39
g-g	3,19	24,28	20,90	23,93	69,11	0,00	88,72	88,72

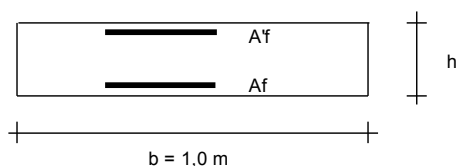
**condizione Quasi Permanente**

sezione	h	M <sub>t</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	12,76	1554,19	60,29	0,00	1614,48	0,00	462,55	462,55
e-e	9,57	655,68	33,91	0,00	689,59	0,00	320,00	320,00
f-f	6,38	194,27	15,07	0,00	209,35	0,00	195,39	195,39
g-g	3,19	24,28	3,77	0,00	28,05	0,00	88,72	88,72

**SCHEMA DELLE ARMATURE****ARMATURE**

pos	n°/ml	φ	Il strato	pos	n°/ml	φ	Il strato
1	10,0	26		5	10,0	20	
2	0,0	0	<input type="checkbox"/>	6	0,0	0	<input type="checkbox"/>
3	10,0	26	<input checked="" type="checkbox"/>	7	10,0	26	<input checked="" type="checkbox"/>
4	20,0	26		8	10,0	26	<input checked="" type="checkbox"/>
				9	0,0	0	<input type="checkbox"/>

Calcola

**VERIFICHE**

a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
e-e	pos 5-6-7-8-9
f-f	pos 5-7-8
g-g	pos 5-7

L'armatura della fondazione rappresentata nello schema precedente è costituita da:

- **Ø26/10** superiori (primo strato)
- **Ø26/10** superiori (secondo strato)
- **Ø26/10** superiori (terzo strato)
- **Ø26/10** inferiori

L'armatura a taglio è costituita da cavallotti **Ø26/40x80**.

L'armatura verticale è del paramento verticale del muro è costituita da:

- **Ø26/10** interni (primo strato)
- **Ø26/10** interni (secondo strato)
- **Ø20/10** esterni

Non è prevista alcuna specifica armatura a taglio. Sono state comunque disposte spille di legatura **Ø10/40x40**.

## condizione Frequente

Sez.	M	N	h	A <sub>f</sub>	A' <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>	w <sub>k</sub>	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	0,00	0,00	2,00	159,28	53,09	0,00	0,00	0,000	0,300
b - b	-2697,64	0,00	2,00	159,28	53,09	3,67	98,21	0,068	0,300
c - c	-1126,91	0,00	2,00	106,19	53,09	1,73	59,66	0,035	0,300
d - d	1984,24	462,55	1,90	106,19	31,42	3,80	96,23	0,070	0,300
e - e	915,52	320,00	1,68	106,19	31,42	2,21	48,24	0,028	0,300
f - f	325,71	195,39	1,45	106,19	31,42	1,04	17,97	0,011	0,300
g - g	69,11	88,72	1,23	53,09	31,42	0,36	5,68	0,004	0,300

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

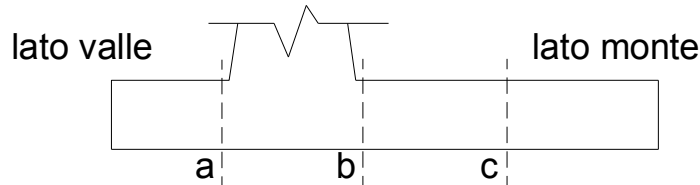
## condizione Quasi Permanente

Sez.	M	N	h	A <sub>f</sub>	A' <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>	w <sub>k</sub>	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	0,00	0,00	2,00	159,28	53,09	0,00	0,00	0,000	0,200
b - b	-2426,66	0,00	2,00	159,28	53,09	3,30	88,34	0,060	0,200
c - c	-1007,99	0,00	2,00	106,19	53,09	1,54	53,36	0,029	0,200
d - d	1614,48	462,55	1,90	106,19	31,42	3,13	75,13	0,049	0,200
e - e	689,59	320,00	1,68	106,19	31,42	1,70	33,54	0,020	0,200
f - f	209,35	195,39	1,45	106,19	31,42	0,70	9,30	0,005	0,200
g - g	28,05	88,72	1,23	53,09	31,42	0,16	0,38	0,000	0,200

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

## 6.7. Verifiche tensionali

### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE



#### Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B_1 - d_i) / i_i - PP \cdot (1 \pm kv) \cdot B_1^2 / 2$$

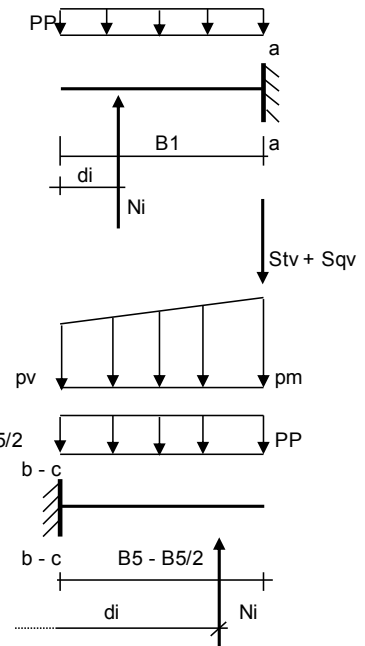
$\sum$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

#### Mensola Lato Monte

$$M_b = \sum N_i \cdot (B_5 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot B_5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B_5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B_5^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B_5$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B_5 / 2 - (B - d_i)) / i_i - [PP \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B_5 / 2$$

$\sum$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola



Peso Proprio	PP	=	50,00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pm	=	258,50	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vb</sub>	=	258,50	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vc</sub>	=	258,50	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
statico rara	0,00	-2787,96	-1166,55
sisma+	0,00	-6758,33	-2862,15
sisma-	0,00	-4259,20	-1848,36

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO****Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

$$M_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a \text{ orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a \text{ orizz.}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad o \cdot h/3$$

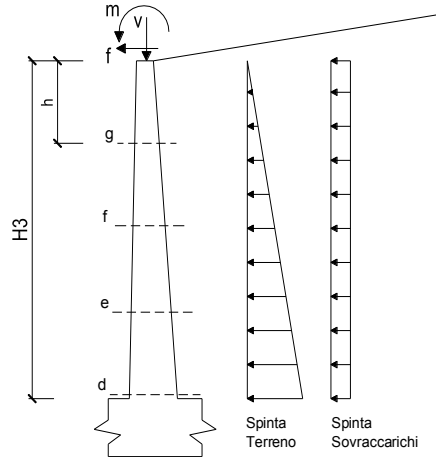
$$M_q = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m + \rho \cdot h$$

$$M_{\text{inerzia}} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_{\text{ext}} = v$$

$$N_{\text{pp+inerzia}} = \sum P m_i \cdot (1 \pm kv)$$

**condizione statica**

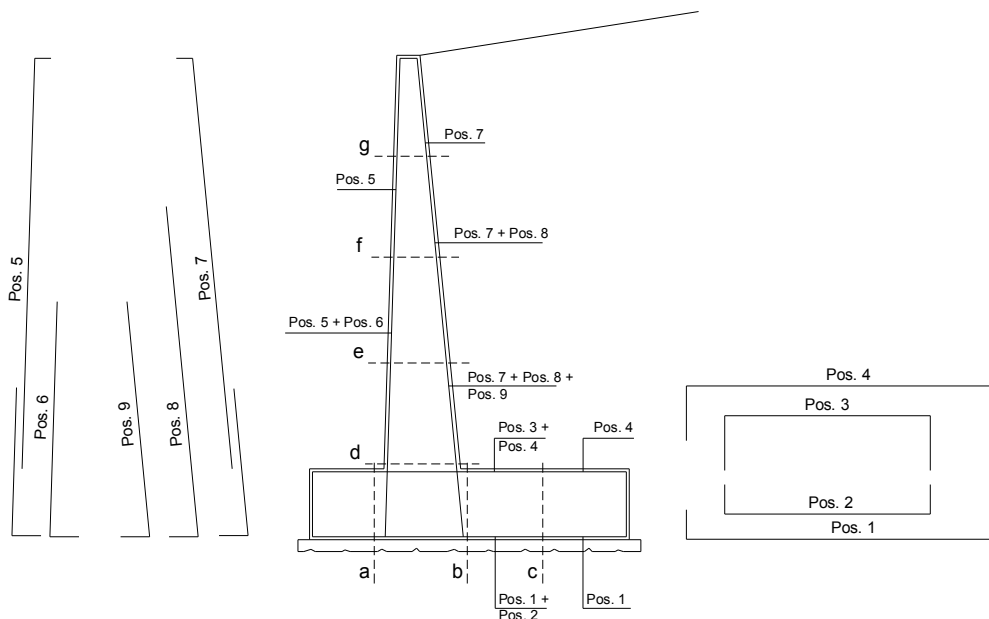
sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	12,76	1554,19	425,70	127,60	2107,49	0,00	462,55	462,55
e-e	9,57	655,68	239,46	95,70	990,83	0,00	320,00	320,00
f-f	6,38	194,27	106,42	63,80	364,50	0,00	195,39	195,39
g-g	3,19	24,28	26,61	31,90	82,79	0,00	88,72	88,72

