

---

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA  
PROVINCIA DI UDINE  
COMUNE DI RIVE D'ARCANO

---



AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI RIVE D'ARCANO  
Piazza 1° Maggio, n° 1  
33030 RIVE D'ARCANO (UD)

---

**LAVORI PER LA SISTEMAZIONE AREE VERDI ESTERNE DELLA  
SCUOLA PRIMARIA DI RIVE D'ARCANO CON ACQUISTO  
TERRENO E REALIZZAZIONE NUOVA AREA DI SFOGO  
CUP E48E18000360002**

---



---

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RS**

---

**RELAZIONE STRUTTURALE**

---

Novembre 2019

21934\_PD

---

Progettista: dott. ing. Mario Capellari  
Collaboratore: geom. Adriano Caldana



---

**Puntel Capellari & Associati Ingegneria**  
via F. Petrarca 17, 33100 Udine  
tel. +39 0432 502416 - fax +39 0432 519004  
studio@puntelcapellari.it - pec@pec.puntelcapellari.it  
www.puntelcapellari.it

---

## **SOMMARIO**

---

<b>1. RELAZIONE SUI MATERIALI .....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 PREMESSA .....</b>	<b>6</b>
<b>3.2 CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO E PARAMETRI GEOTECNICI.....</b>	<b>6</b>
<b>3.3 VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE .....</b>	<b>6</b>
<b>3.4 CONCLUSIONI.....</b>	<b>8</b>
<b>4. RELAZIONE ILLUSTRATIVA.....</b>	<b>9</b>
<b>5. ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>11</b>
<b>5.1 PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....</b>	<b>11</b>
<b>5.2 CARICO DELLA NEVE .....</b>	<b>11</b>
<b>5.3 CARICO ACCIDENTALE .....</b>	<b>11</b>
<b>5.4 AZIONE DEL VENTO.....</b>	<b>11</b>
<b>6. RELAZIONE SISMICA .....</b>	<b>13</b>
<b>7. VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO LATO SCUOLA .....</b>	<b>17</b>
<b>7.1 PREMESSA .....</b>	<b>17</b>
<b>7.2 ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>17</b>
<b>7.3 IMPOSTAZIONI DEL PROGRAMMA E DATI DI MODELLAZIONE .....</b>	<b>17</b>
7.3.1 <i>Metodo di Mononobe-Okabe .....</i>	<i>17</i>
7.3.2 <i>Verifiche .....</i>	<i>20</i>
7.3.3 <i>Normativa e Approccio di progetto.....</i>	<i>24</i>
7.3.4 <i>Geometria del muro e della fondazione .....</i>	<i>25</i>
7.3.5 <i>Materiali.....</i>	<i>25</i>
7.3.6 <i>Geometria profilo terreno a monte del muro .....</i>	<i>26</i>
7.3.7 <i>Descrizione dei terreni .....</i>	<i>26</i>
7.3.8 <i>Stratigrafia .....</i>	<i>27</i>
7.3.9 <i>Condizioni di carico .....</i>	<i>27</i>
7.3.10 <i>Combinazioni di carico .....</i>	<i>28</i>
7.3.11 <i>Impostazioni analisi sismica.....</i>	<i>30</i>
7.3.12 <i>Opzioni di calcolo .....</i>	<i>30</i>
<b>7.4 RISULTATI PER COMBINAZIONE .....</b>	<b>32</b>
7.4.1 <i>Spinta e forze.....</i>	<i>32</i>
7.4.2 <i>Verifiche geotecniche .....</i>	<i>33</i>
<b>7.5 VERIFICHE ALLO SLU E ALLO SLE .....</b>	<b>37</b>

7.5.1	<i>Sollecitazioni</i> .....	37
7.5.2	<i>Verifiche strutturali</i> .....	43
7.5.3	<i>Verifica delle tensioni</i> .....	46
7.5.4	<i>Verifica a fessurazione</i> .....	48
<b>8.</b>	<b>VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO LATO STRADA</b> .....	<b>50</b>
<b>8.1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>50</b>
<b>8.2</b>	<b>DATI DI MODELLAZIONE</b> .....	<b>50</b>
8.2.1	<i>Geometria del muro e della fondazione</i> .....	50
8.2.2	<i>Geometria profilo terreno a monte del muro</i> .....	50
8.2.3	<i>Stratigrafia</i> .....	51
8.2.4	<i>Opzioni di calcolo</i> .....	52
<b>8.3</b>	<b>RISULTATI PER COMBINAZIONE</b> .....	<b>53</b>
8.3.1	<i>Spinta e forze</i> .....	53
8.3.2	<i>Verifiche geotecniche</i> .....	53
<b>8.4</b>	<b>VERIFICHE ALLO SLU E ALLO SLE</b> .....	<b>57</b>
8.4.1	<i>Sollecitazioni</i> .....	57
8.4.2	<i>Verifiche strutturali</i> .....	58
8.4.3	<i>Verifica delle tensioni</i> .....	61
8.4.4	<i>Verifica a fessurazione</i> .....	62
<b>9.</b>	<b>VERIFICA DEL MANUFATTO A SOSTEGNO DELLA RECINZIONE</b> .....	<b>64</b>
<b>9.1</b>	<b>DATI DI MODELLAZIONE</b> .....	<b>64</b>
9.1.1	<i>Geometria del muro e della fondazione</i> .....	64
9.1.2	<i>Geometria profilo terreno a monte del muro</i> .....	65
9.1.3	<i>Stratigrafia</i> .....	65
9.1.4	<i>Condizioni di carico</i> .....	66
9.1.5	<i>Combinazioni di carico</i> .....	66
9.1.6	<i>Opzioni di calcolo</i> .....	67
<b>9.2</b>	<b>RISULTATI PER COMBINAZIONE</b> .....	<b>67</b>
9.2.1	<i>Spinta e forze</i> .....	67
9.2.2	<i>Verifiche geotecniche</i> .....	68
<b>10.</b>	<b>GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI</b> .....	<b>71</b>
<b>11.</b>	<b>PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE</b> .....	<b>73</b>
<b>11.1</b>	<b>OPERE DI FONDAZIONE ED ELEVAZIONE IN C.A.</b> .....	<b>73</b>

---

## 1. RELAZIONE SUI MATERIALI

---

1. Calcestruzzo per fondazioni: **C25/30** (Rck 300)

Classe di esposizione ambientale: XC2 (UNI 11104 e UNI EN 206-1);

rapporto massimo acqua-cemento 0.60 (secondo UNI 11104 e UNI EN 206-1)

inerti naturali: ghiaie e sabbie lavate prive di impurità e non gelive (secondo UNI 8520/20)

diametro inerti: Dmax = 32 mm

consistenza: slump 160-210mm classe di consistenza S4

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>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm}$	32,90 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per le resistenze a lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Resistenza media a trazione semplice (assiale)	$f_{ctm}$	2,56 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm}$	3,07 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)	$f_{ctk}$	1,79 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica di calcolo a compressione	$f_{cd}$	14,11 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	1,19 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica tangenziale di aderenza	$f_{bk}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo tangenziale di aderenza	$f_{bd}$	2,69 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico longitudinale istantaneo	$E_m$	31447,16 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	$\nu$	0,20
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha_c$	10 E-06 C <sup>-1</sup>

2. Calcestruzzo per elevazioni: **C32/40** (Rck 400)

Classe di esposizione ambientale: XC4 (UNI 11104 e UNI EN 206-1);

rapporto massimo acqua-cemento 0.50 (secondo UNI 11104 e UNI EN 206-1)

inerti naturali: ghiaie e sabbie lavate prive di impurità e non gelive (secondo UNI 8520/20)

diametro inerti: Dmax = 26 mm

consistenza: slump 160-210mm classe di consistenza S4

Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck}$	32,00 N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per le resistenze a lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Resistenza media a trazione semplice (assiale)	$f_{ctm}$	3,02 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm}$	3,63 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)	$f_{ctk}$	2,12 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica di calcolo a compressione	$f_{cd}$	18,13 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	1,41 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica tangenziale di aderenza	$f_{bk}$	4,76 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo tangenziale di aderenza	$f_{bd}$	3,18 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico longitudinale istantaneo	$E_m$	33345,76 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	$\nu$	0,20
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha_c$	10 E-06 C <sup>-1</sup>

3. Acciaio per cemento armato ad aderenza migliorata

Tipo di acciaio costituente le barre ad aderenza migliorata	B450C		
Tensione di snervamento nominale	$f_{y\ nom}$	450,00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di rottura nominale	$f_{t\ nom}$	540,00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio	$\gamma_s$	1,15	
Tensione di calcolo di snervamento	$f_{yd}$	391,30	N/mm <sup>2</sup>

*Requisiti richiesti*

*Frattile*

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	$> f_{y\ nom}$	5%
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	$> f_{t\ nom}$	5%
	$(f_t / f_y)_k$	$\geq 1.15$	10%
		$< 1.35$	
	$(f_y / f_{ynom})_k$	$\leq 1.15$	10%
Allungamento	$(A_{gt})_k$	$\geq 7.5\%$	
Diametro mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche			
per $\Phi < 12\ mm$	4 $\Phi$		
per $12 \leq \Phi < 16\ mm$	5 $\Phi$		
per $16 \leq \Phi < 25\ mm$	8 $\Phi$		
per $25 \leq \Phi < 40\ mm$	10 $\Phi$		

IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE



---

## **2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

---

- *Eurocodice 1:* Basi di calcolo ed azioni sulle strutture
- *Eurocodice 2:* Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- *Eurocodice 7:* Progettazione geotecnica
- *Eurocodice 8:* Progettazione delle strutture in zona sismica
- *D.M. 17.01.2018* Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”
- *Circolare n.7 del 21.01.2019* Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni”

---

### **3. RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI**

---

#### **3.1 Premessa**

La presente relazione è stata redatta in osservanza al cap.6 del D.M. del 17.01.2018 e al C6.2.2.5 della Circolare n.7 del 21.01.2019.

Le caratteristiche del terreno sono desunte dallo studio geologico-tecnico svolto dai dott. geoll. Fabio Bosso e Sandro Rota nell'ottobre 2019.

#### **3.2 Caratterizzazione del sottosuolo e parametri geotecnici**

L'area è inserita nel settore del Friuli centrale, caratterizzato dalla presenza, a Nord, delle colline dell'anfiteatro morenico pedemontano del Tagliamento e verso Sud dalle alluvioni fluvio – glaciali (potente coltre alluvionale ghiaioso – sabbiosa, localmente cementata), costituenti la maggior parte dell'alta pianura friulana.

È possibile stabilire la presenza di un deposito morenico costituito da ghiaia con sabbia e limo e presenza di ciottoli e blocchi; i clasti (poligenici, di vari colori), sono arrotondati, il deposito risulta moderatamente addensato.

Il sito non presenta circolazioni d'acqua superficiali, le precipitazioni si infiltrano nel terreno sino a saturazione del primo livello acquifero, quindi in eventi eccezionali può presentarsi un ruscellamento superficiale.

I parametri geologici assunti per il terreno di fondazione sono i seguenti:

Peso di volume:  $\gamma = 20-22 \text{ kN/m}^3$

Coesione:  $c = 0 \text{ kN/m}^2$

Angolo di attrito:  $\phi = 30-40^\circ$

Non risultano presenti falde ad una quota tale da influenzare la capacità portante della fondazione della struttura in progetto, non risultano inoltre problemi di natura idrologica.

Dal punto di vista sismico, al sottosuolo è attribuita la categoria C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*).

La categoria topografica è la T1 (*Pendii con inclinazione media  $< 15^\circ$* ).

#### **3.3 Valutazione della capacità portante**

La capacità portante della fondazione è valutata con riferimento alla formulazione di Meyerhof, impiegando i parametri geologici secondo l'Approccio 2 proposto nel D.M. 17.01.2018.

### PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

Peso dell'unità di volume del terreno di fondazione	$\gamma$	20 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno caratteristico	$\phi_k$	35 °
Coesione	c	0,00 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di spinta passiva	$K_p$	3,69
Peso dell'unità di volume del terreno di riporto	$\gamma_r$	18 kN/m <sup>3</sup>

### APPROCCIO DI CALCOLO ADOTTATO

A1+M1+R3

Coefficienti parziali per le azioni di progetto (A)		
Azioni permanenti (sfav./fav.)	$\gamma_{G1}$	1.3/1.0
Azioni permanenti non strutturali (sfav./fav.)	$\gamma_{G2}$	1.3/0.0
Azioni accidentali (sfav./fav.)	$\gamma_Q$	1.5/0.0
Coefficienti parziali per i valori caratteristici del terreno (M)		
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_\phi$	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00

### PARAMETRI GEOMETRICI DELLA FONDAZIONE

Larghezza della fondazione	B	2,35 m
Lunghezza della fondazione	L	10,00 m
Eccentricità in larghezza	$e_x$	0,00 m
Approfondimento piano di posa	D	0,60 m
Angolo di inclinazione del carico	i	20,00 °
Larghezza efficace della fondazione	B'	2,35 m

### COEFFICIENTI DI CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE

Fattori adimensionali di capacità portante		
$N_c = (N_q - 1) \cotg(\phi)$	$N_c$	46,12
$N_q = e^{(\pi \tan \phi)} \tan^2(45^\circ + \phi/2)$	$N_q$	33,30
$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \phi)$	$N_\gamma$	37,15
Fattori adimensionali correttivi di forma della fondazione		
$s_c = 1 + 0.2 K_p (B'/L)$	$s_c$	1,17
$s_q = 1 + 0.1 K_p (B'/L)$	$s_q$	1,09
$s_\gamma = 1 + 0.1 K_p (B'/L)$	$s_\gamma$	1,09
Fattori adimensionali correttivi di profondità		
$d_c = 1 + 0.2 K_p^{0.5} (D/B')$	$d_c$	1,10
$d_q = 1 + 0.1 K_p^{0.5} (D/B')$	$d_q$	1,05
$d_\gamma = 1 + 0.1 K_p^{0.5} (D/B')$	$d_\gamma$	1,05
Fattori adimensionali correttivi dell'inclinazione del carico		
$i_c = (1 - i/90)^2$	$i_c$	0,60
$i_q = (1 - i/90)^2$	$i_q$	0,60
$i_\gamma = (1 - i/\phi)^2$	$i_\gamma$	0,18

### CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE

Calcolo della capacità portante limite		
$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c / \gamma_c + 0.5 \cdot B' \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma / \gamma_\gamma + \gamma_r \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q / \gamma_q$	$q_{lim}$	4,31 daN/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza $\gamma_R$ dell'approccio adottato	$\gamma_R$ (R3)	2,30

<b>Capacità portante ammissibile</b>	<b><math>q_{amm}</math></b>	<b>1,87 daN/cm<sup>2</sup></b>
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------------------



### **3.4 Conclusioni**

Le caratteristiche del terreno, il tipo e la profondità d'impasto delle fondazioni, permettono di adottare, con sufficiente grado di sicurezza, la seguente tensione ammissibile:

$$\sigma_{amm}=1,80 \text{ daN/cm}^2$$

IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE



## 4. RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Il progetto riguarda i lavori di costruzione di un muro di contenimento che perimetra l'area verde a servizio della scuola primaria del capoluogo, in Comune di Rive d'Arcano.

Il dislivello previsto in progetto tra l'area verde e il piazzale interno nonché tra l'area verde e una strada locale posta a nord è variabile, il valore massimo nel primo tratto presenta un'altezza di 2,80 m di paramento libero in corrispondenza dell'inizio della nuova rampa, il valore di riferimento del secondo è di 1,60 m.

L'opera è un muro a mensola in calcestruzzo armato, con la fondazione a valle internamente all'area di pertinenza della scuola, lungo la strada locale la fondazione è posta principalmente a monte. Lungo il confine con la proprietà retrostante l'istituto per l'assenza di dislivello tra i terreni è previsto un cordolo, cui compete l'azione del vento della soprastante recinzione metallica, di altezza massima 6 m.

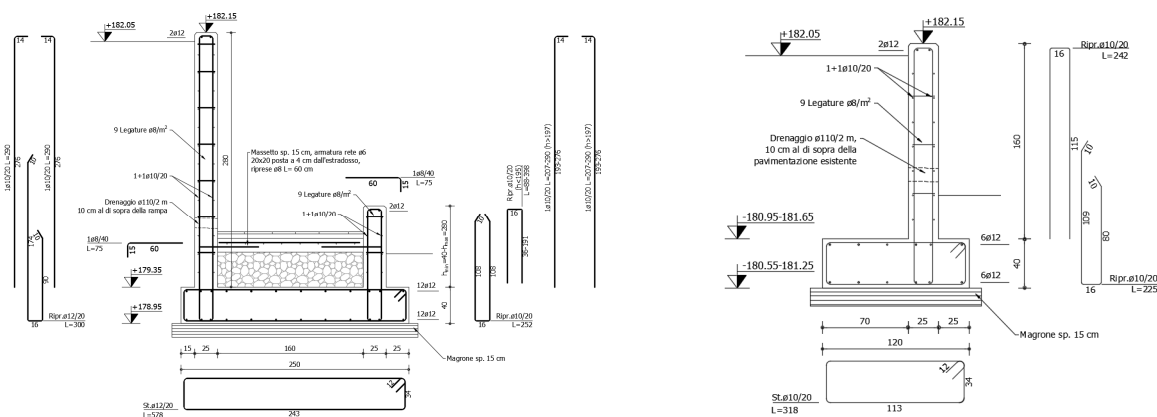


Figura 1: Sezioni del muro di sostegno



## 5. ANALISI DEI CARICHI

### 5.1 Peso proprio degli elementi strutturali

Il peso proprio del calcestruzzo armato è pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

### 5.2 Carico della neve

Il sito dove verrà realizzata l'opera è a una quota indicativa di 180 m s.l.m.m. Con riferimento al §3.4.2 delle NTC 2018, per la zona I – Alpina il carico neve al suolo al di sotto dei 200 m s.l.m.m. è pari a  $q_{sk}=1,50$  kN/m<sup>2</sup>.

### 5.3 Carico accidentale

A favore di sicurezza si considererà un carico forfettario di  $Q_C=5$  kN/m<sup>2</sup> uniformemente distribuito a tergo del paramento per tener conto di eventuali destinazioni d'uso suscettibili di affollamento, anche temporaneo (situazioni in contesti di emergenza).

### 5.4 Azione del vento

Si presenta la valutazione dell'azione del vento sulla recinzione, avente un'altezza massima di 6 m dalla sommità del muro. Si assume a riferimento una rete a maglia sciolta 50x50 mm, con filo diametro 2,6 mm. Per la valutazione della pressione si fa riferimento alla Zona I, categoria IV:

PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO	Zona		1	
	velocità caratteristica al suolo	$v_{b,0}$	25,0	m/s
	altitudine di riferimento	$a_0$	1000	m
		$K_a$	0,010	
	altitudine del sito	$a_s$	180	m
	tempo di ritorno	$T_R$	75	anni
		$\alpha_R$	1,02	
	velocità di riferimento	$v_b(T_R)$	25,6	m/s
pressione cinetica di riferimento	$q_b$	0,41	kN/m <sup>2</sup>	

COEFFICIENTE DINAMICO E DI ESPOSIZIONE	coefficiente dinamico	$C_d$	1	
	categoria di esposizione del sito		IV	
		$k_r$	0,22	
		$z$	6,00	m
		$z_0$	0,30	m
		$z_{min}$	8,00	m
		$z_{eff}$	8,00	m
		$z/z_0$	26,67	
	coefficiente di topografia	$C_t$	1	
	coefficiente di esposizione	$C_e$	1,63	

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

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

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

Per il profilo circolare del filo si assume un coefficiente  $c_p=2,4$ , conseguentemente risulta sul singolo filo un'azione  $q_v = q_b \cdot c_t \cdot c_e \cdot c_p \cdot d = 41 \text{ daN/m}^2 \cdot 1 \cdot 1,63 \cdot 2,4 \cdot 0,0026 \text{ m} = 0,42 \text{ daN/m}$

Dato la maglia, risulta su un metro quadro di recinzione uno sviluppo di 40 m e dunque un carico superficiale  $Q_v = 16,7 \text{ daN/m}^2$ .

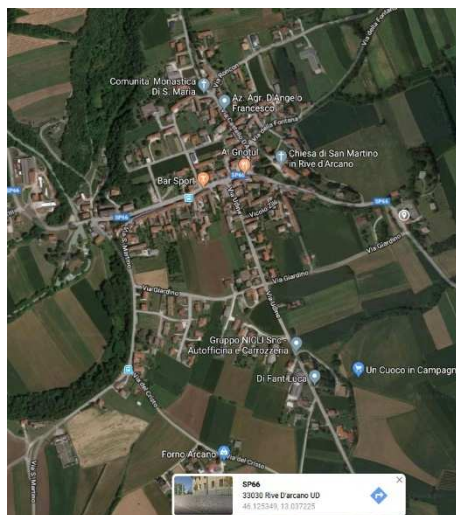
---

## 6. RELAZIONE SISMICA

---

L'azione sismica di progetto, sulla base della quale valutare il rispetto dei diversi Stati Limite considerati, è stata definita a partire dalla pericolosità sismica di base del sito ove l'opera sarà realizzata.

Il sito è stato individuato in coordinate geografiche tramite Google map.



**Figura 2: Individuazione delle coordinate del sito**

La vita nominale attribuita all'opera è pari a **50 anni**: *Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.*

La classe d'uso attribuita è la **Classe III**: *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali.*

La relazione geologica ha fornito indicazioni circa la categoria del sottosuolo (**C**) e le condizioni topografiche (**T1**).

Per garantire il rispetto degli Stati Limite Ultimi e di Esercizio, occorre effettuare diverse verifiche di sicurezza. Ciascuna di esse garantisce, per ogni Stato Limite, quindi per il corrispettivo livello di azione sismica, il raggiungimento di una data prestazione da parte della costruzione nel suo complesso.

Gli stati limite considerati nella progettazione sono:

*Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):* a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Detto Stato Limite è utilizzato per le verifiche di resistenza e duttilità delle strutture e del sistema fondazione-terreno.

Si riportano i parametri di definizione degli spettri delle accelerazioni riferiti ai diversi stati limite, ottenuti dal programma Spettri NTC ver. 1.0.3 fornito dal Ministero dei Lavori Pubblici.

The screenshot displays the 'Spettri NTC' software interface. At the top, there are two search methods: 'Ricerca per coordinate' (selected) and 'Ricerca per comune'. The coordinate search fields show 'LONGITUDINE' as 13,03723 and 'LATITUDINE' as 46,12535. The comune search fields show 'REGIONE' as Friuli-Venezia Giulia, 'PROVINCIA' as Udine, and 'COMUNE' as San Pietro al Natisone. Below these are sections for 'Elaborazioni grafiche' (Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri) and 'Elaborazioni numeriche' (Tabella parametri). A map of Italy is shown with a red dot indicating the selected location. To the left of the map is a small grid showing nodes around the site, with coordinates like 9650, 9651, 9872, and 9873. A legend on the right indicates 'Sito esterno al reticolo', 'Interpolazione su 3 nodi', and 'Interpolazione corretta'. A dropdown menu for 'Interpolazione' is set to 'superficie rigata'. A text box at the bottom explains that the 'Ricerca per comune' method uses ISTAT coordinates and suggests 'Ricerca per coordinate' for more precise results.

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU {

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info

Categoria topografica  info

$S_S = 1,312$   $C_C = 1,497$  info

$h/H = 1,000$   $S_T = 1,000$  info

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

Compon. orizzontale

☒ Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%)   $\eta = 1,000$  info

☐ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_s$   Regol. in altezza  info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore  $q$    $\eta = 0,667$  info

Elaborazioni

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

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

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



#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,264 g
$F_0$	2,452
$T_C^*$	0,341 s
$S_S$	1,312
$C_C$	1,497
$S_T$	1,000
$q$	1,000

#### Parametri dipendenti

$S$	1,312
$\eta$	1,000
$T_B$	0,170 s
$T_C$	0,511 s
$T_D$	2,654 s

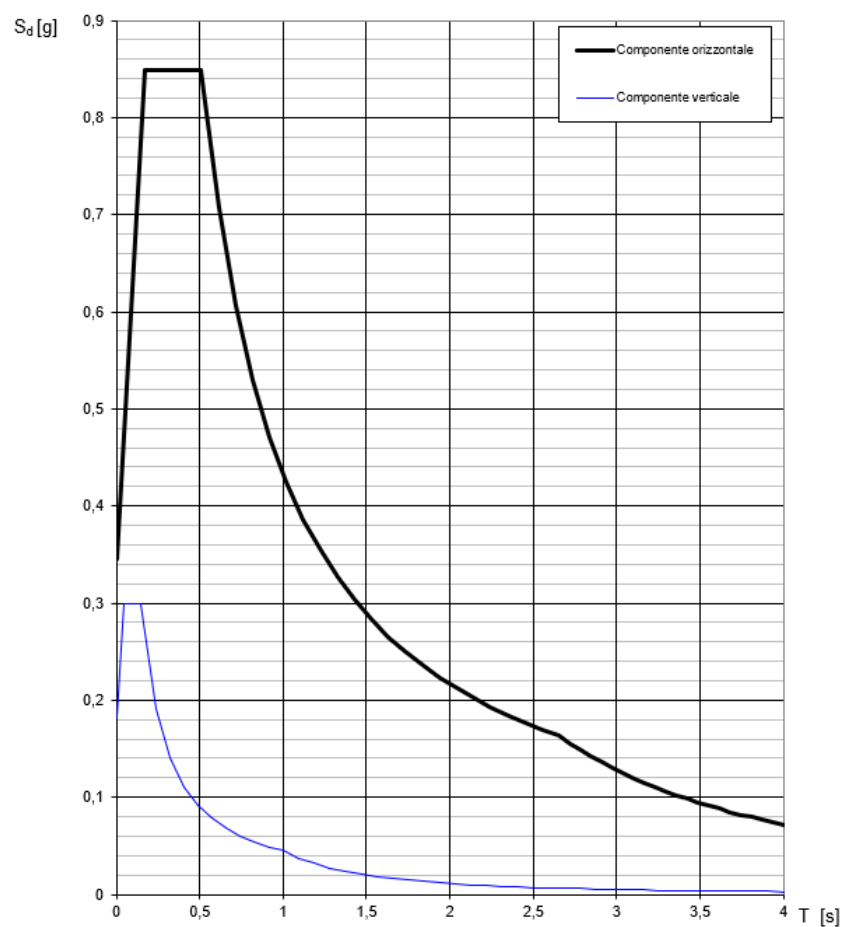


Figura 3: Parametri di definizione dello spettro delle pseudo-accelerazioni elastico riferito allo SLV

IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE



---

## 7. VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO LATO SCUOLA

---

### 7.1 Premessa

La verifica del muro è stata eseguita con il software Max v.15.03 D della Aztec Informatica.



Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### 7.2 Analisi dei carichi

Peso proprio del muro e del rivestimento del paramento: valutato automaticamente dal programma sulla base dei materiali impostati nell'analisi

Sovraccarico: Il carico della neve valutato in precedenza è sostituito dal carico forfettario  $Q_c=5,00$  kN/m<sup>2</sup>.

### 7.3 Impostazioni del programma e dati di modellazione

#### 7.3.1 Metodo di Mononobe-Okabe

Il metodo di Mononobe-Okabe adotta le stesse ipotesi della teoria di Coulomb: un cuneo di spinta a monte del muro che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea. Mette in conto inoltre l'inerzia sismica del cuneo in direzione orizzontale e verticale. Dall'equilibrio del cuneo si ricava la spinta che il terreno esercita sull'opera di sostegno in condizioni sismiche. Viene messo

in conto, come nella teoria di Coulomb, l'esistenza dell'attrito fra il terreno e il paramento del muro, e quindi la retta di spinta risulta inclinata rispetto alla normale al paramento stesso di un angolo di attrito terra-muro.

L'espressione della spinta totale (statica più sismica) esercitata da un terrapieno, di peso di volume  $\gamma$ , su una parete di altezza  $H$ , risulta espressa secondo la teoria di Mononobe-Okabe dalla seguente relazione

$$S = \frac{1}{2} \cdot (1 \pm k_v) \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a$$

$K_a$  rappresenta il coefficiente di spinta attiva espresso da

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \phi - \vartheta)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta - \vartheta) \cdot \left[ 1 + \frac{\sqrt{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \vartheta)}}{\sin(\alpha - \delta - \vartheta) \cdot \sin(\alpha + \beta)} \right]}$$

L'angolo  $\theta$  è legato al coefficiente sismico dalla seguente espressione

$$\tan(\vartheta) = \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

dove  $k_h$  e  $k_v$  rappresentano in coefficiente di intensità sismica orizzontale e verticale.

Nel caso in cui il terrapieno sia gravato di un sovraccarico uniforme  $Q$  l'espressione della pressione e della spinta diventano

$$\begin{aligned} \sigma_a &= (\gamma \cdot z + Q) \cdot K_a \\ S &= \left( \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 + Q \cdot H \right) \cdot K_a \end{aligned}$$

Al carico  $Q$  corrisponde un diagramma delle pressioni rettangolare con risultante applicata a  $H/2$ . Nel caso di terreno dotato di coesione  $c$  l'espressione della pressione esercitata sulla parete, alla generica profondità  $z$ , diventa

$$\sigma_a = \gamma \cdot z \cdot K_a - 2c \cdot K_a^{1/2}$$

Al diagramma triangolare, espresso dal termine  $\gamma \cdot z \cdot K_a$ , si sottrae il diagramma rettangolare legato al termine con la coesione. La pressione  $\sigma_a$  risulta negativa per valori di  $z$  minori di

$$h_c = \frac{2c}{\gamma \cdot K_a^{1/2}}$$

La grandezza  $h_c$  è detta altezza critica e rappresenta la profondità di potenziale frattura del terreno. E' chiaro che se l'altezza della parete è inferiore ad  $h_c$  non abbiamo nessuna spinta sulla parete.

### Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a:

$$\varepsilon' = \varepsilon + \vartheta$$

$$\beta' = \beta + \vartheta$$

dove  $\vartheta = \arctg\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$ , essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico

verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\vartheta = \arctg\left[\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}\right) \cdot \left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)\right]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\vartheta = \arctg\left[\left(\frac{\gamma}{\gamma_{sat} - \gamma_w}\right) \cdot \left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)\right]$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da:

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale:

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \vartheta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos \vartheta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

### 7.3.2 Verifiche

#### Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante. Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

#### Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ .

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_s}{F_r} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \cdot \tan \delta_f + c_a \cdot B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, un'aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

#### Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_q \geq 1.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di *Meyerhof*.

$$Q_u = c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$$

La simbologia adottata è la seguente:

- c      coesione del terreno in fondazione;
- $\phi$       angolo di attrito del terreno in fondazione;
- $\gamma$       peso di volume del terreno in fondazione;
- B      larghezza della fondazione;
- D      profondità del piano di posa;
- q      pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2(45 + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

I fattori  $d$  e  $i$  che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

#### Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \cdot \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 (\phi = 0)$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \cdot \sqrt{K_p} (\phi > 0)$$

#### Fattori di inclinazione

Indicando con  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale ( espresso in gradi ) e con  $\Phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_q = i_c = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\phi}\right)^2 (\phi > 0)$$

$$i_\gamma = 0 (\phi = 0)$$

#### Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro + terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i \cdot b_i + (W_i - u_i \cdot b_i) \cdot \tan \phi}{m} \right)}{\sum_i W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\tan \phi_i \cdot \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cdot \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.



### 7.3.3 Normativa e Approccio di progetto

Normativa usata: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7

#### Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

#### Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

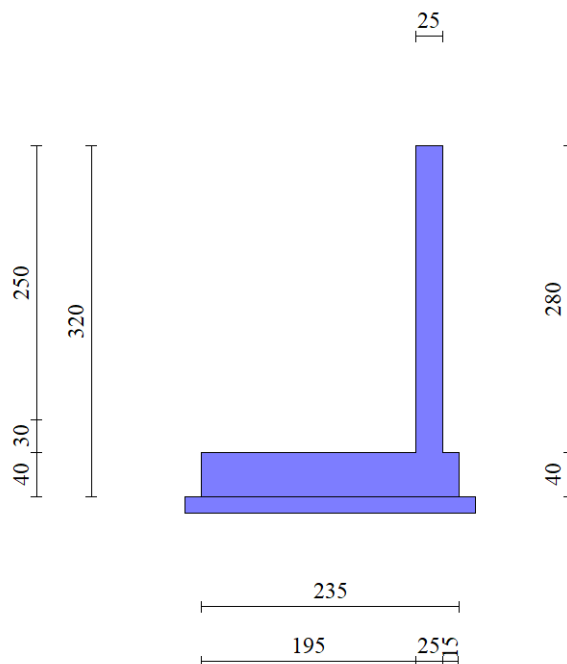
Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi')}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00	1.00	1.00

#### Coeff. parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

### 7.3.4 Geometria del muro e della fondazione

#### Geometria muro



#### Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	2,80	[m]
Altezza paramento libero	2,50	[m]
Spessore in sommità	0,25	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,25	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

#### Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	1,95	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,15	[m]
Lunghezza totale	2,35	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,40	[m]
Spessore magrone	0,15	[m]

### 7.3.5 Materiali

#### Simbologia adottata

$n^\circ$  Indice materiale

Descr Descrizione del materiale

#### Calcestruzzo armato

$C$  Classe di resistenza del cls

$A$  Classe di resistenza dell'acciaio

$\gamma$  Peso specifico, espresso in [kN/mc]

$R_{ck}$  Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

$E$  Modulo elastico, espresso in [kg/cm<sup>2</sup>]

$\nu$  Coeff. di Poisson  
 $n$  Coeff. di omogeneizzazione acciaio/cls  
 $ntc$  Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso

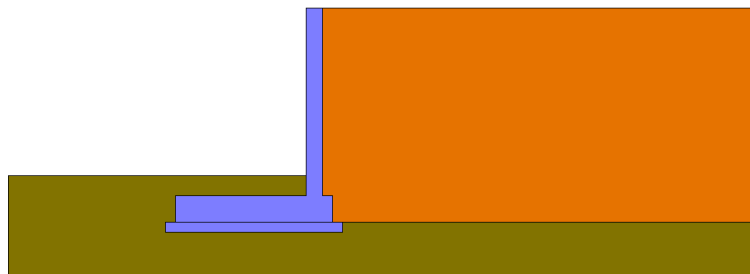
Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$	$R_{ck}$	E	$\nu$	n	ntc
				[kN/mc]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]			
1	C32/40	C32/40	B450C	24,5170	407,88	343054	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	$f_{yk}$	$f_{uk}$
	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
B450C	4588,65	5506,38

### 7.3.6 Geometria profilo terreno a monte del muro



Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

$n^\circ$  numero ordine del punto  
 $X$  ascissa del punto espressa in [m]  
 $Y$  ordinata del punto espressa in [m]  
 $A$  inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0,00	0,00	0.000
2	8,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

### 7.3.7 Descrizione dei terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

$n^\circ$  Indice del terreno  
 $Descr$  Descrizione terreno  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\gamma_s$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]  
 $\delta$  Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]  
 $c$  Coesione espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

$c_a$  Adesione terra-muro espressa in [kg/cm<sup>q</sup>]

Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)

$\tau_l$  Tensione tangenziale limite, espressa in [kg/cm<sup>q</sup>]

n°	Descr	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$	Cesp	$\tau_l$
		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>q</sup> ]	[kg/cm <sup>q</sup> ]		[kg/cm <sup>q</sup> ]
1	Terreno	20,0000	22,0000	30.000	20.000	0,00	0,00		
2	Terreno fondazione	20,0000	22,0000	35.000	35.000	0,00	0,00		

### 7.3.8 Stratigrafia

Simbologia adottata

$n^\circ$  Indice dello strato

H Spessore dello strato espresso in [m]

$\alpha$  Inclinazione espressa in [°]

Terreno Terreno dello strato

Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

Per calcolo pali (solo se presenti)

Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

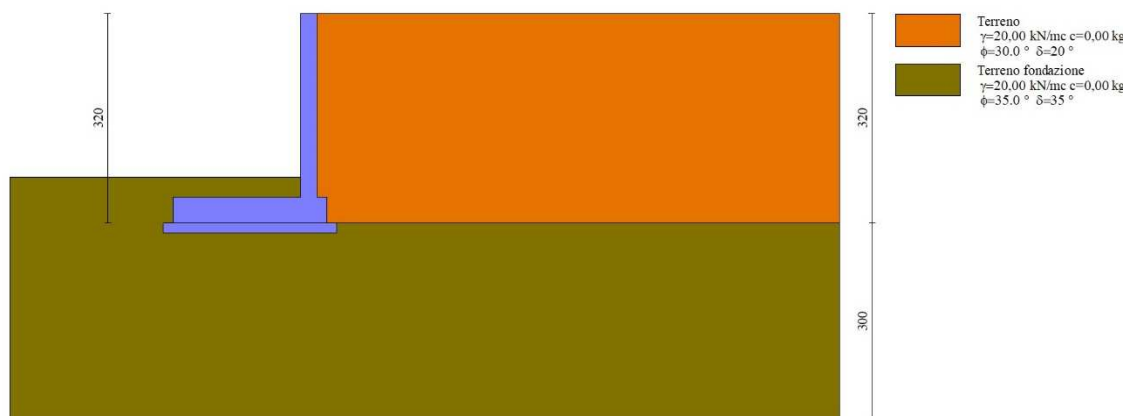
Ks Coefficiente di spinta

Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

$Kst_{sta}$ ,  $Kst_{sis}$  Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H	$\alpha$	Terreno	Kwn	Kwt	Kw	Ks	Cesp	$Kst_{sta}$	$Kst_{sis}$
	[m]	[°]		[Kg/cm <sup>3</sup> ]	[Kg/cm <sup>3</sup> ]	[Kg/cm <sup>3</sup> ]				
1	3,20	0.000	Terreno	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
2	3,00	0.000	Terreno fondazione	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000



### 7.3.9 Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

$F_x$  Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

$F_y$  Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]  
 $M$  Momento espresso in [kNm]  
 $X_i$  Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]  
 $X_f$  Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]  
 $Q_i$  Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kN]  
 $Q_f$  Intensità del carico per  $x=X_f$  espressa in [kN]

#### Condizione n° 1 (Variabile C) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.70$  -  $\Psi_1=0.70$  -  $\Psi_2=0.60$

#### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					0,00	8,00	5,0000	5,0000

#### 7.3.10 Combinazioni di carico

##### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Variabile C	1.50	1.00	Sfavorevole

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Variabile C	1.00	0.60	Sfavorevole

#### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Variabile C	1.00	0.60	Sfavorevole

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Variabile C	1.30	1.00	Sfavorevole

#### Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Variabile C	1.00	0.60	Sfavorevole

#### Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Variabile C	1.00	0.60	Sfavorevole

#### Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Variabile C	1.50	1.00	Sfavorevole

#### Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Variabile C	1.00	0.60	Sfavorevole

#### Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Variabile C	1.00	0.60	Sfavorevole

#### Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Variabile C	1.00	1.00	Sfavorevole

#### Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

### 7.3.11 Impostazioni analisi sismica

#### Dati sismici

Comune	Rive D' Arcano
Provincia	Udine
Regione	Friuli-Venezia Giulia
Latitudine	46.126553
Longitudine	13.032928
Indice punti di interpolazione	9651 - 9650 - 9872 - 9873
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	75 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		2.549	0.954
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.260	0.097
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.456	2.456
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.341	0.274
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.317	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	0.380	13.005	6.503
Ultimo - Ribaltamento	1.000	19.508	9.754
Esercizio	0.470	6.853	3.427

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

### 7.3.12 Opzioni di calcolo

#### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Mononobe-Okabe
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

#### Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof	
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)		Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof	
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna	
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_\gamma$ )	Larghezza ridotta (B')	
Fattori di forma e inclinazione del carico	Fattori di inclinazione e fattori di forma	

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra

#### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale

Bishop

#### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante 50.00

Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione 50.00

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni NO

Considera terreno sulla fondazione di valle NO

Considera spinta e peso acqua fondazione di valle NO

#### Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

#### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

#### Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

#### Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

##### **Paramento e fondazione muro**

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD **non eseguite**. Struttura in classe d'uso III o IV

Condizioni ambientali Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata SI

#### *Verifica a fessurazione*

Sensibilità armatura Poco sensibile

Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Valori limite aperture delle fessure:

$$w_1=0.20$$

$$w_2=0.30$$

$$w_3=0.40$$

#### *Verifica delle tensioni*

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	$0.60 f_{ck}$	$0.80 f_{yk}$
Frequente	$1.00 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$
Quasi permanente	$0.45 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$



## 7.4 Risultati per combinazione

### 7.4.1 Spinta e forze

Simbologia adottata

$I_c$  Indice della combinazione

$A$  Tipo azione

$I$  Inclinazione della spinta, espressa in  $[\circ]$

$V$  Valore dell'azione, espressa in  $[kN]$

$C_x, C_y$  Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in  $[kN]$

$P_x, P_y$  Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in  $[m]$

$I_c$	$A$	$V$ [kN]	$I$ [°]	$C_x$ [kN]	$C_y$ [kN]	$P_x$ [m]	$P_y$ [m]
1	Spinta statica	46,71	20,00	43,90	15,98	0,15	-2,05
	Peso/Inerzia muro			0,00	40,21/0,00	-0,64	-2,32
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	9,53/0,00	0,08	-1,40
	Resistenza passiva terreno antistante			-9,04			
2	Spinta statica	33,30	20,00	31,29	11,39	0,15	-2,09
	Incremento di spinta sismica		12,44	11,69	4,25	0,15	-2,13
	Peso/Inerzia muro			5,23	40,21/2,61	-0,64	-2,32
	Peso/Inerzia terrapieno			1,15	8,85/0,58	0,08	-1,40
	Resistenza passiva terreno antistante			-9,04			
3	Spinta statica	33,30	20,00	31,29	11,39	0,15	-2,09
	Incremento di spinta sismica		8,34	7,83	2,85	0,15	-2,13
	Peso/Inerzia muro			5,23	40,21/-2,61	-0,64	-2,32
	Peso/Inerzia terrapieno			1,15	8,85/-0,58	0,08	-1,40
	Resistenza passiva terreno antistante			-9,04			
10	Spinta statica	35,20	20,00	33,08	12,04	0,15	-2,06
	Peso/Inerzia muro			0,00	40,21/0,00	-0,64	-2,32
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	9,15/0,00	0,08	-1,40
	Resistenza passiva terreno antistante			-9,04			
11	Spinta statica	30,44	20,00	28,61	10,41	0,15	-2,13
	Peso/Inerzia muro			0,00	40,21/0,00	-0,64	-2,32
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	8,40/0,00	0,08	-1,40
	Resistenza passiva terreno antistante			-9,04			
12	Spinta statica	30,44	20,00	28,61	10,41	0,15	-2,13
	Peso/Inerzia muro			0,00	40,21/0,00	-0,64	-2,32
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	8,40/0,00	0,08	-1,40
	Resistenza passiva terreno antistante			-9,04			

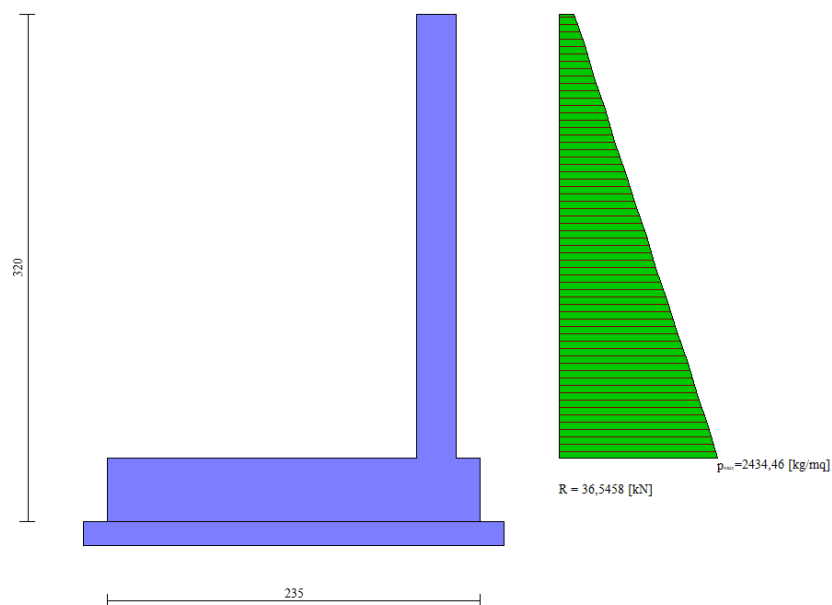


Diagramma delle pressioni in comb. 1

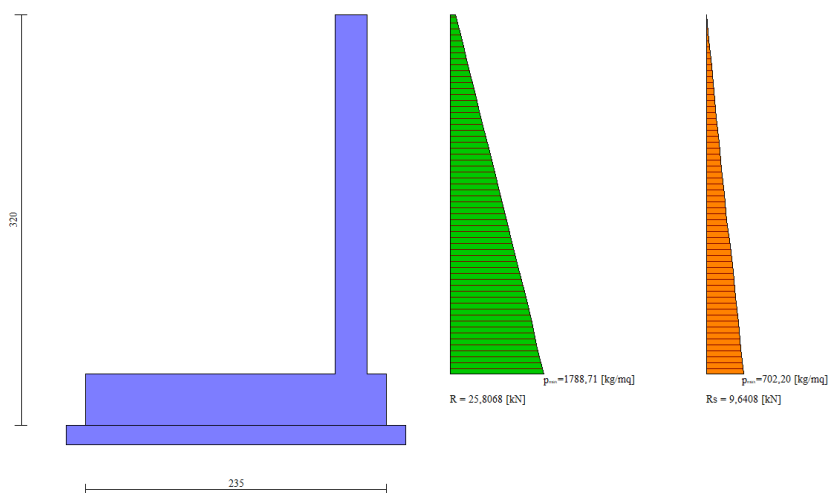


Diagramma delle pressioni in comb. 2

#### 7.4.2 Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

*Simbologia adottata*

*Cmb* Indice/Tipo combinazione

*S* Sisma (*H*: componente orizzontale, *V*: componente verticale)