**condizione sismica +**

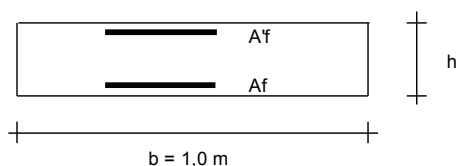
sezione	h	Mt stat	Mt sism	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp+inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	12,76	1554,19	1376,13	85,72	0,00	447,67	3463,71	0,00	501,68	501,68
e-e	9,57	655,68	580,56	48,22	0,00	237,29	1521,73	0,00	347,07	347,07
f-f	6,38	194,27	172,02	21,43	0,00	99,00	486,72	0,00	211,92	211,92
g-g	3,19	24,28	21,50	5,36	0,00	23,14	74,28	0,00	96,23	96,23

**condizione sismica -**

sezione	h	Mt stat	Mt sism	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp+inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	12,76	1554,19	660,06	91,55	0,00	447,67	2753,46	0,00	423,42	423,42
e-e	9,57	655,68	278,46	51,50	0,00	237,29	1222,92	0,00	292,93	292,93
f-f	6,38	194,27	82,51	22,89	0,00	99,00	398,67	0,00	178,86	178,86
g-g	3,19	24,28	10,31	5,72	0,00	23,14	63,46	0,00	81,22	81,22

**SCHEMA DELLE ARMATURE****ARMATURE**

pos	n°/ml	$\phi$	Il strato	pos	n°/ml	$\phi$	Il strato
1	10,0	26		5	10,0	20	
2	0,0	0	<input type="checkbox"/>	6	0,0	0	<input type="checkbox"/>
3	10,0	26	<input checked="" type="checkbox"/>	7	10,0	26	<input checked="" type="checkbox"/>
4	20,0	26		8	10,0	26	<input checked="" type="checkbox"/>
				9	0,0	0	<input type="checkbox"/>

**VERIFICHE**

a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
e-e	pos 5-6-7-8-9
f-f	pos 5-7-8
g-g	pos 5-7

L'armatura della fondazione rappresentata nello schema precedente è costituita da:

- $\varnothing 26/10$  superiori (primo strato)
- $\varnothing 26/10$  superiori (secondo strato)
- $\varnothing 26/10$  superiori (terzo strato)
- $\varnothing 26/10$  inferiori

L'armatura a taglio è costituita da cavallotti  $\varnothing 26/40 \times 80$ .

L'armatura verticale è del paramento verticale del muro è costituita da:

- $\varnothing 26/10$  interni (primo strato)
- $\varnothing 26/10$  interni (secondo strato)
- $\varnothing 20/10$  esterni

Non è prevista alcuna specifica armatura a taglio. Sono state comunque disposte spille di legatura  $\varnothing 10/40 \times 40$ .



**Condizione Statica Rara**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
a - a	0,00	0,00	2,00	159,28	53,09	0,00	0,00
b - b	-2787,96	0,00	2,00	159,28	53,09	3,79	101,49
c - c	-1166,55	0,00	2,00	106,19	53,09	1,79	61,76
d - d	2107,49	462,55	1,90	106,19	31,42	3,87	98,41
e - e	990,83	320,00	1,68	106,19	31,42	2,29	50,58
f - f	364,50	195,39	1,45	106,19	31,42	1,11	19,84
g - g	82,79	88,72	1,23	53,09	31,42	0,43	7,89

**Condizione Sismica**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
a - a	0,00	0,00	2,00	159,28	53,09	0,00	0,00
b - b	-6758,33	0,00	2,00	159,28	53,09	9,19	246,03
c - c	-2862,15	0,00	2,00	106,19	53,09	4,38	151,52
d - d	3463,71	423,42	1,90	106,19	31,42	6,45	182,49
e - e	1521,73	292,93	1,68	106,19	31,42	3,54	89,01
f - f	486,72	178,86	1,45	106,19	31,42	1,49	30,84
g - g	74,28	81,22	1,23	53,09	31,42	0,38	6,98

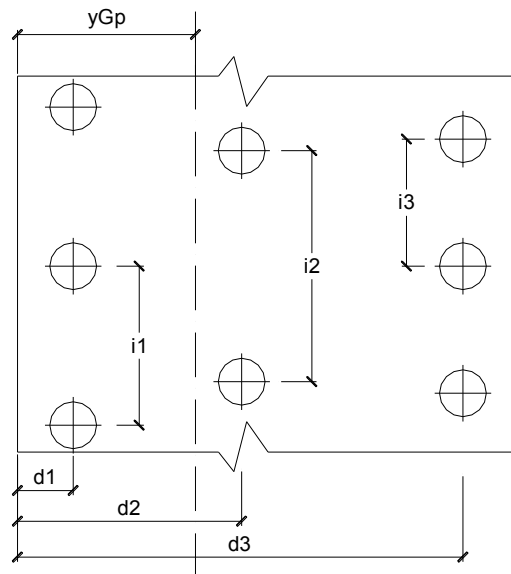
(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

## 6.8. PALI DI FONDAZIONE

### 6.8.1. Azioni sollecitanti di calcolo trasmesse dal muro

Di seguito sono riportati i valori delle azioni sollecitanti trasmesse dalla zattera di fondazione del muro e valutate in sommità dei singoli pali di fondazione.

#### Caratteristiche della Palificata



Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1)	1,20	(m)	interasse pali (i1) =	3,30	(m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2)	4,80	(m)	interasse pali (i2) =	3,30	(m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3)	8,40	(m)	interasse pali (i3) =	3,30	(m)

Asse Baricentrico della Palificata ( $y_{Gp}$ ) = 4,800 (m)

Risultante forze verticali ( $N_p = N$ )

Risultante forze orizzontali ( $T_p = T$ )

Momento rispetto al baricentro della palificata ( $M_p$ )

$M_p = y_{Gp} \cdot N_p - MM$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC <b>Relazione di calcolo</b>		Foglio 43 di 59

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata SLE / caratteristiche

caso	Np			Mp			Tp	
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
statico rara	Permanenti	Acc. Nmin	Acc. Nmax	Permanenti	Acc. Nmin	Acc. Nmax	Permanenti	Accidentali
	3266,39	28,57	200,57	1812,04	499,38	549,37	499,86	76,25
	freq.	21,43	150,4298943		374,53	412,03	57,19	
quasi perm		0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	

Sollecitazioni sui pali SLE/ caratteristiche

caso	N pali all.1		N pali all.2		N pali all.3		T pali	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
statico rara Nmin	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali
	4423,55	260,31	3593,03	31,43	2762,52	-197,45	549,85	83,88
	freq.	195,23	23,57		-148,09		62,91	
quasi perm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
statico rara Nmax	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali
	4423,55	472,43	3593,03	220,63	2762,52	-31,17	549,85	83,88
	freq.	354,32	165,47		-23,37		62,91	
quasi perm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata SLU

caso	Np		Mp		Tp	
	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
statico Nmin	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali
	3339,58	42,86	2243,20	749,07	649,82	114,38
Nmax	3339,58	300,86	2243,20	620,07		
sisma+	Nmin	3641,50	6306,95		1287,12	
	Nmax	3641,50	6306,95			
sisma-	Nmin	3092,25	3616,03		1213,83	
	Nmax	3092,25	3616,03			

Sollecitazioni sui pali SLU

caso	N pali all.1		N pali all.2		N pali all.3		T pali	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
statico Nmin	5092,15		3720,69		2349,23		840,62	
	Nmax	5316,82	4004,49		2692,16			
sisma+	Nmin	6896,33	4005,65		1114,96		1415,83	
	Nmax	6896,33	4005,65		1114,96			
sisma-	Nmin	5058,83	3401,48		1744,13		1335,22	
	Nmax	5058,83	3401,48		1744,13			

Per la valutazione dell'azione flettente in testa palo è stato utilizzato il metodo di Matlock & Reese.

Il valore del modulo di reazione orizzontale, desunto dalla relazione geotecnica, è stato assunto pari a 219.900,00 kN/m<sup>2</sup>.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 44 di 59

### 1.1.1.1. Combinazione SLE – Quasi Permanente

**Calcolo della deformata e delle sollecitazioni agenti in un palo soggetto a forza orizzontale**

*Metodo di Matlock & Reese*

**Caso di terreno con modulo costante con la profondità**

#### Caratteristiche palo

tipologia (p=palo;m=micropalo)		p
diametro (m)		1,20
		0,00
lunghezza (m)	L	21,00
modulo elastico cls (kPa)	$E_c$	31220186
modulo elastico acciaio (kPa)		31220186
modulo elastico di calcolo (kPa)	E	31220186
momento d'inerzia (m <sup>4</sup> )	I	0,102
resist. caratt. Cls (MPa)	Rck	30
tratto scalzato (m)	l	0

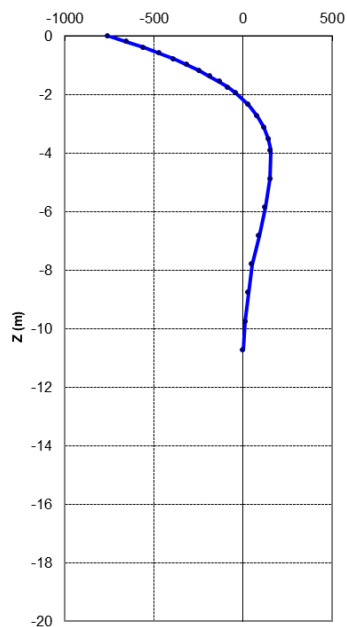
#### Caratteristiche terreno

modulo reazione orizz. (kN/m <sup>2</sup> )	$E_s$	219.900
fattore di rigidezza (m)	T	1,95
L/T	$\lambda$	10,771
coeff. di profondità max	$Z_{max}$	10,8

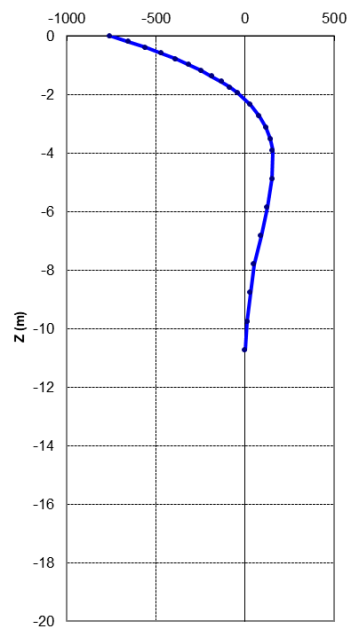
#### Carichi agenti

carico orizzontale (kN)	Vt	549,9
momento agente sup. terreno (kNm)	Mpc	-757,7
momento in testa al palo (kNm)	Mtp	-757,7

Momento flettente (kN m)



Momento flettente (kN m)



### 1.1.1.2. Combinazione SLE – Frequente

#### Calcolo della deformata e delle sollecitazioni agenti in un palo soggetto a forza orizzontale

##### Metodo di Matlock & Reese

##### Caso di terreno con modulo costante con la profondità

#### Caratteristiche palo

tipologia (p=palo;m=micropalo)		p
diámetro (m)		1,20
		0,00
lunghezza (m)	L	21,00
modulo elastico cls (kPa)	$E_c$	31220186
modulo elastico acciaio (kPa)		31220186
modulo elastico di calcolo (kPa)	E	31220186
momento d'inerzia (m <sup>4</sup> )	I	0,102
resist. caratt. Cls (MPa)	Rck	30
tratto scalzato (m)	l	0

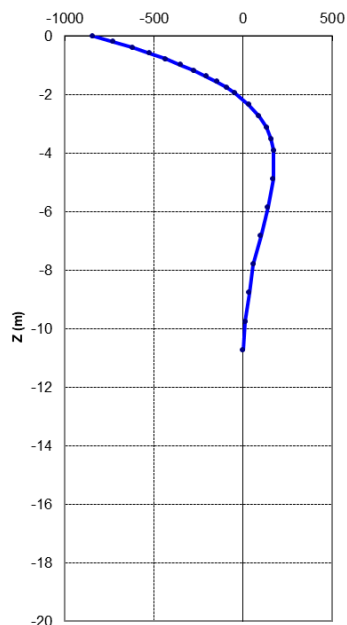
#### Caratteristiche terreno

modulo reazione orizz. (kN/m <sup>2</sup> )	$E_s$	219.900
fattore di rigidezza (m)	T	1,95
L/T	$\lambda$	10,771
coeff. di profondità max	$Z_{max}$	10,8

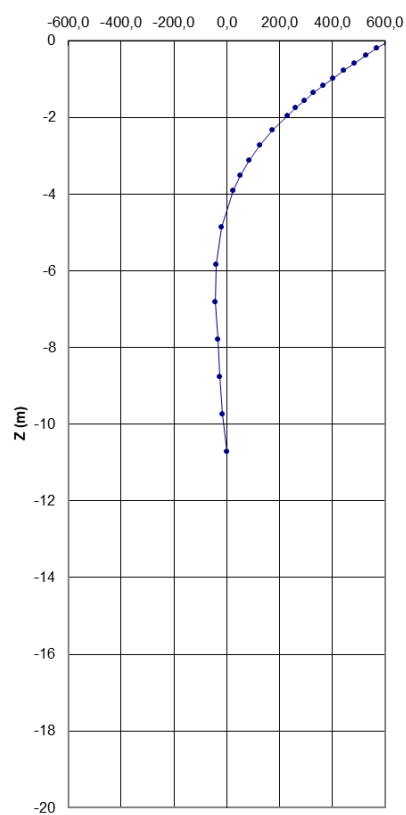
#### Carichi agenti

carico orizzontale (kN)	Vt	612,8
momento agente sup. terreno (kNm)	Mpc	-844,4
momento in testa al palo (kNm)	Mtp	-844,4

Momento flettente (kN m)



Taglio (kN)



1.1.1.3. Combinazione SLE – Rara**Calcolo della deformata e delle sollecitazioni agenti in un palo soggetto a forza orizzontale****Metodo di Matlock & Reese****Caso di terreno con modulo costante con la profondità****Caratteristiche palo**

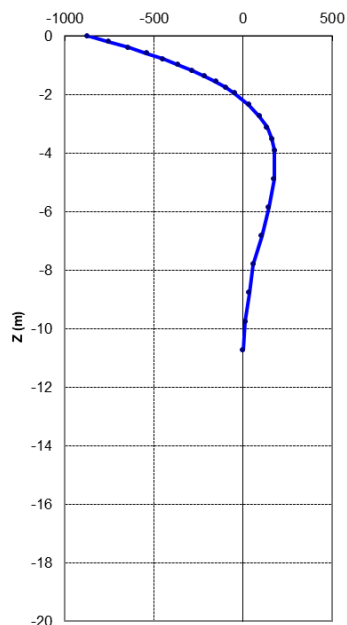
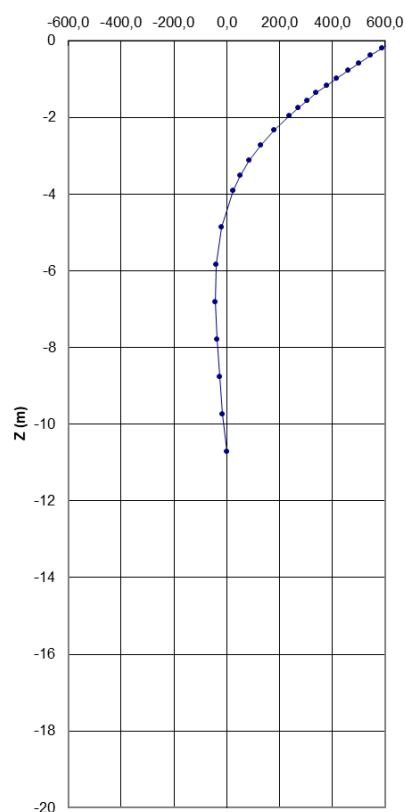
tipologia (p=palo;m=micropalo)		p
diámetro (m)		1,20
		0,00
lunghezza (m)	L	21,00
modulo elastico cls (kPa)	$E_c$	31220186
modulo elastico acciaio (kPa)		31220186
modulo elastico di calcolo (kPa)	E	31220186
momento d'inerzia (m <sup>4</sup> )	I	0,102
resist. caratt. Cls (MPa)	Rck	30
tratto scalzato (m)	l	0

**Caratteristiche terreno**

modulo reazione orizz. (kN/m <sup>2</sup> )	$E_s$	219.900
fattore di rigidezza (m)	T	1,95
L/T	$\lambda$	10,771
coeff. di profondità max	$Z_{max}$	10,8

**Carichi agenti**

carico orizzontale (kN)	Vt	633,7
momento agente sup. terreno (kNm)	Mpc	-873,3
momento in testa al palo (kNm)	Mtp	-873,3

**Momento flettente (kN m)****Taglio (kN)**

1.1.1.4. Combinazione SLU – STR**Calcolo della deformata e delle sollecitazioni agenti in un palo soggetto a forza orizzontale****Metodo di Matlock & Reese****Caso di terreno con modulo costante con la profondità****Caratteristiche palo**