*FSSCO* Coeff. di sicurezza allo scorrimento

*FSRIB* Coeff. di sicurezza al ribaltamento

*FSQLIM* Coeff. di sicurezza a carico limite

*FSSTAB* Coeff. di sicurezza a stabilità globale

*FSHYD* Coeff. di sicurezza a sifonamento

*FSUPL* Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FSSCO	FSRIB	FSQLIM	FSSTAB	FSHYD	FSUPL
1 - STR (A1-M1-R3)		1.254		6.082			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.146		5.128			

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.124		5.450			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.381		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.453		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.414		
7 - EQU (A1-M1-R3)			2.419				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.064				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.801				

#### 7.4.2.1 Verifica a scorrimento fondazione

##### Simbologia adottata

$n^\circ$  Indice combinazione

$R_{sa}$  Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]

$R_{pt}$  Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]

$R_{ps}$  Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]

$R_p$  Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]

$R_t$  Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]

$R$  Resistenza allo scorrimento (somma di  $R_{sa}+R_{pt}+R_{ps}+R_p$ ), espresso in [kN]

$T$  Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]

$FS$  Fattore di sicurezza (rapporto  $R/T$ )

$n^\circ$	$R_{sa}$	$R_{pt}$	$R_{ps}$	$R_p$	$R_t$	$R$	$T$	$FS$
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	46,01	9,04	0,00	--	--	55,05	43,90	1.254
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	47,54	9,04	0,00	--	--	56,58	49,36	1.146
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	42,09	9,04	0,00	--	--	51,13	45,50	1.124

#### 7.4.2.2 Verifica a carico limite

##### Simbologia adottata

$n^\circ$  Indice combinazione

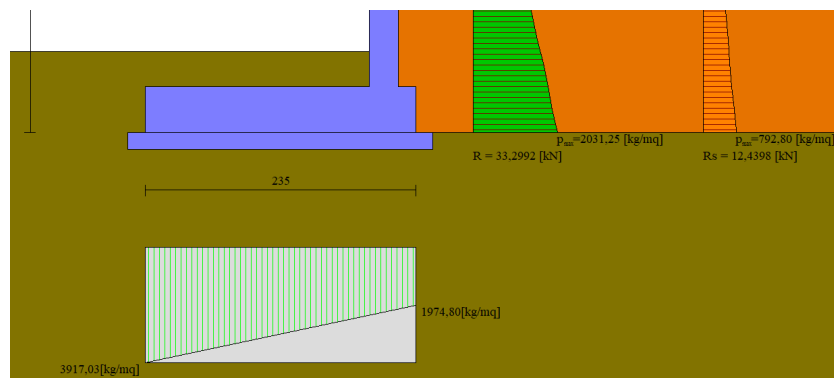
$N$  Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]

$Q_u$  carico limite del terreno, espresso in [kN]

$Q_d$  Portanza di progetto, espresso in [kN]

$FS$  Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza di progetto e carico agente al piano di posa)

$n^\circ$	$N$	$Q_u$	$Q_d$	$FS$
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	65,71	399,63	285,45	6.082
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	67,89	348,14	290,12	5.128
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	60,11	327,59	272,99	5.450



## Dettagli calcolo portanza

### Simbologia adottata

$n^\circ$  Indice combinazione

$N_c, N_q, N_\gamma$  Fattori di capacità portante

$i_c, i_q, i_\gamma$  Fattori di inclinazione del carico

$d_c, d_q, d_\gamma$  Fattori di profondità del piano di posa

$g_c, g_q, g_\gamma$  Fattori di inclinazione del profilo topografico

$b_c, b_q, b_\gamma$  Fattori di inclinazione del piano di posa

$s_c, s_q, s_\gamma$  Fattori di forma della fondazione

$p_c, p_q, p_\gamma$  Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic

$r_\gamma$  Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia  $0.5B\gamma N_\gamma$  viene moltiplicato per questo fattore

$D$  Affondamento del piano di posa, espresso in [m]

$B'$  Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]

$H$  Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]

$\gamma$  Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]

$\phi$  Angolo di attrito del terreno medio, espresso in  $[\circ]$

$c$  Coesione del terreno medio, espresso in [kg/cm $q$ ]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

$n^\circ$	$N_c$ $N_q$ $N_\gamma$	$i_c$ $i_q$ $i_\gamma$	$d_c$ $d_q$ $d_\gamma$	$g_c$ $g_q$ $g_\gamma$	$b_c$ $b_q$ $b_\gamma$	$s_c$ $s_q$ $s_\gamma$	$p_c$ $p_q$ $p_\gamma$	$r_\gamma$	$D$ [m]	$B'$ $H$ [m]	$\gamma$ [kN/mc]	$\phi$ [ $^\circ$ ]	$c$ [kg/cm $q$ ]
1	46.124 33.296 37.152	0.391 0.391 0.001	1.114 1.057 1.057	-- -- --	-- -- --	1.173 1.087 1.087	-- -- --	0.982	0,70	2,35 2,26	20,00	35.00	0,00
2	46.124 33.296 37.152	0.360 0.360 0.001	1.114 1.057 1.057	-- -- --	-- -- --	1.173 1.087 1.087	-- -- --	0.982	0,70	2,35 2,26	20,00	35.00	0,00
3	46.124 33.296 37.152	0.345 0.345 0.004	1.114 1.057 1.057	-- -- --	-- -- --	1.173 1.087 1.087	-- -- --	0.982	0,70	2,35 2,26	20,00	35.00	0,00

### 7.4.2.3 Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

$n^\circ$  Indice combinazione

$M_s$  Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

$M_r$  Momento ribaltante, espresso in [kNm]

$FS$  Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
7 - EQU (A1-M1-R3)	121,91	50,40	2.419
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	133,61	64,72	2.064
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	121,06	67,22	1.801

#### 7.4.2.4 Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione

C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]

R Raggio, espresso in [m]

FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 0,50	3,90	1.381
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1,00; 1,00	4,38	1.453
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,00; 2,00	5,35	1.414

#### Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

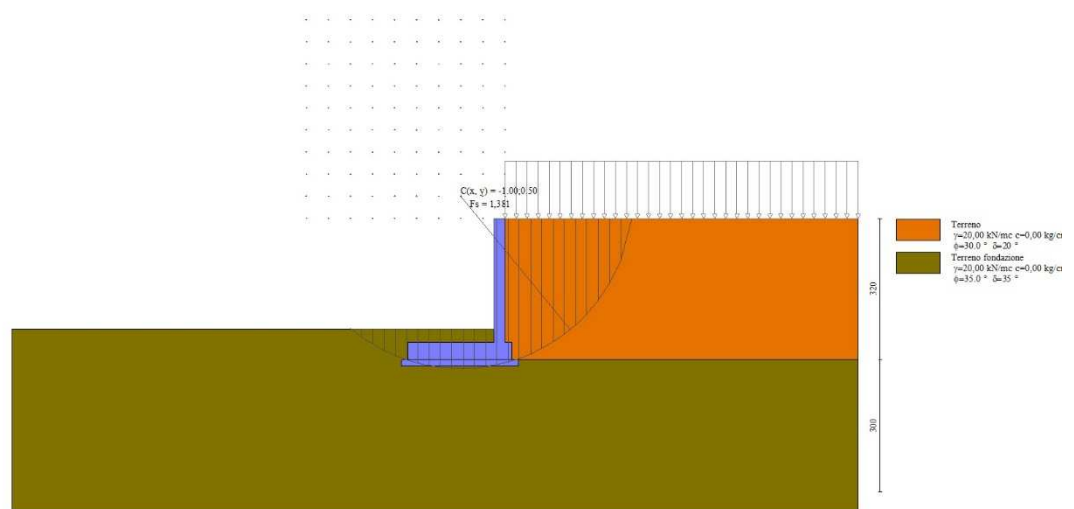
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W	Qy	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kN]
1	2,43	1,66	2,87 - 0,26	74.987	24.791	0,00	0,000	
2	6,18	1,66	0,26	63.886	24.791	0,00	0,000	
3	8,49	1,66	0,26	56.247	24.791	0,00	0,000	
4	10,24	1,66	0,26	49.957	24.791	0,00	0,000	
5	11,65	1,66	0,26	44.416	24.791	0,00	0,000	
6	12,82	1,66	0,26	39.366	24.791	0,00	0,000	
7	13,81	1,66	0,26	34.660	24.791	0,00	0,000	
8	14,64	1,66	0,26	30.211	24.791	0,00	0,000	
9	15,33	1,66	0,26	25.956	24.791	0,00	0,000	
10	15,91	1,66	0,26	21.851	24.791	0,00	0,000	
11	16,53	1,66	0,26	17.861	29.256	0,00	0,000	
12	19,58	0,44	0,26	13.959	29.256	0,00	0,000	
13	7,40	0,00	0,26	10.122	29.256	0,00	0,000	
14	4,92	0,00	0,26	6.331	29.256	0,00	0,000	

n°	W	Qy	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kN]
15	5,02	0,00	0,26	2.568	29.256	0,00	0,000	
16	5,04	0,00	0,26	-1.184	29.256	0,00	0,000	
17	4,97	0,00	0,26	-4.941	29.256	0,00	0,000	
18	4,81	0,00	0,26	-8.720	29.256	0,00	0,000	
19	4,57	0,00	0,26	-12.537	29.256	0,00	0,000	
20	4,18	0,00	0,26	-16.413	29.256	0,00	0,000	
21	3,34	0,00	0,26	-20.367	29.256	0,00	0,000	
22	2,80	0,00	0,26	-24.427	29.256	0,00	0,000	
23	2,15	0,00	0,26	-28.622	29.256	0,00	0,000	
24	1,37	0,00	0,26	-32.994	29.256	0,00	0,000	
25	0,45	0,00	-3,50 - 0,26	-36.015	29.256	0,00	0,000	



## 7.5 Verifiche allo SLU e allo SLE

### 7.5.1 Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

##### Simbologia adottata

*N* Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.

*T* Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle

*M* Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

#### Paramento

##### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,61	0,20	0,01
3	-0,20	1,23	0,49	0,04
4	-0,30	1,84	0,85	0,11
5	-0,40	2,45	1,29	0,22

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
6	-0,50	3,06	1,80	0,37
7	-0,60	3,68	2,40	0,58
8	-0,70	4,29	3,08	0,85
9	-0,80	4,90	3,84	1,20
10	-0,90	5,52	4,67	1,62
11	-1,00	6,13	5,58	2,13
12	-1,10	6,74	6,58	2,74
13	-1,20	7,36	7,65	3,45
14	-1,30	7,97	8,80	4,27
15	-1,40	8,58	10,03	5,21
16	-1,50	9,19	11,34	6,28
17	-1,60	9,81	12,73	7,49
18	-1,70	10,42	14,19	8,83
19	-1,80	11,03	15,74	10,33
20	-1,90	11,65	17,36	11,98
21	-2,00	12,26	19,07	13,80
22	-2,10	12,87	20,85	15,80
23	-2,20	13,48	22,71	17,98
24	-2,30	14,10	24,65	20,34
25	-2,40	14,71	26,67	22,91
26	-2,50	15,32	28,77	25,68
27	-2,60	15,94	30,95	28,67
28	-2,70	16,55	33,21	31,87
29	-2,80	17,16	35,54	35,31

#### Combinazione n° 10 - SLER

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,61	0,17	0,01
3	-0,20	1,23	0,39	0,04
4	-0,30	1,84	0,67	0,09
5	-0,40	2,45	1,01	0,17
6	-0,50	3,06	1,40	0,29
7	-0,60	3,68	1,84	0,45
8	-0,70	4,29	2,35	0,66
9	-0,80	4,90	2,91	0,92
10	-0,90	5,52	3,52	1,24
11	-1,00	6,13	4,19	1,63
12	-1,10	6,74	4,92	2,08
13	-1,20	7,36	5,70	2,62
14	-1,30	7,97	6,54	3,23
15	-1,40	8,58	7,43	3,92
16	-1,50	9,19	8,38	4,71
17	-1,60	9,81	9,39	5,60
18	-1,70	10,42	10,45	6,59
19	-1,80	11,03	11,57	7,69
20	-1,90	11,65	12,74	8,91
21	-2,00	12,26	13,97	10,24
22	-2,10	12,87	15,25	11,70
23	-2,20	13,48	16,60	13,30
24	-2,30	14,10	17,99	15,03
25	-2,40	14,71	19,45	16,90
26	-2,50	15,32	20,95	18,92
27	-2,60	15,94	22,52	21,09
28	-2,70	16,55	24,14	23,42
29	-2,80	17,16	25,82	25,92

### Combinazione n° 11 - SLEF

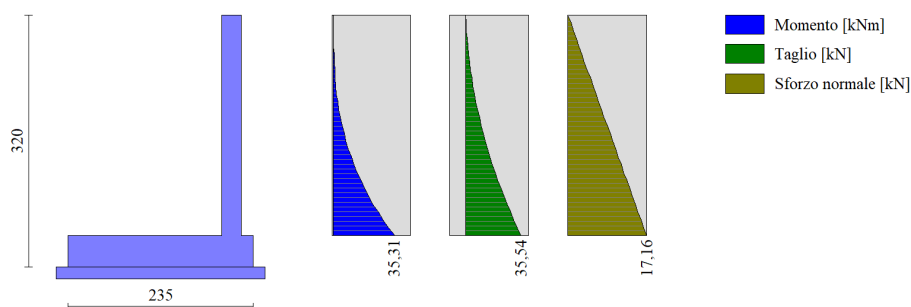
n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,61	0,03	0,00
3	-0,20	1,23	0,11	0,01
4	-0,30	1,84	0,25	0,03
5	-0,40	2,45	0,45	0,06
6	-0,50	3,06	0,70	0,12
7	-0,60	3,68	1,01	0,20
8	-0,70	4,29	1,37	0,32
9	-0,80	4,90	1,79	0,48
10	-0,90	5,52	2,26	0,68
11	-1,00	6,13	2,79	0,93
12	-1,10	6,74	3,38	1,24
13	-1,20	7,36	4,02	1,61
14	-1,30	7,97	4,72	2,05
15	-1,40	8,58	5,48	2,56
16	-1,50	9,19	6,29	3,14
17	-1,60	9,81	7,15	3,81
18	-1,70	10,42	8,07	4,58
19	-1,80	11,03	9,05	5,43
20	-1,90	11,65	10,09	6,39
21	-2,00	12,26	11,18	7,45
22	-2,10	12,87	12,32	8,62
23	-2,20	13,48	13,52	9,92
24	-2,30	14,10	14,78	11,33
25	-2,40	14,71	16,09	12,87
26	-2,50	15,32	17,46	14,55
27	-2,60	15,94	18,89	16,37
28	-2,70	16,55	20,37	18,33
29	-2,80	17,16	21,90	20,44

### Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,61	0,03	0,00
3	-0,20	1,23	0,11	0,01
4	-0,30	1,84	0,25	0,03
5	-0,40	2,45	0,45	0,06
6	-0,50	3,06	0,70	0,12
7	-0,60	3,68	1,01	0,20
8	-0,70	4,29	1,37	0,32
9	-0,80	4,90	1,79	0,48
10	-0,90	5,52	2,26	0,68
11	-1,00	6,13	2,79	0,93
12	-1,10	6,74	3,38	1,24
13	-1,20	7,36	4,02	1,61
14	-1,30	7,97	4,72	2,05
15	-1,40	8,58	5,48	2,56
16	-1,50	9,19	6,29	3,14
17	-1,60	9,81	7,15	3,81
18	-1,70	10,42	8,07	4,58
19	-1,80	11,03	9,05	5,43
20	-1,90	11,65	10,09	6,39



n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
21	-2,00	12,26	11,18	7,45
22	-2,10	12,87	12,32	8,62
23	-2,20	13,48	13,52	9,92
24	-2,30	14,10	14,78	11,33
25	-2,40	14,71	16,09	12,87
26	-2,50	15,32	17,46	14,55
27	-2,60	15,94	18,89	16,37
28	-2,70	16,55	20,37	18,33
29	-2,80	17,16	21,90	20,44



## Fondazione

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-2,20	0,00	0,00	0,00
2	-2,10	0,00	2,75	0,13
3	-2,01	0,00	5,42	0,53
4	-1,91	0,00	8,02	1,19
5	-1,81	0,00	10,54	2,10
6	-1,71	0,00	12,98	3,24
7	-1,62	0,00	15,35	4,62
8	-1,52	0,00	17,64	6,23
9	-1,42	0,00	19,85	8,06
10	-1,32	0,00	21,98	10,10
11	-1,23	0,00	24,04	12,35
12	-1,13	0,00	26,02	14,79
13	-1,03	0,00	27,92	17,42
14	-0,93	0,00	29,75	20,23
15	-0,84	0,00	31,50	23,21
16	-0,74	0,00	33,17	26,37
17	-0,64	0,00	34,76	29,68
18	-0,54	0,00	36,28	33,14
19	-0,45	0,00	37,72	36,75
20	-0,35	0,00	39,09	40,50
21	-0,25	0,00	40,37	44,37
22	0,00	0,00	-7,32	-0,55
23	0,08	0,00	-3,69	-0,14
24	0,15	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-2,20	0,00	0,00	0,00

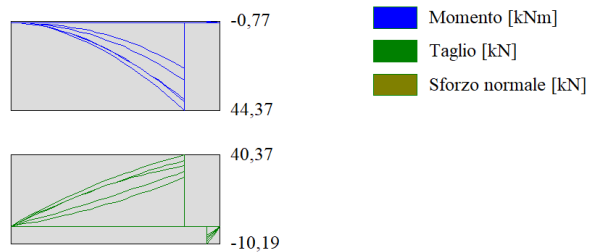
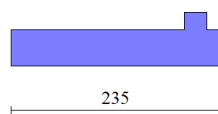
n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
2	-2,10	0,00	1,39	0,07
3	-2,01	0,00	2,80	0,27
4	-1,91	0,00	4,22	0,61
5	-1,81	0,00	5,66	1,09
6	-1,71	0,00	7,12	1,72
7	-1,62	0,00	8,60	2,48
8	-1,52	0,00	10,09	3,40
9	-1,42	0,00	11,60	4,45
10	-1,32	0,00	13,13	5,66
11	-1,23	0,00	14,68	7,01
12	-1,13	0,00	16,24	8,52
13	-1,03	0,00	17,82	10,18
14	-0,93	0,00	19,42	12,00
15	-0,84	0,00	21,04	13,97
16	-0,74	0,00	22,67	16,10
17	-0,64	0,00	24,33	18,39
18	-0,54	0,00	25,99	20,85
19	-0,45	0,00	27,68	23,46
20	-0,35	0,00	29,39	26,24
21	-0,25	0,00	31,11	29,19
22	0,00	0,00	-6,40	-0,48
23	0,08	0,00	-3,19	-0,12
24	0,15	0,00	0,00	0,00

#### Combinazione n° 11 - SLEF

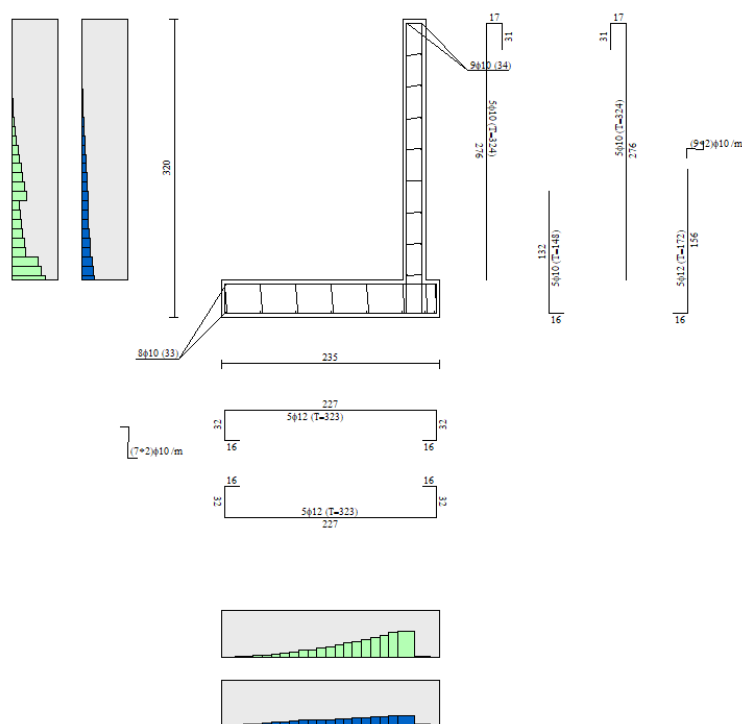
n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-2,20	0,00	0,00	0,00
2	-2,10	0,00	0,84	0,04
3	-2,01	0,00	1,74	0,17
4	-1,91	0,00	2,70	0,38
5	-1,81	0,00	3,71	0,69
6	-1,71	0,00	4,77	1,11
7	-1,62	0,00	5,90	1,63
8	-1,52	0,00	7,08	2,26
9	-1,42	0,00	8,31	3,01
10	-1,32	0,00	9,61	3,88
11	-1,23	0,00	10,96	4,88
12	-1,13	0,00	12,36	6,02
13	-1,03	0,00	13,82	7,30
14	-0,93	0,00	15,34	8,72
15	-0,84	0,00	16,91	10,29
16	-0,74	0,00	18,55	12,02
17	-0,64	0,00	20,23	13,91
18	-0,54	0,00	21,97	15,96
19	-0,45	0,00	23,77	18,19
20	-0,35	0,00	25,63	20,60
21	-0,25	0,00	27,54	23,19
22	0,00	0,00	-5,13	-0,38
23	0,08	0,00	-2,55	-0,10
24	0,15	0,00	0,00	0,00

#### Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-2,20	0,00	0,00	0,00
2	-2,10	0,00	0,84	0,04
3	-2,01	0,00	1,74	0,17
4	-1,91	0,00	2,70	0,38
5	-1,81	0,00	3,71	0,69
6	-1,71	0,00	4,77	1,11
7	-1,62	0,00	5,90	1,63
8	-1,52	0,00	7,08	2,26
9	-1,42	0,00	8,31	3,01
10	-1,32	0,00	9,61	3,88
11	-1,23	0,00	10,96	4,88
12	-1,13	0,00	12,36	6,02
13	-1,03	0,00	13,82	7,30
14	-0,93	0,00	15,34	8,72
15	-0,84	0,00	16,91	10,29
16	-0,74	0,00	18,55	12,02
17	-0,64	0,00	20,23	13,91
18	-0,54	0,00	21,97	15,96
19	-0,45	0,00	23,77	18,19
20	-0,35	0,00	25,63	20,60
21	-0,25	0,00	27,54	23,19
22	0,00	0,00	-5,13	-0,38
23	0,08	0,00	-2,55	-0,10
24	0,15	0,00	0,00	0,00



### 7.5.2 Verifiche strutturali



### Verifiche a flessione

#### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

$n^\circ$	indice sezione
$Y$	ordinata sezione espressa in [m]
$B$	larghezza sezione espresso in [cm]
$H$	altezza sezione espressa in [cm]
$A_{fi}$	area ferri inferiori espresso in [cmq]
$A_{fs}$	area ferri superiori espressa in [cmq]
$M$	momento agente espressa in [kNm]
$N$	sforzo normale agente espressa in [kN]
$M_u$	momento ultimi espresso in [kNm]
$N_u$	sforzo normale ultimo espressa in [kN]
$FS$	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

### Paramento

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	Y	B	H	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M	N	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	0,00	100	25	3,93	3,93	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00
2	-0,10	100	25	3,93	3,93	0,01	0,61	0,00	0,00	1000.00
3	-0,20	100	25	3,93	3,93	0,04	1,23	0,00	0,00	1000.000
4	-0,30	100	25	3,93	3,93	0,11	1,84	0,00	0,00	1000.00
5	-0,40	100	25	3,93	3,93	0,22	2,45	168,27	1918,14	782.371
6	-0,50	100	25	3,93	3,93	0,37	3,06	135,02	1121,48	365.944
7	-0,60	100	25	3,93	3,93	0,58	3,68	91,63	582,28	158.335
8	-0,70	100	25	3,93	3,93	0,85	4,29	69,40	349,40	81.435
9	-0,80	100	25	3,93	3,93	1,20	4,90	58,96	241,47	49.246

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
10	-0,90	100	25	3,93	3,93	1,62	5,52	52,17	177,43	32.164
11	-1,00	100	25	3,93	3,93	2,13	6,13	47,96	137,75	22.474
12	-1,10	100	25	3,93	3,93	2,74	6,74	45,12	110,96	16.458
13	-1,20	100	25	3,93	3,93	3,45	7,36	43,09	91,80	12.481
14	-1,30	100	25	3,93	3,93	4,27	7,97	41,57	77,50	9.726
15	-1,40	100	25	3,93	3,93	5,21	8,58	40,40	66,48	7.747
16	-1,50	100	25	3,93	3,93	6,28	9,19	39,48	57,77	6.284
17	-1,60	100	25	3,93	3,93	7,49	9,81	38,73	50,75	5.174
18	-1,70	100	25	3,93	3,93	8,83	10,42	38,12	44,98	4.317
19	-1,80	100	25	3,93	3,93	10,33	11,03	37,61	40,18	3.642
20	-1,90	100	25	3,93	3,93	11,98	11,65	37,18	36,14	3.104
21	-2,00	100	25	3,93	9,58	13,80	12,26	85,43	75,88	6.190
22	-2,10	100	25	3,93	9,58	15,80	12,87	84,78	69,08	5.367
23	-2,20	100	25	7,85	9,58	17,98	13,48	84,21	63,17	4.685
24	-2,30	100	25	7,85	9,58	20,34	14,10	83,72	58,02	4.116
25	-2,40	100	25	7,85	9,58	22,91	14,71	83,29	53,48	3.636
26	-2,50	100	25	7,85	9,58	25,68	15,32	82,91	49,47	3.228
27	-2,60	100	25	3,93	5,65	28,67	15,94	50,03	27,82	1.745
28	-2,70	100	25	3,93	5,65	31,87	16,55	49,83	25,87	1.563
29	-2,80	100	25	3,93	5,65	35,31	17,16	49,65	24,13	1.406

## Fondazione

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	-2,20	100	40	5,65	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000
2	-2,10	100	40	5,65	5,65	0,13	0,00	79,49	0,00	590.020
3	-2,01	100	40	5,65	5,65	0,53	0,00	79,49	0,00	148.889
4	-1,91	100	40	5,65	5,65	1,19	0,00	79,49	0,00	66.799
5	-1,81	100	40	5,65	5,65	2,10	0,00	79,49	0,00	37.934
6	-1,71	100	40	5,65	5,65	3,24	0,00	79,49	0,00	24.512
7	-1,62	100	40	5,65	5,65	4,62	0,00	79,49	0,00	17.188
8	-1,52	100	40	5,65	5,65	6,23	0,00	79,49	0,00	12.752
9	-1,42	100	40	5,65	5,65	8,06	0,00	79,49	0,00	9.861
10	-1,32	100	40	5,65	5,65	10,10	0,00	79,49	0,00	7.869
11	-1,23	100	40	5,65	5,65	12,35	0,00	79,49	0,00	6.439
12	-1,13	100	40	5,65	5,65	14,79	0,00	79,49	0,00	5.376
13	-1,03	100	40	5,65	5,65	17,42	0,00	79,49	0,00	4.564
14	-0,93	100	40	5,65	5,65	20,23	0,00	79,49	0,00	3.929
15	-0,84	100	40	5,65	5,65	23,21	0,00	79,49	0,00	3.424
16	-0,74	100	40	5,65	5,65	26,37	0,00	79,49	0,00	3.015
17	-0,64	100	40	5,65	5,65	29,68	0,00	79,49	0,00	2.678
18	-0,54	100	40	5,65	5,65	33,14	0,00	79,49	0,00	2.398
19	-0,45	100	40	5,65	5,65	36,75	0,00	79,49	0,00	2.163
20	-0,35	100	40	5,65	5,65	40,50	0,00	79,49	0,00	1.963
21	-0,25	100	40	5,65	5,65	44,37	0,00	79,49	0,00	1.791
22	0,00	100	40	5,65	5,65	-0,55	0,00	-79,49	0,00	144.091
23	0,08	100	40	5,65	5,65	-0,14	0,00	-79,49	0,00	573.994
24	0,15	100	40	5,65	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00

## Verifiche a taglio

Simbologia adottata

Is indice sezione

**Y** ordinata sezione espressa in [m]  
**B** larghezza sezione espressa in [cm]  
**H** altezza sezione espressa in [cm]  
**A<sub>sw</sub>** area ferri a taglio espressa in [cmq]  
**cotθ** inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
**V<sub>Rcd</sub>** resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]  
**V<sub>Rsd</sub>** resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]  
**V<sub>Rd</sub>** resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio ( $A_{sw} > 0.0$ )  $V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$ .  
**T** taglio agente espressa in [kN]  
**FS** fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

## Paramento

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	Y	B	H	A <sub>sw</sub>	s	cotθ	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	0,00	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,41	0,00	100.000
2	-0,10	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,49	0,20	603.324
3	-0,20	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,57	0,49	252.703
4	-0,30	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,65	0,85	144.971
5	-0,40	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,73	1,29	95.435
6	-0,50	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,81	1,80	68.040
7	-0,60	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,89	2,40	51.142
8	-0,70	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,97	3,08	39.928
9	-0,80	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,05	3,84	32.080
10	-0,90	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,13	4,67	26.363
11	-1,00	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,22	5,58	22.063
12	-1,10	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,30	6,58	18.745
13	-1,20	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,38	7,65	16.129
14	-1,30	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,46	8,80	14.029
15	-1,40	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,54	10,03	12.317
16	-1,50	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,62	11,34	10.902
17	-1,60	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,70	12,73	9.720
18	-1,70	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,78	14,19	8.721
19	-1,80	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,86	15,74	7.870
20	-1,90	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,94	17,36	7.138
21	-2,00	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	143,52	19,07	7.527
22	-2,10	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	143,60	20,85	6.887
23	-2,20	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	156,28	22,71	6.881
24	-2,30	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	156,36	24,65	6.342
25	-2,40	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	156,44	26,67	5.865
26	-2,50	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	156,52	28,77	5.440
27	-2,60	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	128,65	30,95	4.157
28	-2,70	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	128,73	33,21	3.877
29	-2,80	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	128,81	35,54	3.624

## Fondazione

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	Y	B	H	A <sub>sw</sub>	s	cotθ	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	-2,20	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	0,00	100.000
2	-2,10	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-2,75	62.658
3	-2,01	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-5,42	31.774
4	-1,91	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-8,02	21.488
5	-1,81	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-10,54	16.351

n°	Y	B	H	A <sub>sw</sub>	s	cotθ	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
6	-1,71	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-12,98	13.275
7	-1,62	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-15,35	11.229
8	-1,52	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-17,64	9.772
9	-1,42	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-19,85	8.684
10	-1,32	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-21,98	7.840
11	-1,23	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-24,04	7.169
12	-1,13	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-26,02	6.624
13	-1,03	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-27,92	6.172
14	-0,93	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-29,75	5.794
15	-0,84	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-31,50	5.472
16	-0,74	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-33,17	5.196
17	-0,64	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-34,76	4.958
18	-0,54	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-36,28	4.750
19	-0,45	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-37,72	4.569
20	-0,35	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-39,09	4.409
21	-0,25	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-40,37	4.269
22	0,00	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-7,32	23.529
23	0,08	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-3,69	46.767
24	0,15	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	0,00	100.000

### 7.5.3 Verifica delle tensioni

#### Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espresso in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area ferri inferiori, espresso in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kN]
σ <sub>c</sub>	tensione di compressione nel cls, espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nei ferri superiori, espressa in [kg/cmq]

#### Combinazioni SLER

##### Combinazione n° 10 - SLER

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	203,12 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	3670,92 [kg/cmq]

#### Paramento

n°	Y	B	H	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M	N	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	0,00	100	25	3,93	3,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	100	25	3,93	3,93	0,01	0,61	0,03	0,28	0,44
3	-0,20	100	25	3,93	3,93	0,04	1,23	0,08	0,35	1,08
4	-0,30	100	25	3,93	3,93	0,09	1,84	0,15	0,16	1,99
5	-0,40	100	25	3,93	3,93	0,17	2,45	0,27	0,98	3,38
6	-0,50	100	25	3,93	3,93	0,29	3,06	0,49	5,25	5,59
7	-0,60	100	25	3,93	3,93	0,45	3,68	0,82	15,48	8,56
8	-0,70	100	25	3,93	3,93	0,66	4,29	1,28	32,70	12,08

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
9	-0,80	100	25	3,93	3,93	0,92	4,90	1,84	57,19	16,09
10	-0,90	100	25	3,93	3,93	1,24	5,52	2,54	89,43	20,66
11	-1,00	100	25	3,93	3,93	1,63	6,13	3,36	129,99	25,83
12	-1,10	100	25	3,93	3,93	2,08	6,74	4,34	179,52	31,68
13	-1,20	100	25	3,93	3,93	2,62	7,36	5,47	238,71	38,26
14	-1,30	100	25	3,93	3,93	3,23	7,97	6,77	308,24	45,63
15	-1,40	100	25	3,93	3,93	3,92	8,58	8,25	388,82	53,84
16	-1,50	100	25	3,93	3,93	4,71	9,19	9,92	481,15	62,96
17	-1,60	100	25	3,93	3,93	5,60	9,81	11,81	585,92	73,04
18	-1,70	100	25	3,93	3,93	6,59	10,42	13,90	703,85	84,14
19	-1,80	100	25	3,93	3,93	7,69	11,03	16,23	835,65	96,32
20	-1,90	100	25	3,93	3,93	8,91	11,65	18,80	982,03	109,63
21	-2,00	100	25	3,93	9,58	10,24	12,26	15,37	489,19	132,44
22	-2,10	100	25	3,93	9,58	11,70	12,87	17,54	564,57	150,21
23	-2,20	100	25	7,85	9,58	13,30	13,48	18,90	646,40	156,69
24	-2,30	100	25	7,85	9,58	15,03	14,10	21,33	736,20	175,97
25	-2,40	100	25	7,85	9,58	16,90	14,71	23,97	833,65	196,78
26	-2,50	100	25	7,85	9,58	18,92	15,32	26,80	939,08	219,18
27	-2,60	100	25	3,93	5,65	21,09	15,94	38,34	1742,90	259,02
28	-2,70	100	25	3,93	5,65	23,42	16,55	42,56	1945,78	286,06
29	-2,80	100	25	3,93	5,65	25,92	17,16	47,08	2163,39	314,95

## Fondazione

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	-2,20	100	40	5,65	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-2,10	100	40	5,65	5,65	0,07	0,00	0,05	3,52	0,43
3	-2,01	100	40	5,65	5,65	0,27	0,00	0,21	14,12	1,73
4	-1,91	100	40	5,65	5,65	0,61	0,00	0,47	31,90	3,91
5	-1,81	100	40	5,65	5,65	1,09	0,00	0,84	56,95	6,98
6	-1,71	100	40	5,65	5,65	1,72	0,00	1,32	89,36	10,96
7	-1,62	100	40	5,65	5,65	2,48	0,00	1,91	129,21	15,85
8	-1,52	100	40	5,65	5,65	3,40	0,00	2,61	176,59	21,66
9	-1,42	100	40	5,65	5,65	4,45	0,00	3,42	231,59	28,40
10	-1,32	100	40	5,65	5,65	5,66	0,00	4,35	294,31	36,09
11	-1,23	100	40	5,65	5,65	7,01	0,00	5,39	364,82	44,74
12	-1,13	100	40	5,65	5,65	8,52	0,00	6,55	443,22	54,35
13	-1,03	100	40	5,65	5,65	10,18	0,00	7,83	529,60	64,95
14	-0,93	100	40	5,65	5,65	12,00	0,00	9,22	624,04	76,53
15	-0,84	100	40	5,65	5,65	13,97	0,00	10,74	726,63	89,11
16	-0,74	100	40	5,65	5,65	16,10	0,00	12,38	837,47	102,70
17	-0,64	100	40	5,65	5,65	18,39	0,00	14,14	956,64	117,32
18	-0,54	100	40	5,65	5,65	20,85	0,00	16,02	1084,22	132,96
19	-0,45	100	40	5,65	5,65	23,46	0,00	18,04	1220,32	149,65
20	-0,35	100	40	5,65	5,65	26,24	0,00	20,17	1365,01	167,40
21	-0,25	100	40	5,65	5,65	29,19	0,00	22,44	1518,39	186,20
22	0,00	100	40	5,65	5,65	-0,48	0,00	0,37	3,06	24,93
23	0,08	100	40	5,65	5,65	-0,12	0,00	0,09	0,76	6,23
24	0,15	100	40	5,65	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

La verifica allo SLE QP è implicitamente verificata.



#### 7.5.4 Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Af	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
Mpf	momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
ε	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

#### Combinazioni SLEF

##### **Paramento**

##### Combinazione n° 11 - SLEF

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.40$

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0,00	100	25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000000	0,00	0,000
2	-0,10	100	25	0,00	0,00	0,00	1,29	0,000000	0,00	0,000
3	-0,20	100	25	0,00	0,00	0,01	5,80	0,000000	0,00	0,000
4	-0,30	100	25	0,00	0,00	0,03	16,41	0,000000	0,00	0,000
5	-0,40	100	25	0,00	0,00	0,06	45,75	0,000000	0,00	0,000
6	-0,50	100	25	0,00	0,00	0,12	264,82	0,000000	0,00	0,000
7	-0,60	100	25	3,93	750,00	0,20	165,38	0,000000	0,00	0,000
8	-0,70	100	25	3,93	750,00	0,32	83,55	0,000000	0,00	0,000
9	-0,80	100	25	3,93	750,00	0,48	63,24	0,000000	0,00	0,000
10	-0,90	100	25	3,93	750,00	0,68	54,20	0,000000	0,00	0,000
11	-1,00	100	25	3,93	750,00	0,93	49,18	0,000000	0,00	0,000
12	-1,10	100	25	3,93	750,00	1,24	46,02	0,000000	0,00	0,000
13	-1,20	100	25	3,93	750,00	1,61	43,88	0,000000	0,00	0,000
14	-1,30	100	25	3,93	750,00	2,05	42,35	0,000000	0,00	0,000
15	-1,40	100	25	3,93	750,00	2,56	41,20	0,000000	0,00	0,000
16	-1,50	100	25	3,93	750,00	3,14	40,32	0,000000	0,00	0,000
17	-1,60	100	25	3,93	750,00	3,81	39,63	0,000000	0,00	0,000
18	-1,70	100	25	3,93	750,00	4,58	39,08	0,000000	0,00	0,000
19	-1,80	100	25	3,93	750,00	5,43	38,62	0,000000	0,00	0,000
20	-1,90	100	25	3,93	750,00	6,39	38,25	0,000000	0,00	0,000
21	-2,00	100	25	9,58	750,00	7,45	40,83	0,000000	0,00	0,000
22	-2,10	100	25	9,58	750,00	8,62	40,55	0,000000	0,00	0,000
23	-2,20	100	25	9,58	750,00	9,92	41,23	0,000000	0,00	0,000
24	-2,30	100	25	9,58	750,00	11,33	41,01	0,000000	0,00	0,000
25	-2,40	100	25	9,58	750,00	12,87	40,82	0,000000	0,00	0,000
26	-2,50	100	25	9,58	750,00	14,55	40,65	0,000000	0,00	0,000
27	-2,60	100	25	5,65	750,00	16,37	37,66	0,000000	0,00	0,000
28	-2,70	100	25	5,65	750,00	18,33	37,54	0,000000	0,00	0,000
29	-2,80	100	25	5,65	750,00	20,44	37,44	0,000000	0,00	0,000

## **Fondazione**

### Combinazione n° 11 - SLEF

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.40$

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	-2,20	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000000	0,00	0,000
2	-2,10	100	40	0,00	0,00	0,04	0,00	0,000000	0,00	0,000
3	-2,01	100	40	5,65	750,00	0,17	91,09	0,000000	0,00	0,000
4	-1,91	100	40	5,65	750,00	0,38	91,09	0,000000	0,00	0,000
5	-1,81	100	40	5,65	750,00	0,69	91,09	0,000000	0,00	0,000
6	-1,71	100	40	5,65	750,00	1,11	91,09	0,000000	0,00	0,000
7	-1,62	100	40	5,65	750,00	1,63	91,09	0,000000	0,00	0,000
8	-1,52	100	40	5,65	750,00	2,26	91,09	0,000000	0,00	0,000
9	-1,42	100	40	5,65	750,00	3,01	91,09	0,000000	0,00	0,000
10	-1,32	100	40	5,65	750,00	3,88	91,09	0,000000	0,00	0,000
11	-1,23	100	40	5,65	750,00	4,88	91,09	0,000000	0,00	0,000
12	-1,13	100	40	5,65	750,00	6,02	91,09	0,000000	0,00	0,000
13	-1,03	100	40	5,65	750,00	7,30	91,09	0,000000	0,00	0,000
14	-0,93	100	40	5,65	750,00	8,72	91,09	0,000000	0,00	0,000
15	-0,84	100	40	5,65	750,00	10,29	91,09	0,000000	0,00	0,000
16	-0,74	100	40	5,65	750,00	12,02	91,09	0,000000	0,00	0,000
17	-0,64	100	40	5,65	750,00	13,91	91,09	0,000000	0,00	0,000
18	-0,54	100	40	5,65	750,00	15,96	91,09	0,000000	0,00	0,000
19	-0,45	100	40	5,65	750,00	18,19	91,09	0,000000	0,00	0,000
20	-0,35	100	40	5,65	750,00	20,60	91,09	0,000000	0,00	0,000
21	-0,25	100	40	5,65	750,00	23,19	91,09	0,000000	0,00	0,000
22	0,00	100	40	5,65	750,00	-0,38	-91,09	0,000000	0,00	0,000
23	0,08	100	40	0,00	0,00	-0,10	0,00	0,000000	0,00	0,000
24	0,15	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000000	0,00	0,000

La verifica allo SLE QP è implicitamente verificata.

---

## 8. VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO LATO STRADA

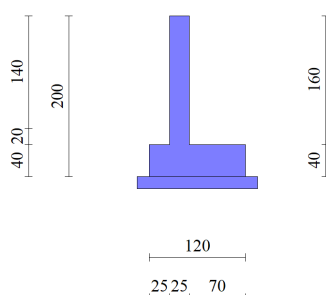
---

### 8.1 Premessa

Si presenta la verifica del muro posto lungo la strada, riportando i tabulati dei soli dati differenti dalla verifica precedente.