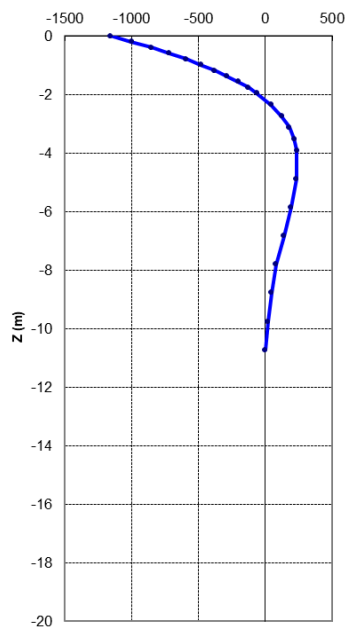
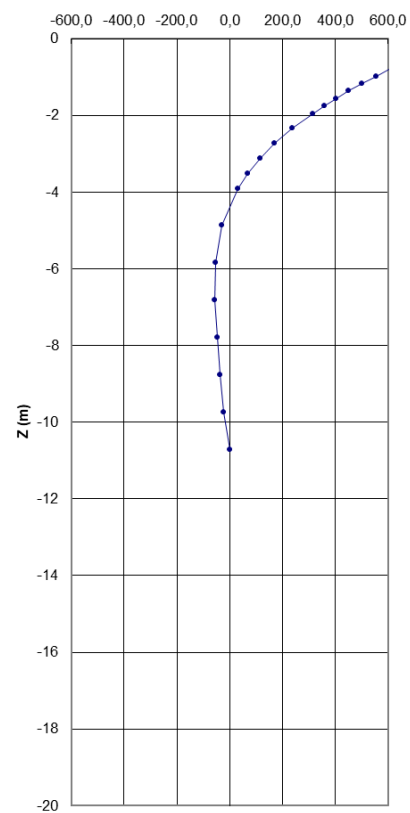
tipologia (p=palo;m=micropalo)		p
diámetro (m)		1,20
		0,00
lunghezza (m)	L	21,00
modulo elastico cls (kPa)	$E_c$	31220186
modulo elastico acciaio (kPa)		31220186
modulo elastico di calcolo (kPa)	E	31220186
momento d'inerzia (m <sup>4</sup> )	I	0,102
resist. caratt. Cls (MPa)	Rck	30
tratto scalzato (m)	l	0

**Caratteristiche terreno**

modulo reazione orizz. (kN/m <sup>2</sup> )	$E_s$	219.900
fattore di rigidezza (m)	T	1,95
L/T	$\lambda$	10,771
coeff. di profondità max	$Z_{max}$	10,8

**Carichi agenti**

carico orizzontale (kN)	Vt	840,6
momento agente sup. terreno (kNm)	Mpc	-1.158,4
momento in testa al palo (kNm)	Mtp	-1158,4

**Momento flettente (kN m)****Taglio (kN)**

1.1.1.5. Combinazione SLV**Calcolo della deformata e delle sollecitazioni agenti in un palo soggetto a forza orizzontale****Metodo di Matlock & Reese****Caso di terreno con modulo costante con la profondità****Caratteristiche palo**

tipologia (p=palo;m=micropalo)		<b>p</b>
diámetro (m)		<b>1,20</b>
		<b>0,00</b>
lunghezza (m)	L	<b>21,00</b>
modulo elastico cls (kPa)	$E_c$	31220186
modulo elastico acciaio (kPa)		<b>31220186</b>
modulo elastico di calcolo (kPa)	E	31220186
momento d'inerzia (m <sup>4</sup> )	I	0,102
resist. caratt. Cls (MPa)	Rck	<b>30</b>
tratto scalzato (m)	l	<b>0</b>

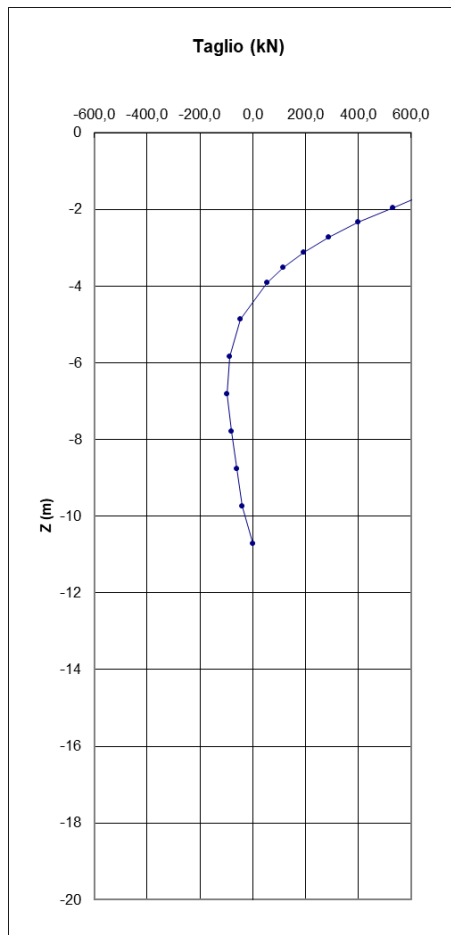
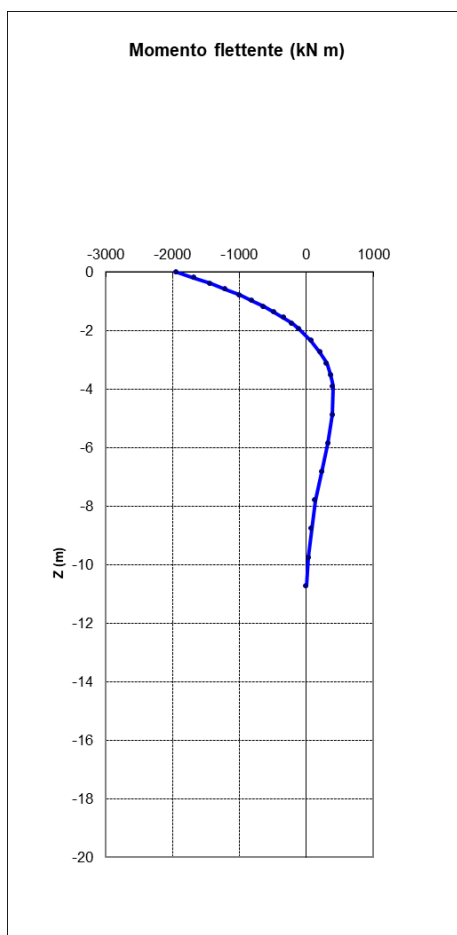
**Caratteristiche terreno**

modulo reazione orizz. (kN/m <sup>2</sup> )	$E_s$	<b>219.900</b>
fattore di rigidezza (m)	T	1,95
L/T	$\lambda$	10,771
coeff. di profondità max	$Z_{max}$	10,8

**Carichi agenti**

carico orizzontale (kN)	Vt	<b>1415,8</b>
momento agente sup. terreno (kNm)	Mpc	-1.951,1
momento in testa al palo (kNm)	Mtp	-1951,1

Nei diagrammi successivi sono riportati l'andamento del momento flettente e del taglio sul palo:





GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio  
49 di 59

### 6.8.2. Verifica strutturale dei pali di fondazione

#### 1.1.1.6. Sezione resistente e armatura di verifica in direzione verticale

La sezione resistente è circolare con diametro pari a 120 cm.

L'armatura longitudinale è costituita da:

- 30Ø26 (strato esterno)
- 30Ø26 (strato interno)

Tale armatura è necessaria ai fini della verifica a portanza trasversale.

L'armatura a taglio è costituita da una spirale Ø16/5 per i primi 500 cm di palo e Ø12/15 per la lunghezza restante.

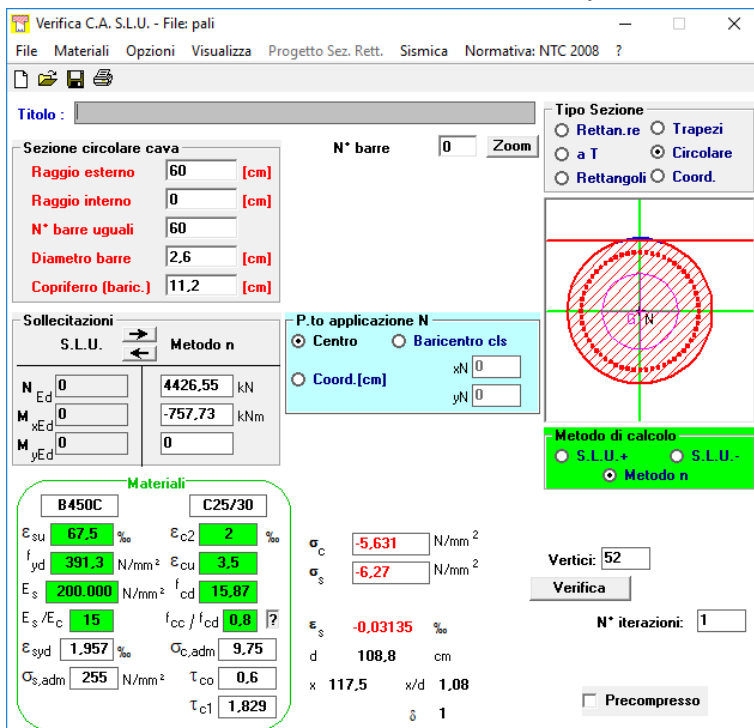
Il copriferro minimo è assunto pari a 60 mm.