### 8.2 Dati di modellazione

#### 8.2.1 Geometria del muro e della fondazione



#### Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	1,60	[m]
Altezza paramento libero	1,40	[m]
Spessore in sommità	0,25	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,25	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

#### Fondazione

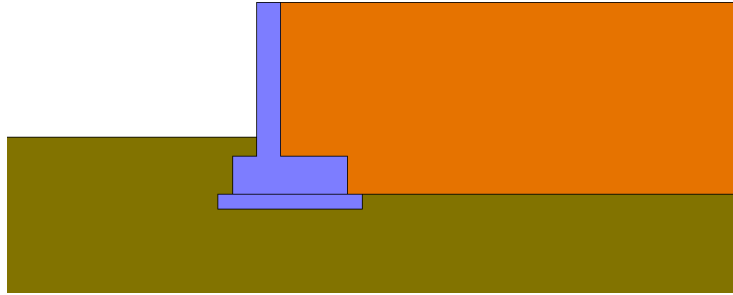
Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0,25	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,70	[m]
Lunghezza totale	1,20	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,40	[m]
Spessore magrone	0,15	[m]

#### 8.2.2 Geometria profilo terreno a monte del muro

##### *Simbologia adottata*

*(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)*

$n^{\circ}$	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]



n°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0,00	0,00	0.000
2	8,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

### 8.2.3 Stratigrafia

*Simbologia adottata*

$n^\circ$  Indice dello strato

$H$  Spessore dello strato espresso in [m]

$\alpha$  Inclinazione espressa in [°]

Terreno Terreno dello strato

$K_{wn}, K_{wt}$  Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in  $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$

Per calcolo pali (solo se presenti)

$K_w$  Costante di Winkler orizzontale espressa in  $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$

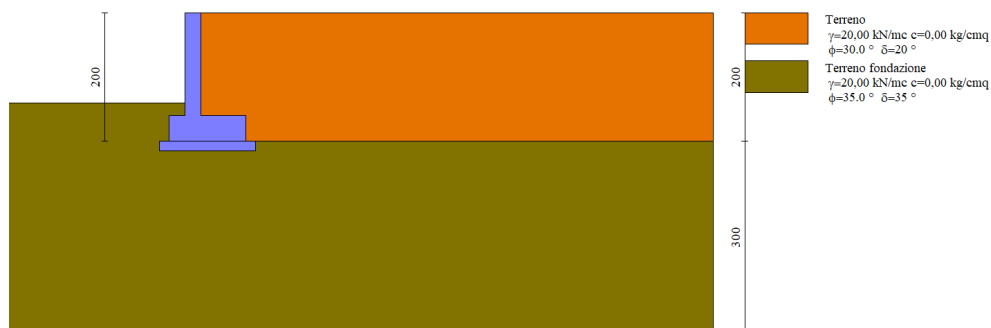
$K_s$  Coefficiente di spinta

$C_{esp}$  Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

$K_{st_{sta}}, K_{st_{sis}}$  Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H	$\alpha$	Terreno	$K_{wn}$	$K_{wt}$	$K_w$	$K_s$	Cesp	$K_{st_{sta}}$	$K_{st_{sis}}$
	[m]	[°]		$[\text{Kg/cm}^3]$	$[\text{Kg/cm}^3]$	$[\text{Kg/cm}^3]$				
1	2,00	0.000	Terreno	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
2	3,00	0.000	Terreno fondazione	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000



#### 8.2.4 Opzioni di calcolo

##### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Mononobe-Okabe
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

##### Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof	
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)		Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof	
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna	
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_\gamma$ )	Larghezza ridotta ( $B'$ )	
Fattori di forma e inclinazione del carico	Fattori di inclinazione e fattori di forma	
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra		

##### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

##### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

##### Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

##### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

### 8.3 Risultati per combinazione

#### 8.3.1 Spinta e forze

Simbologia adottata

$I_c$  Indice della combinazione

$A$  Tipo azione

$I$  Inclinazione della spinta, espressa in  $[\circ]$

$V$  Valore dell'azione, espressa in  $[kN]$

$C_x, C_y$  Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in  $[kN]$

$P_x, P_y$  Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in  $[m]$

$I_c$	$A$	$V$ [kN]	$I$ [°]	$C_x$ [kN]	$C_y$ [kN]	$P_x$ [m]	$P_y$ [m]
1	Spinta statica	19,92	20,00	18,72	6,81	0,70	-1,26
	Peso/Inerzia muro			0,00	21,57/0,00	0,00	-1,35
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	27,65/0,00	0,35	-0,80
2	Spinta statica	13,68	20,00	12,85	4,68	0,70	-1,29
	Incremento di spinta sismica		5,11	4,80	1,75	0,70	-1,33
	Peso/Inerzia muro			2,81	21,57/1,40	0,00	-1,35
	Peso/Inerzia terrapieno			3,19	24,50/1,59	0,35	-0,80
3	Spinta statica	13,68	20,00	12,85	4,68	0,70	-1,29
	Incremento di spinta sismica		3,42	3,22	1,17	0,70	-1,33
	Peso/Inerzia muro			2,81	21,57/-1,40	0,00	-1,35
	Peso/Inerzia terrapieno			3,19	24,50/-1,59	0,35	-0,80
10	Spinta statica	14,87	20,00	13,97	5,08	0,70	-1,27
	Peso/Inerzia muro			0,00	21,57/0,00	0,00	-1,35
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	25,90/0,00	0,35	-0,80
11	Spinta statica	11,89	20,00	11,18	4,07	0,70	-1,33
	Peso/Inerzia muro			0,00	21,57/0,00	0,00	-1,35
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	22,40/0,00	0,35	-0,80
12	Spinta statica	11,89	20,00	11,18	4,07	0,70	-1,33
	Peso/Inerzia muro			0,00	21,57/0,00	0,00	-1,35
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	22,40/0,00	0,35	-0,80

#### 8.3.2 Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

$Cmb$  Indice/Tipo combinazione

$S$  Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)

$FS_{SCO}$  Coeff. di sicurezza allo scorrimento

$FS_{RIB}$  Coeff. di sicurezza al ribaltamento

$FS_{QLIM}$  Coeff. di sicurezza a carico limite

$FS_{STAB}$  Coeff. di sicurezza a stabilità globale

$FS_{HYD}$  Coeff. di sicurezza a sifonamento

$FS_{UPL}$  Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		2.096		6.252			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.643		4.139			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.553		4.240			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.838		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.848		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.783		
7 - EQU (A1-M1-R3)			3.057				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		1.919				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.624				

### 8.3.2.1 Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

$n^\circ$  Indice combinazione

$R_{sa}$  Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]

$R_{pt}$  Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]

$R_{ps}$  Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]

$R_p$  Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]

$R_t$  Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]

$R$  Resistenza allo scorrimento (somma di  $R_{sa}+R_{pt}+R_{ps}+R_p$ ), espresso in [kN]

$T$  Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]

$FS$  Fattore di sicurezza (rapporto  $R/T$ )

$n^\circ$	$R_{sa}$	$R_{pt}$	$R_{ps}$	$R_p$	$R_t$	$R$	$T$	$FS$
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	39,24	0,00	0,00	--	--	39,24	18,72	2.096
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	38,86	0,00	0,00	--	--	38,86	23,64	1.643
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	34,26	0,00	0,00	--	--	34,26	22,06	1.553

### 8.3.2.2 Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

$n^\circ$  Indice combinazione

$N$  Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]

$Q_u$  carico limite del terreno, espresso in [kN]

$Q_d$  Portanza di progetto, espresso in [kN]

$FS$  Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza di progetto e carico agente al piano di posa)

$n^\circ$	$N$	$Q_u$	$Q_d$	$FS$
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	56,04	350,37	250,26	6.252
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	55,50	229,67	191,40	4.139
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	48,93	207,46	172,88	4.240

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

$n^\circ$  Indice combinazione

$N_c, N_q, N_\gamma$  Fattori di capacità portante

$i_c, i_q, i_\gamma$  Fattori di inclinazione del carico

$d_c, d_q, d_\gamma$  Fattori di profondità del piano di posa

$gc, gq, gy$  Fattori di inclinazione del profilo topografico  
 $bc, bq, by$  Fattori di inclinazione del piano di posa  
 $sc, sq, sy$  Fattori di forma della fondazione  
 $pc, pq, py$  Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic  
 $r\gamma$  Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia  $0.5B\gamma N_\gamma$  viene moltiplicato per questo fattore  
 $D$  Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
 $B'$  Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
 $H$  Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]  
 $\phi$  Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
 $c$  Coesione del terreno medio, espresso in [kg/cm<sup>q</sup>]  
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	r $\gamma$	D [m]	B' H [m]	$\gamma$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	c [kg/cm <sup>q</sup> ]
1	46.124 33.296 37.152	0.632 0.632 0.223	1.192 1.096 1.096	-- -- --	-- -- --	1.089 1.044 1.044	-- -- --	1.000	0,60	1,20 1,15	20,00	35.00	0,00
2	46.124 33.296 37.152	0.553 0.553 0.116	1.192 1.096 1.096	-- -- --	-- -- --	1.089 1.044 1.044	-- -- --	1.000	0,60	1,20 1,15	20,00	35.00	0,00
3	46.124 33.296 37.152	0.533 0.533 0.094	1.192 1.096 1.096	-- -- --	-- -- --	1.089 1.044 1.044	-- -- --	1.000	0,60	1,20 1,15	20,00	35.00	0,00

### 8.3.2.3 Verifica a ribaltamento

*Simbologia adottata*

$n^\circ$  Indice combinazione  
 $M_s$  Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
 $M_r$  Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
 $FS$  Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	M <sub>s</sub> [kNm]	M <sub>r</sub> [kNm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	42,42	13,88	3.057
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	43,60	22,72	1.919
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	39,58	24,37	1.624

### 8.3.2.4 Verifica stabilità globale muro + terreno

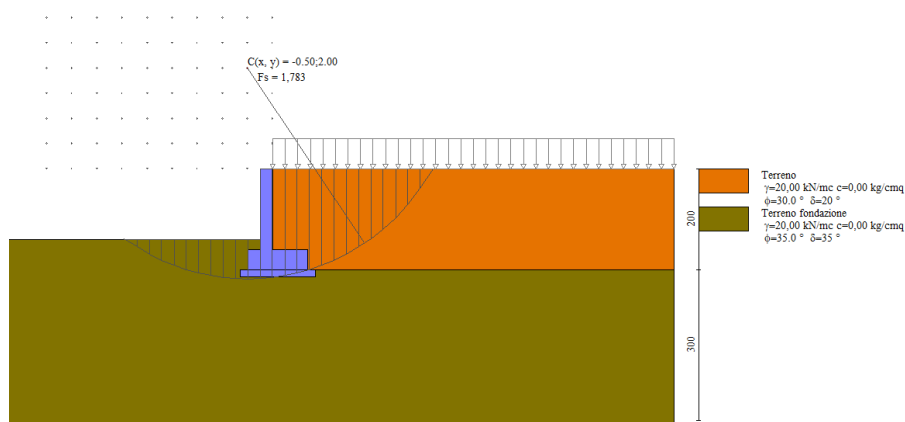
*Simbologia adottata*

$I_c$  Indice/Tipo combinazione  
 $C$  Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
 $R$  Raggio, espresso in [m]  
 $FS$  Fattore di sicurezza

I <sub>c</sub>	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 1,00	3,24	1.838



Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0,50; 1,50	3,71	1.848
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-0,50; 2,00	4,19	1.783



### Dettagli strisce verifiche stabilità

*Simbologia adottata*

*Le ascisse X sono considerate positive verso monte*

*Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto*

*Origine in testa al muro (spigolo contro terra)*

*W peso della striscia espresso in [kN]*

*Qy carico sulla striscia espresso in [kN]*

*$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in  $[\circ]$  (positivo antiorario)*

*$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia*

*c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]*

*b larghezza della striscia espressa in [m]*

*u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]*

*Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]*

### Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W	Qy	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	$[\circ]$	$[\circ]$	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kN]
1	0,95	0,74	3,19 - 0,25	57.439	30.000	0,00	0,000	
2	2,68	0,74	0,25	52.508	30.000	0,00	0,000	
3	4,12	0,74	0,25	47.266	30.000	0,00	0,000	
4	5,32	0,74	0,25	42.506	30.000	0,00	0,000	
5	6,35	0,74	0,25	38.088	30.000	0,00	0,000	
6	7,23	0,74	0,25	33.925	30.000	0,00	0,000	
7	7,98	0,74	0,25	29.957	30.000	0,00	0,000	
8	8,63	0,74	0,25	26.143	30.000	0,00	0,000	
9	9,17	0,74	0,25	22.450	30.000	0,00	0,000	
10	9,63	0,74	0,25	18.853	30.000	0,00	0,000	
11	10,39	0,74	0,25	15.332	35.000	0,00	0,000	
12	10,74	0,74	0,25	11.870	35.000	0,00	0,000	
13	11,01	0,71	0,25	8.452	35.000	0,00	0,000	
14	12,75	0,00	0,25	5.064	35.000	0,00	0,000	
15	4,29	0,00	0,25	1.693	35.000	0,00	0,000	
16	3,85	0,00	0,25	-1.672	35.000	0,00	0,000	
17	3,77	0,00	0,25	-5.042	35.000	0,00	0,000	
18	3,63	0,00	0,25	-8.430	35.000	0,00	0,000	

n°	W	Qy	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kN]
19	3,42	0,00	0,25	-11.849	35.000	0,00	0,000	
20	3,12	0,00	0,25	-15.310	35.000	0,00	0,000	
21	2,75	0,00	0,25	-18.831	35.000	0,00	0,000	
22	2,30	0,00	0,25	-22.427	35.000	0,00	0,000	
23	1,75	0,00	0,25	-26.119	35.000	0,00	0,000	
24	1,11	0,00	0,25	-29.932	35.000	0,00	0,000	
25	0,36	0,00	-2,96 - 0,25	-32.237	35.000	0,00	0,000	

## 8.4 Verifiche allo SLU e allo SLE

### 8.4.1 Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.

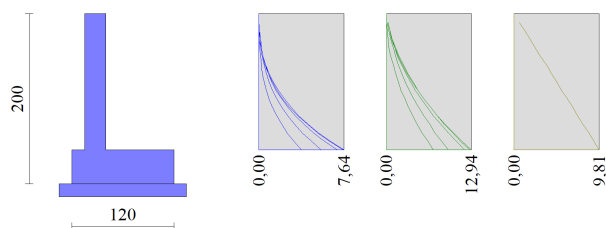
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle

M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

## Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

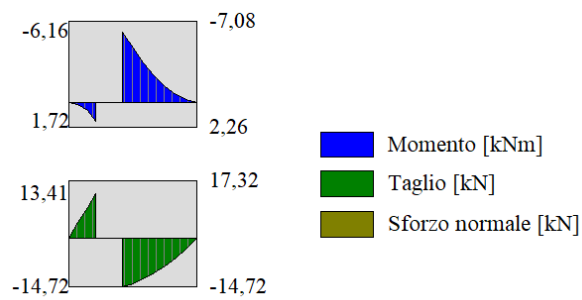
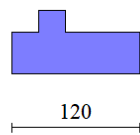
n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,61	0,25	0,01
3	-0,20	1,23	0,56	0,05
4	-0,30	1,84	0,96	0,13
5	-0,40	2,45	1,42	0,25
6	-0,50	3,06	1,96	0,41
7	-0,60	3,68	2,56	0,64
8	-0,70	4,29	3,25	0,93
9	-0,80	4,90	4,00	1,29
10	-0,90	5,52	4,83	1,73
11	-1,00	6,13	5,73	2,26
12	-1,10	6,74	6,70	2,88
13	-1,20	7,36	7,74	3,60
14	-1,30	7,97	8,86	4,43
15	-1,40	8,58	10,05	5,38
16	-1,50	9,19	11,32	6,44
17	-1,60	9,81	12,65	7,64



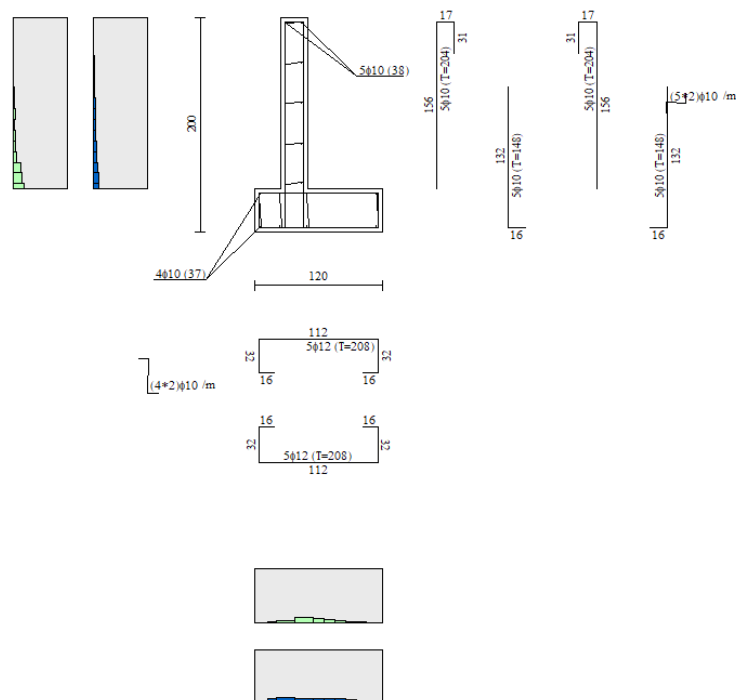
## Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0,50	0,00	0,00	0,00
2	-0,42	0,00	4,72	0,20
3	-0,33	0,00	9,19	0,78
4	-0,25	0,00	13,41	1,72
5	0,00	0,00	-14,72	-6,16
6	0,10	0,00	-13,68	-4,74
7	0,20	0,00	-12,28	-3,44
8	0,30	0,00	-10,53	-2,29
9	0,40	0,00	-8,43	-1,34
10	0,50	0,00	-5,97	-0,62
11	0,60	0,00	-3,16	-0,16
12	0,70	0,00	0,00	0,00