### 6.8.3. Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni

#### 1.1.1.7. Combinazione Quasi Permanente – Azione normale massima

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 4.423,55 \text{ kN}$ .

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = -757,73 \text{ kNm}$ .



The screenshot shows the software interface for 'Verifica C.A. S.L.U. - File: pali'. The main window displays various input and output fields:

- Sezione circolare cava:** Raggio esterno: 60 [cm], Raggio interno: 0 [cm], N° barre uguali: 60, Diametro barre: 2,6 [cm], Copriferro (baric.): 11,2 [cm].
- Tipologia sezione:** Circolare (selected).
- Carichi:**  $N_{Ed} = 4426,55 \text{ kN}$ ,  $M_{Ed} = -757,73 \text{ kNm}$ .
- Materiali:** B450C (steel), C25/30 (concrete). Properties include  $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_c = 29.130 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{cd} = 15,87$ ,  $f_{ck} = 25$ .
- Calcolo:**  $\sigma_c = -5,631 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_s = -6,27 \text{ N/mm}^2$ ,  $\epsilon_s = -0,03135 \%$ .
- Geometria:**  $d = 108,8 \text{ cm}$ ,  $x = 117,5$ ,  $x/d = 1,08$ .
- Verifica:** Vertici: 52, N° iterazioni: 1. A 'Precompresso' checkbox is present.

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 5,63 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

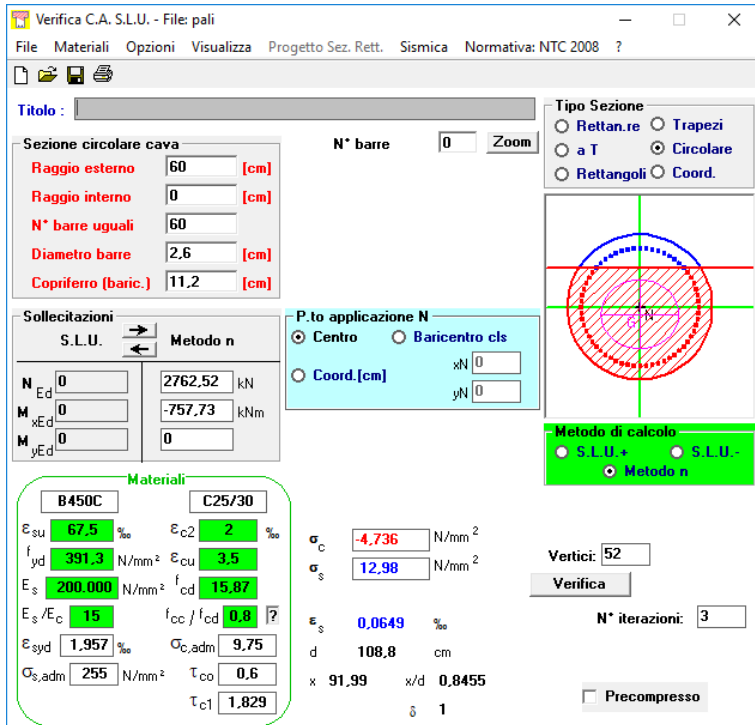
La verifica risulta pertanto soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 50 di 59

### 1.1.1.8. Combinazione Quasi Permanente – Azione normale minima

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{Sd} = 2.762,52$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = -757,73$  kNm.



**Sezione circolare cava**

- Raggio esterno: 60 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 60
- Diametro barre: 2,6 [cm]
- Copritferro (baric.): 11,2 [cm]

**Selecitazioni**

S.L.U. Metodo n

$N_{Ed}$ : 0  
 $M_{Ed}$ : 0  
 $x_{Ed}$ : 0  
 $y_{Ed}$ : 0

2762,52 kN  
 -757,73 kNm  
 0

**Materiali**

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 15,87 ‰  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

$\sigma_c$ : -4,736 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 12,98 N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_s$ : 0,0649 ‰  
 $d$ : 108,8 cm  
 $x$ : 91,99  $x/d$ : 0,8455  
 $\delta$ : 1

Vertici: 52  
 N° iterazioni: 3  
 Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 4,74 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 12,98 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

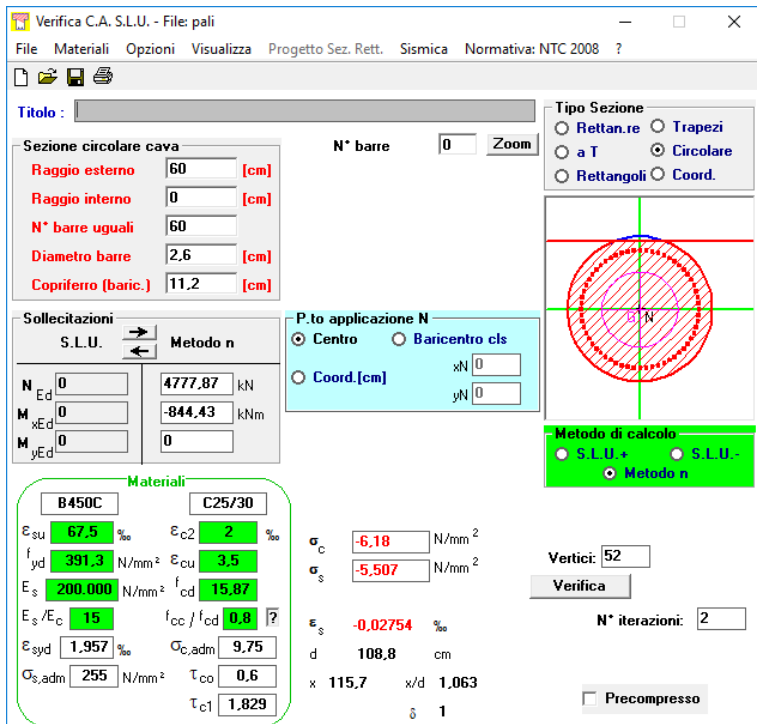
La verifica risulta pertanto soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 51 di 59

### 1.1.1.9. Combinazione Frequente – Azione normale massima

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 4.777,87$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = -844,43$  kNm.



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window displays the following data:

- Sezione circolare cava:**
  - Raggio esterno: 60 [cm]
  - Raggio interno: 0 [cm]
  - N° barre uguali: 60
  - Diametro barre: 2,6 [cm]
  - Copriferro (baric.): 11,2 [cm]
- Sollecitazioni:**
  - S.L.U. / Metodo n
  - $N_{Ed}$ : 0
  - $M_{Ed}$ : 0
  - $M_{xEd}$ : 0
  - $M_{yEd}$ : 0
  - Calculated values: 4777,87 kN, -844,43 kNm, 0
- Materiali:**
  - B450C / C25/30
  - $\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰
  - $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>
  - $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>
  - $\epsilon_{s,adm}$ : 1,957 ‰
  - $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>
  - $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰
  - $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰
  - $f_{cd}$ : 15,87
  - $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8
  - $\sigma_c$ : -6,18 N/mm<sup>2</sup>
  - $\sigma_s$ : -5,507 N/mm<sup>2</sup>
  - $\epsilon_s$ : -0,02754 ‰
  - $d$ : 108,8 cm
  - $x$ : 115,7
  - $x/d$ : 1,063
  - $\delta$ : 1
- Other parameters:**
  - Vertici: 52
  - N° iterazioni: 2
  - Precompresso:

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 5,51 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

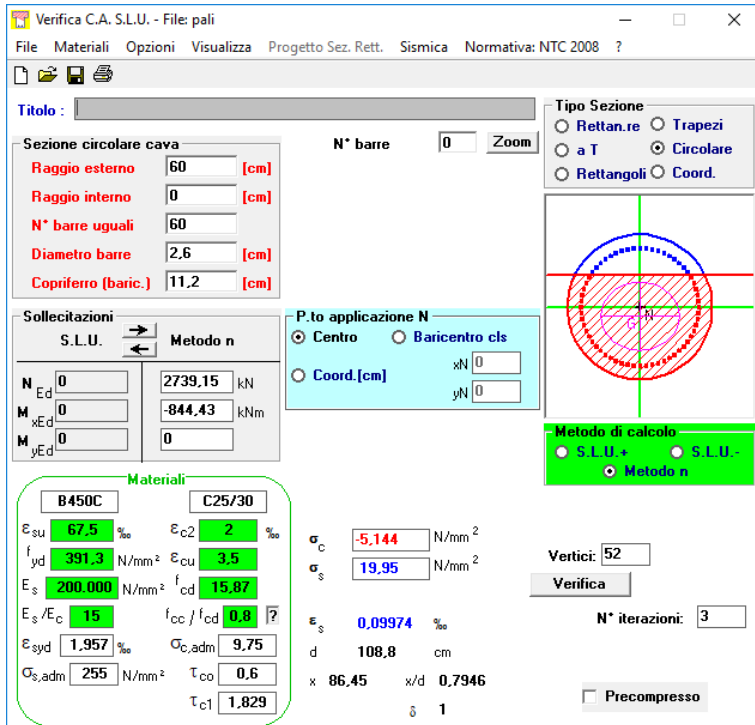
La verifica risulta pertanto soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 52 di 59

### 1.1.1.10. Combinazione Frequente – Azione normale minima

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{Sd} = 2.739,15$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = -844,43$  kNm.



**Sezione circolare cava**

- Raggio esterno: 60 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 60
- Diametro barre: 2,6 [cm]
- Copritferro (baric.): 11,2 [cm]

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

$N_{Ed}$ : 2739,15 kN  
 $M_{Ed}$ : -844,43 kNm  
 $x_{Ed}$ : 0  
 $y_{Ed}$ : 0

**Materiali**

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 15,87 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

**P.to applicazione N**

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

**Metodo di calcolo**

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

$\sigma_c$ : -5,144 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 19,95 N/mm<sup>2</sup>

Vertici: 52  
 Verifica  
 N° iterazioni: 3  
 Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 5,14 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 19,95 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

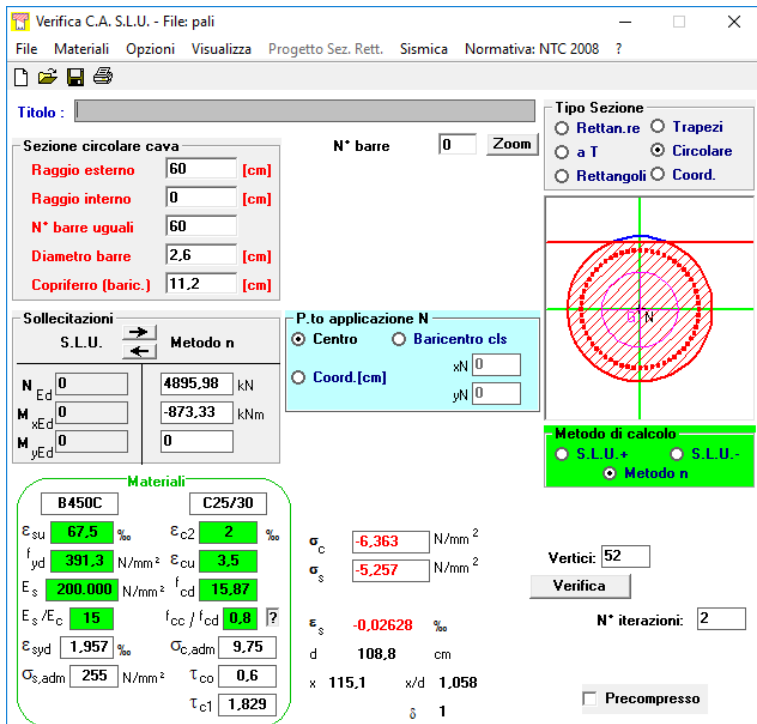
La verifica risulta pertanto soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 53 di 59

### 1.1.1.11. Combinazione Caratteristica – Azione normale massima

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{Sd} = 4.895,98$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = -873,33$  kNm.



Verifica C.A. S.L.U. - File: pali

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

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

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 60  
 Diametro barre: 2,6 [cm]  
 Copriferro (baric.): 11,2 [cm]

N° barre: 0 Zoom

**Tipo Sezione**

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 4895,98 kN  
 M<sub>Ed</sub>: 0 -873,33 kNm  
 M<sub>xEd</sub>: 0  
 M<sub>yEd</sub>: 0

**P.to applicazione N**

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

**Metodo di calcolo**

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

**Materiali**

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 15,87 ‰  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

$\sigma_c$ : -6,363 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : -5,257 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$ : -0,02628 ‰  
 d: 108,8 cm  
 x: 115,1 x/d: 1,058  
 $\delta$ : 1

Vertici: 52  
 Verifica  
 N° iterazioni: 2  
 Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 6,36 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

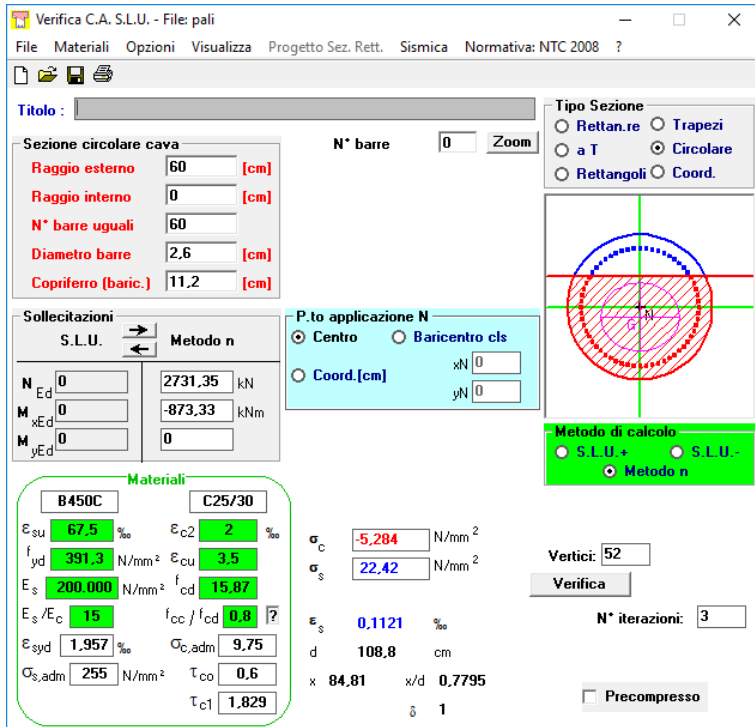
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio  
54 di 59

### 1.1.1.12. Combinazione Caratteristica – Azione normale minima

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{sd} = 2731,35$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{sd} = -873,33$  kNm.



**Sezione circolare cava**

- Raggio esterno: 60 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 60
- Diametro barre: 2,6 [cm]
- Copriferro (baric.): 11,2 [cm]

**Carichi**

- $N_{Ed}$ : 2731,35 kN
- $M_{Ed}$ : -873,33 kNm
- $M_{yEd}$ : 0

**Materiali**

- B450C:  $E_{su}$  67,5 ‰,  $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>,  $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>,  $E_s/E_c$  15,  $E_{syd}$  1,957 ‰,  $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>
- C25/30:  $E_{c2}$  2 ‰,  $E_{cu}$  3,5 ‰,  $f_{cd}$  15,87,  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8,  $\sigma_{c,adm}$  9,75,  $\tau_{co}$  0,6,  $\tau_{c1}$  1,829

**Stress**

- $\sigma_c$ : -5,284 N/mm<sup>2</sup>
- $\sigma_s$ : 22,42 N/mm<sup>2</sup>
- $\epsilon_s$ : 0,1121 ‰

**Geometria**

- d: 108,8 cm
- x: 84,81, x/d: 0,7795
- $\delta$ : 1

**Metodo di calcolo**

- Metodo n

**Verifica**

- Vertici: 52
- N° iterazioni: 3
- Precompresso:

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 5,28 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 22,42 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 6.8.4. Verifica allo Stato Limite di fessurazione

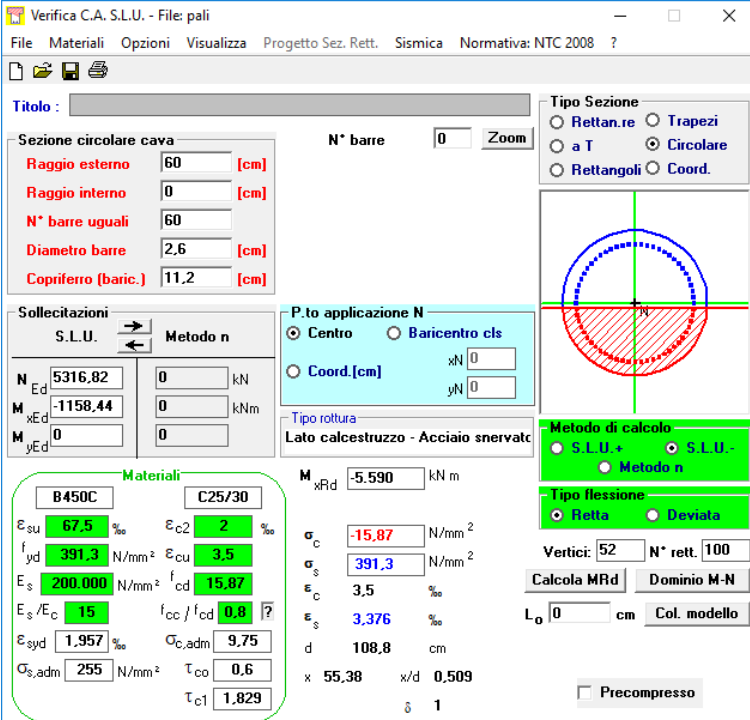
Dalle verifiche tensionali si evince che i pali risultano completamente compressi o con tensioni dell'acciaio basse per cui la verifica a fessurazione risulta implicitamente soddisfatta.

### 6.8.5. Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione

#### 1.1.1.13. Condizione statica – Azione normale massima

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{Sd} = 5.316,82$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = -1158,44$  kNm.



**Sezione circolare cava**

- Raggio esterno: 60 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 60
- Diametro barre: 2,6 [cm]
- Copriferro (baric.): 11,2 [cm]

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 5316,82 kN  
 M<sub>xEd</sub>: -1158,44 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

**Materiali**

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 %  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 15,87  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

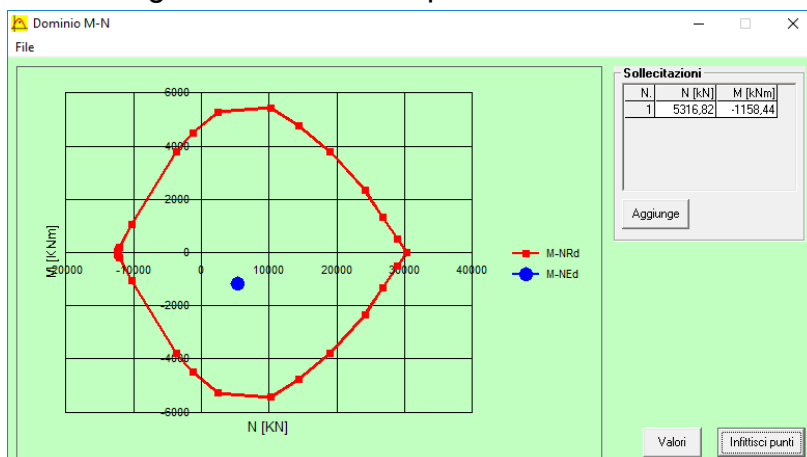
**Calcolo**

M<sub>xRd</sub>: -5.590 kNm  
 $\sigma_c$ : -15,87 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 3,5 ‰  
 $\epsilon_s$ : 3,376 ‰  
 d: 108,8 cm  
 x: 55,38 x/d: 0,509  
 $\delta$ : 1

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = -5.590,00 \text{ kNm} > M_{Sd} = -1158,44 \text{ kNm}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:

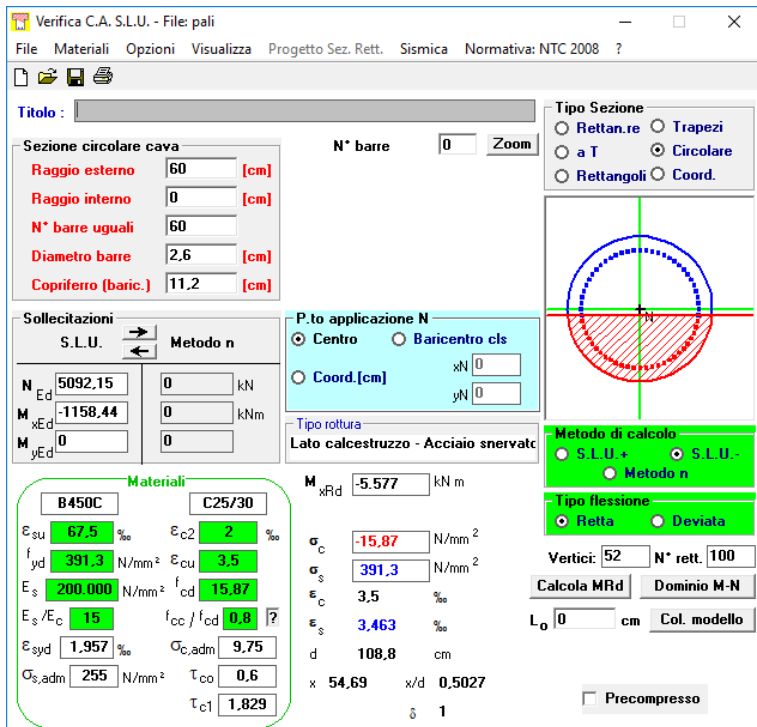


La verifica risulta pertanto soddisfatta.

1.1.1.14. Condizione statica – Azione normale minima

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{Sd} = 5092,15$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{Sd} = -1158,44$  kNm.



**Sezione circolare cava**

- Raggio esterno: 60 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 60
- Diametro barre: 2,6 [cm]
- Copriferro (baric.): 11,2 [cm]

**Materiali**

- B450C:  $E_{su} = 67,5$  %,  $f_{yd} = 391,3$  N/mm<sup>2</sup>,  $E_s = 200.000$  N/mm<sup>2</sup>,  $E_s/E_c = 15$ ,  $\epsilon_{syd} = 1,957$  %,  $\sigma_{s,adm} = 255$  N/mm<sup>2</sup>
- C25/30:  $\epsilon_{c2} = 2$  %,  $\epsilon_{cu} = 3,5$  %,  $f_{cd} = 15,87$  %,  $f_{cc}/f_{cd} = 0,8$ ,  $\sigma_{c,adm} = 9,75$  N/mm<sup>2</sup>,  $\tau_{co} = 0,6$ ,  $\tau_{c1} = 1,829$

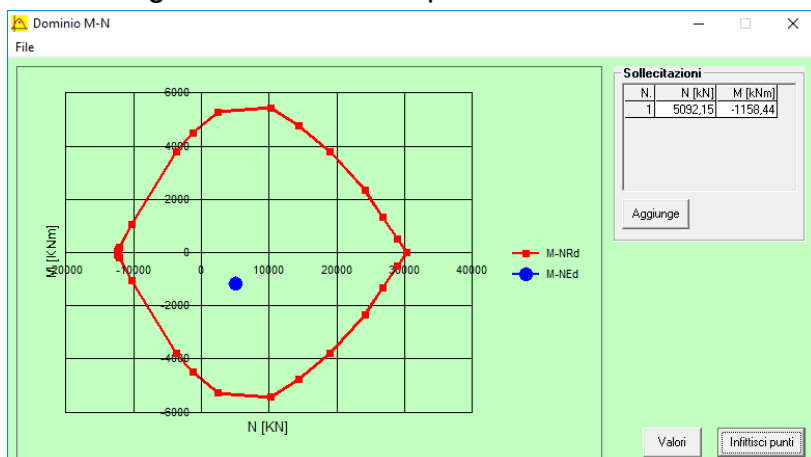
**Calcoli**

- $M_{xRd} = -5,577$  kNm
- $\sigma_c = -15,87$  N/mm<sup>2</sup>
- $\sigma_s = 391,3$  N/mm<sup>2</sup>
- $\epsilon_c = 3,5$  %
- $\epsilon_s = 3,463$  %
- $d = 108,8$  cm
- $x = 54,69$  cm,  $x/d = 0,5027$
- $\delta = 1$

Il momento resistente risulta pari a:

$M_{Rd} = -5.577,00$  kNm  $>$   $M_{Sd} = -1158,44$  kNm

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio  
57 di 59

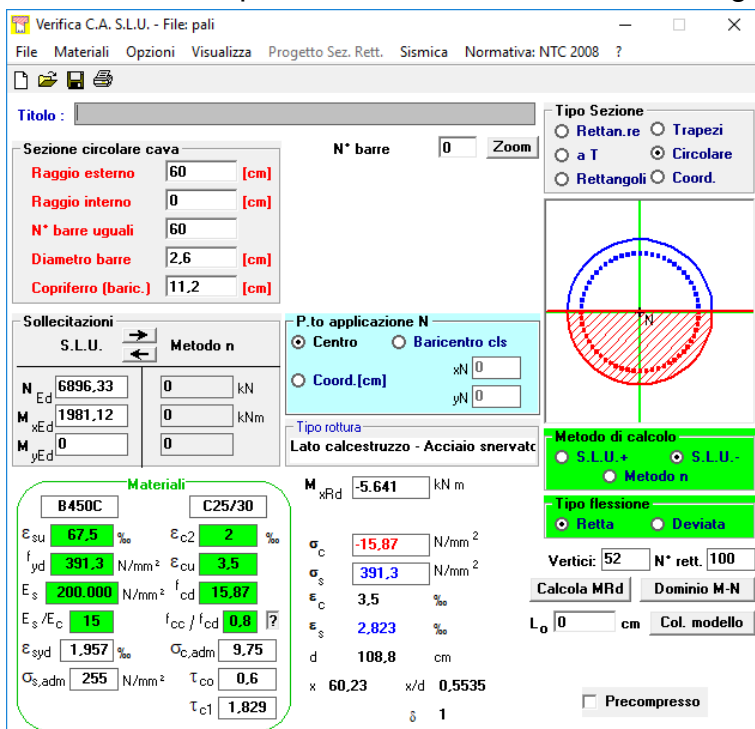
### 1.1.1.15. Condizione sismica – Azione normale massima

Poiché il momento flettente massimo è stato determinato in corrispondenza della sezione di testa del palo di fondazione, nella verifica non verrà tenuto in conto il peso del palo stesso.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{Sd} = 6.896,33 \text{ kN}$ .

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{S,d} = 1.981,12 \text{ kNm}$ .

Il copriferro baricentrico delle armature verticali (dato di input del software di verifica) è stato assunto in corrispondenza del baricentro delle due gabbie di armatura.



Verifica C.A. S.L.U. - File: pali

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : [ ]

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 60 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 60
- Diametro barre: 2,6 [cm]
- Copriferro (baric.): 11,2 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

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

Diagramma della sezione circolare cava con barre e copriferro.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 6896,33 [kN]

M<sub>Ed</sub>: 1981,12 [kNm]

M<sub>yEd</sub>: 0

P.to applicazione N

- Centro
- Baricentro cls
- Coord.[cm]

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

Precompresso

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>: 15,87

ε<sub>s</sub>/ε<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>: -5,641 [kNm]

σ<sub>c</sub>: -15,87 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>: 2,823 ‰

d: 108,8 [cm]

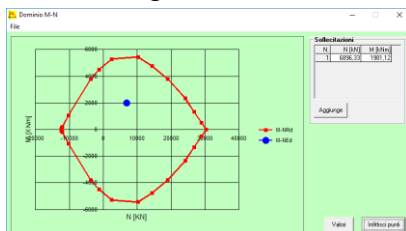
x: 60,23 x/d: 0,5535

δ: 1

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = 5.641,00 \text{ kNm} > M_{Sd} = 1.981,12 \text{ kNm}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio  
58 di 59

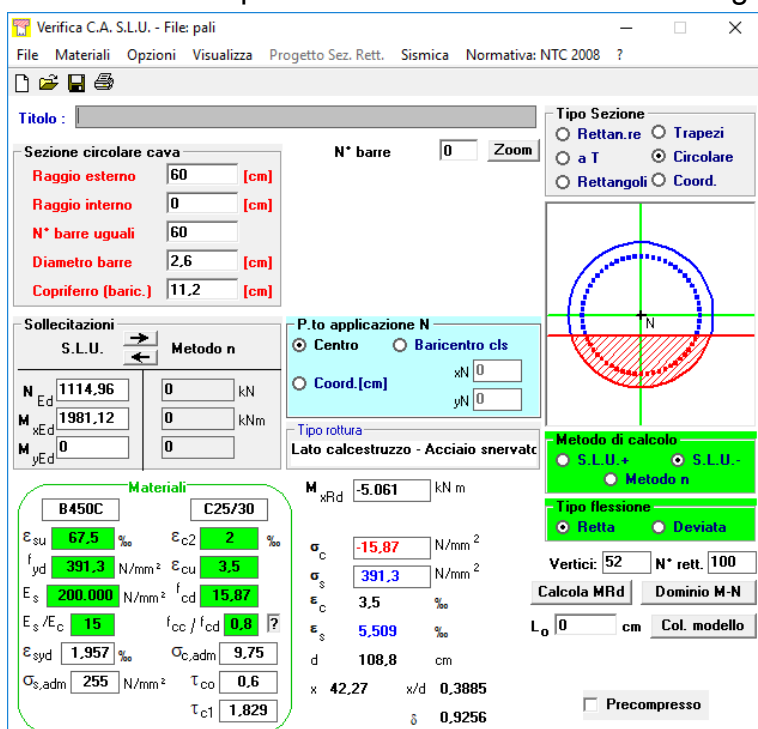
### 1.1.1.16. Condizione sismica – Azione normale minima

Poiché il momento flettente massimo è stato determinato in corrispondenza della sezione di testa del palo di fondazione, nella verifica non verrà tenuto in conto il peso del palo stesso.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a  $N_{Sd} = 1114,96$  kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a  $M_{S,d} = -1.981,12$  kNm.

Il copriferro baricentrico delle armature verticali (dato di input del software di verifica) è stato assunto in corrispondenza del baricentro delle due gabbie di armatura.



Verifica C.A. S.L.U. - File: pali

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

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

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 60  
 Diametro barre: 2,6 [cm]  
 Copriferro (baric.): 11,2 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 1114,96 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 1981,12 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: -5,061 kNm

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>: 15,87  
 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

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

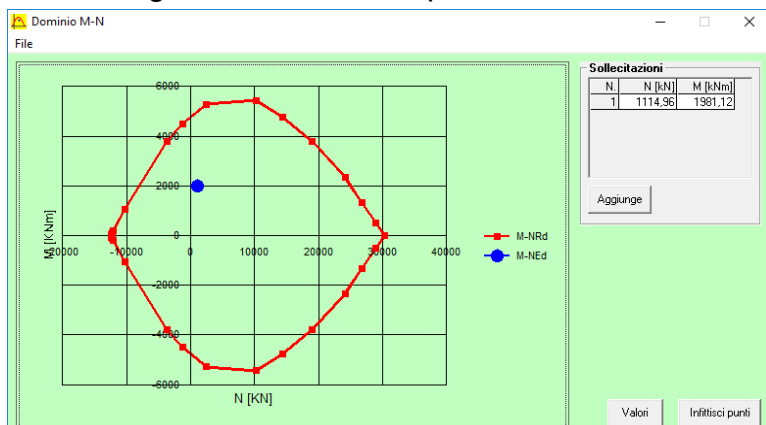
Tipo flessione  
 Retta  Deviata

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

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = 5.061,00 \text{ kNm} > M_{Sd} = 1.981,12 \text{ kNm}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-002-A00.DOC <b>Relazione di calcolo</b>	
Foglio 59 di 59	

### 1.1.1.17. Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a  $V_{S,d} = 1.415,83$  kN.

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

Base della sezione trasversale:	b	106,34	[cm]
Altezza della sezione trasversale:	h	106,34	[cm]
Copriferro netto:	c	6,00	[cm]
Altezza utile della sezione:	d	100,34	[cm]

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Classe di resistenza del calcestruzzo:		C25/30	
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck}$	30,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck}$	24,90	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd}$	14,11	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tipologia dell'acciaio da armatura:		B450C	
Tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk}$	540,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk}$	450,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di calcolo:	$f_{yd}$	391,30	[N/mm <sup>2</sup> ]

#### AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

Azione tagliante di calcolo:	$V_{S,d}$	1415,83	[kN]
Azione normale di calcolo:	$N_{S,d}$	0,00	[kN]

#### ARMATURA TRASVERSALE

Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:	$\theta$	45,00	[°]
Cotangente dell'angolo $\theta$ :	$\cot(\theta)$	1,00	
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave:	$\alpha$	90,00	[°]
Numero di bracci dell'armatura trasversale:	n	2,00	
Passo longitudinale delle armature trasversali:	s	5,00	[cm]
Diametro dell'armatura trasversale:	$\varnothing_{trasv}$	16,00	[mm]
Area della singola barra:	$A_{barra}$	2,01	[cm <sup>2</sup> ]
Area totale dell'armatura trasversale:	$A_{tot}$	80,40	[cm <sup>2</sup> /m]

#### VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La verifica allo S.L.U. per taglio viene condotta secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008, par.4.1.2.1.3.2  
 La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

Larghezza minima della sezione:	$b_w$	106,34	[cm]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo:	$f_{yd}'$	7,06	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione media di compressione nella sezione:	$\sigma_{cp}$	0,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente maggiorativo $\alpha_c$ :	$\alpha_c$	1,0000	

RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"	$V_{Rsd}$	2.841,11	[kN]
RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"	$V_{Rcd}$	3.387,51	[kN]

AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:	$V_{R,d}$	2.841,11	[kN]
COEFFICIENTE DI SICUREZZA:	$F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$	2,01	

**LA VERIFICA RISULTA POSITIVA**