#### 8.4.2 Verifiche strutturali



## Verifiche a flessione

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

<i>n°</i>	<i>indice sezione</i>
<i>Y</i>	<i>ordinata sezione espressa in [m]</i>
<i>B</i>	<i>larghezza sezione espresso in [cm]</i>
<i>H</i>	<i>altezza sezione espressa in [cm]</i>
<i>Afi</i>	<i>area ferri inferiori espresso in [cmq]</i>
<i>Afs</i>	<i>area ferri superiori espressa in [cmq]</i>
<i>M</i>	<i>momento agente espressa in [kNm]</i>
<i>N</i>	<i>sforzo normale agente espressa in [kN]</i>
<i>Mu</i>	<i>momento ultimi espresso in [kNm]</i>
<i>Nu</i>	<i>sforzo normale ultimo espressa in [kN]</i>
<i>FS</i>	<i>fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)</i>

## **Paramento**

### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>B</b>	<b>H</b>	<b>Afi</b>	<b>Afs</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>Mu</b>	<b>Nu</b>	<b>FS</b>
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	0,00	100	25	3,93	3,93	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00
2	-0,10	100	25	3,93	3,93	0,01	0,61	0,00	0,00	1000.00
3	-0,20	100	25	3,93	3,93	0,05	1,23	0,00	0,00	1000.00
4	-0,30	100	25	3,93	3,93	0,13	1,84	0,00	0,00	1000.00
5	-0,40	100	25	3,93	3,93	0,25	2,45	158,44	1584,75	646.388
6	-0,50	100	25	3,93	3,93	0,41	3,06	116,26	862,14	281.318
7	-0,60	100	25	3,93	3,93	0,64	3,68	80,04	460,88	125.324
8	-0,70	100	25	3,93	3,93	0,93	4,29	64,49	297,95	69.443
9	-0,80	100	25	3,93	3,93	1,29	4,90	55,87	212,30	43.296
10	-0,90	100	25	3,93	3,93	1,73	5,52	50,38	160,52	29.099
11	-1,00	100	25	7,85	7,85	2,26	6,13	88,13	239,18	39.023
12	-1,10	100	25	7,85	7,85	2,88	6,74	84,10	196,94	29.210
13	-1,20	100	25	7,85	7,85	3,60	7,36	81,12	165,70	22.529
14	-1,30	100	25	7,85	7,85	4,43	7,97	78,84	141,79	17.795
15	-1,40	100	25	3,93	3,93	5,38	8,58	40,15	64,09	7.469
16	-1,50	100	25	3,93	3,93	6,44	9,19	39,30	56,07	6.099
17	-1,60	100	25	3,93	3,93	7,64	9,81	38,61	49,55	5.053

## **Fondazione**

### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

<b>n°</b>	<b>Y</b>	<b>B</b>	<b>H</b>	<b>Afi</b>	<b>Afs</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>Mu</b>	<b>Nu</b>	<b>FS</b>
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	-0,50	100	40	5,65	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00
2	-0,42	100	40	5,65	5,65	0,20	0,00	79,49	0,00	401.006
3	-0,33	100	40	5,65	5,65	0,78	0,00	79,49	0,00	102.003
4	-0,25	100	40	5,65	5,65	1,72	0,00	79,49	0,00	46.141
5	0,00	100	40	5,65	5,65	-6,16	0,00	-79,49	0,00	12.900
6	0,10	100	40	5,65	5,65	-4,74	0,00	-79,49	0,00	16.774
7	0,20	100	40	5,65	5,65	-3,44	0,00	-79,49	0,00	23.122
8	0,30	100	40	5,65	5,65	-2,29	0,00	-79,49	0,00	34.646
9	0,40	100	40	5,65	5,65	-1,34	0,00	-79,49	0,00	59.165
10	0,50	100	40	5,65	5,65	-0,62	0,00	-79,49	0,00	128.075
11	0,60	100	40	5,65	5,65	-0,16	0,00	-79,49	0,00	493.586

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
12	0,70	100	40	5,65	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000

### Verifiche a taglio

#### Simbologia adottata

$I_s$  indice sezione

$Y$  ordinata sezione espressa in [m]

$B$  larghezza sezione espresso in [cm]

$H$  altezza sezione espressa in [cm]

$A_{sw}$  area ferri a taglio espresso in [cmq]

$\cot\theta$  inclinazione delle bielle compresse,  $\theta$  inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

$V_{Rcd}$  resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]

$V_{Rsd}$  resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]

$V_{Rd}$  resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio ( $A_{sw}>0.0$ )  $V_{Rd}=\min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$ .

$T$  taglio agente espressa in [kN]

$FS$  fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

### Paramento

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y	B	H	$A_{sw}$	s	$\cot\theta$	$V_{Rcd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rd}$	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	0,00	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,41	0,00	100.000
2	-0,10	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,49	0,25	498.205
3	-0,20	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,57	0,56	217.183
4	-0,30	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,65	0,96	128.363
5	-0,40	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,73	1,42	86.474
6	-0,50	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,81	1,96	62.797
7	-0,60	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,89	2,56	47.916
8	-0,70	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	122,97	3,25	37.879
9	-0,80	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,05	4,00	30.758
10	-0,90	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,13	4,83	25.506
11	-1,00	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	150,02	5,73	26.194
12	-1,10	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	150,11	6,70	22.405
13	-1,20	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	150,19	7,74	19.393
14	-1,30	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	150,27	8,86	16.956
15	-1,40	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,54	10,05	12.290
16	-1,50	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,62	11,32	10.925
17	-1,60	100	25	0,00	0,00	--	0,00	0,00	123,70	12,65	9.778

### Fondazione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y	B	H	$A_{sw}$	s	$\cot\theta$	$V_{Rcd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rd}$	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	-0,50	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	0,00	100.00
2	-0,42	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-4,72	36.542
3	-0,33	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-9,19	18.758
4	-0,25	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-13,41	12.848
5	0,00	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-14,72	11.707

n°	Y	B	H	A <sub>sw</sub>	s	cotθ	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
6	0,10	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-13,68	12.600
7	0,20	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-12,28	14.034
8	0,30	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-10,53	16.367
9	0,40	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-8,43	20.452
10	0,50	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-5,97	28.864
11	0,60	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	-3,16	54.506
12	0,70	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	172,35	0,00	100.000

#### 8.4.3 Verifica delle tensioni

*Simbologia adottata*

<i>n°</i>	<i>indice sezione</i>
<i>Y</i>	<i>ordinata sezione, espressa in [m]</i>
<i>B</i>	<i>larghezza sezione, espresso in [cm]</i>
<i>H</i>	<i>altezza sezione, espressa in [cm]</i>
<i>A<sub>fi</sub></i>	<i>area ferri inferiori, espresso in [cmq]</i>
<i>A<sub>fs</sub></i>	<i>area ferri superiori, espressa in [cmq]</i>
<i>M</i>	<i>momento agente, espressa in [kNm]</i>
<i>N</i>	<i>sforzo normale agente, espressa in [kN]</i>
<i>σ<sub>c</sub></i>	<i>tensione di compressione nel cls, espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]</i>
<i>σ<sub>fi</sub></i>	<i>tensione nei ferri inferiori, espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]</i>
<i>σ<sub>fs</sub></i>	<i>tensione nei ferri superiori, espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]</i>

#### **Combinazioni SLER**

Combinazione n° 10 - SLER

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	203,12 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	3670,92 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### **Paramento**

n°	Y	B	H	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M	N	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0,00	100	25	3,93	3,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	100	25	3,93	3,93	0,01	0,61	0,03	0,28	0,44
3	-0,20	100	25	3,93	3,93	0,04	1,23	0,08	0,35	1,08
4	-0,30	100	25	3,93	3,93	0,09	1,84	0,15	0,16	1,99
5	-0,40	100	25	3,93	3,93	0,17	2,45	0,27	0,98	3,38
6	-0,50	100	25	3,93	3,93	0,29	3,06	0,49	5,25	5,59
7	-0,60	100	25	3,93	3,93	0,45	3,68	0,82	15,48	8,56
8	-0,70	100	25	3,93	3,93	0,66	4,29	1,28	32,70	12,08
9	-0,80	100	25	3,93	3,93	0,92	4,90	1,84	57,19	16,09
10	-0,90	100	25	3,93	3,93	1,24	5,52	2,54	89,43	20,66
11	-1,00	100	25	7,85	7,85	1,63	6,13	2,52	68,93	23,28
12	-1,10	100	25	7,85	7,85	2,08	6,74	3,23	94,52	28,93
13	-1,20	100	25	7,85	7,85	2,62	7,36	4,05	125,06	35,37
14	-1,30	100	25	7,85	7,85	3,23	7,97	4,99	160,90	42,67
15	-1,40	100	25	3,93	3,93	3,92	8,58	8,25	388,82	53,84
16	-1,50	100	25	3,93	3,93	4,71	9,19	9,92	481,15	62,96
17	-1,60	100	25	3,93	3,93	5,60	9,81	11,81	585,92	73,04

#### **Fondazione**

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	-0,50	100	40	5,65	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,42	100	40	5,65	5,65	0,16	0,00	0,12	8,24	1,01
3	-0,33	100	40	5,65	5,65	0,63	0,00	0,48	32,55	3,99
4	-0,25	100	40	5,65	5,65	1,39	0,00	1,07	72,31	8,87
5	0,00	100	40	5,65	5,65	-2,56	0,00	1,97	16,34	133,23
6	0,10	100	40	5,65	5,65	-2,00	0,00	1,54	12,78	104,22
7	0,20	100	40	5,65	5,65	-1,48	0,00	1,13	9,42	76,78
8	0,30	100	40	5,65	5,65	-1,00	0,00	0,77	6,37	51,96
9	0,40	100	40	5,65	5,65	-0,59	0,00	0,46	3,78	30,81
10	0,50	100	40	5,65	5,65	-0,28	0,00	0,21	1,77	14,40
11	0,60	100	40	5,65	5,65	-0,07	0,00	0,06	0,46	3,78
12	0,70	100	40	5,65	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

La verifica allo SLE QP è implicitamente verificata.

#### 8.4.4 Verifica a fessurazione

*Simbologia adottata*

$n^\circ$	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Af	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
Mpf	momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
$\varepsilon$	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

### Combinazioni SLEF

#### **Paramento**

#### Combinazione n° 11 - SLEF

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.40$

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	$\varepsilon$	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0,00	100	25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000000	0,00	0,000
2	-0,10	100	25	0,00	0,00	0,00	1,29	0,000000	0,00	0,000
3	-0,20	100	25	0,00	0,00	0,01	5,80	0,000000	0,00	0,000
4	-0,30	100	25	0,00	0,00	0,03	16,41	0,000000	0,00	0,000
5	-0,40	100	25	0,00	0,00	0,06	45,75	0,000000	0,00	0,000
6	-0,50	100	25	0,00	0,00	0,12	264,82	0,000000	0,00	0,000
7	-0,60	100	25	3,93	750,00	0,20	165,38	0,000000	0,00	0,000
8	-0,70	100	25	3,93	750,00	0,32	83,55	0,000000	0,00	0,000
9	-0,80	100	25	3,93	750,00	0,48	63,24	0,000000	0,00	0,000
10	-0,90	100	25	3,93	750,00	0,68	54,20	0,000000	0,00	0,000
11	-1,00	100	25	7,85	750,00	0,93	53,51	0,000000	0,00	0,000

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
12	-1,10	100	25	7,85	750,00	1,24	49,94	0,000000	0,00	0,000
13	-1,20	100	25	7,85	750,00	1,61	47,53	0,000000	0,00	0,000
14	-1,30	100	25	7,85	750,00	2,05	45,81	0,000000	0,00	0,000
15	-1,40	100	25	3,93	750,00	2,56	41,20	0,000000	0,00	0,000
16	-1,50	100	25	3,93	750,00	3,14	40,32	0,000000	0,00	0,000
17	-1,60	100	25	3,93	750,00	3,81	39,63	0,000000	0,00	0,000

## Fondazione

### Combinazione n° 11 - SLEF

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.40$

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	-0,50	100	40	5,65	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,42	100	40	5,65	5,65	0,13	0,00	0,10	6,62	0,81
3	-0,33	100	40	5,65	5,65	0,50	0,00	0,39	26,25	3,22
4	-0,25	100	40	5,65	5,65	1,13	0,00	0,87	58,56	7,18
5	0,00	100	40	5,65	5,65	-1,44	0,00	1,11	9,20	75,02
6	0,10	100	40	5,65	5,65	-1,13	0,00	0,87	7,19	58,62
7	0,20	100	40	5,65	5,65	-0,83	0,00	0,64	5,29	43,14
8	0,30	100	40	5,65	5,65	-0,56	0,00	0,43	3,58	29,17
9	0,40	100	40	5,65	5,65	-0,33	0,00	0,26	2,12	17,28
10	0,50	100	40	5,65	5,65	-0,16	0,00	0,12	0,99	8,07
11	0,60	100	40	5,65	5,65	-0,04	0,00	0,03	0,26	2,11
12	0,70	100	40	5,65	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

La verifica allo SLE QP è implicitamente verificata.



---

## 9. VERIFICA DEL MANUFATTO A SOSTEGNO DELLA RECINZIONE

---

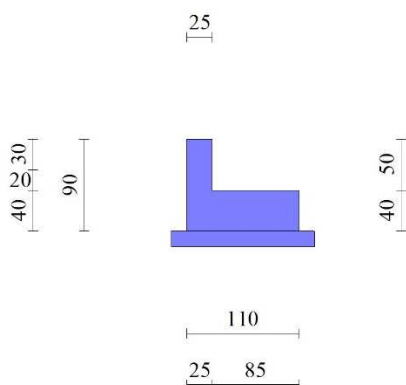
Si presenta la verifica del cordolo posto lungo il confine di proprietà, sul quale è posta la recinzione di maggiore altezza (6 m). Non essendo noto l'interasse dei montanti, il calcolo è svolto con riferimento al generico metro di lunghezza; tale assunzione è lecita in quanto l'opera si presenta praticamente interamente interrata, il cinematisma possibile è quello del ribaltamento che interessa necessariamente una porzione estesa del manufatto. Viene comunque verificata la capacità portante del terreno di fondazione.

Si presentano in sintesi i risultati del calcolo svolto ancora una volta con Max 15 della Aztec, nel quale è stata omessa la verifica in condizioni sismiche.

Noto il carico del vento precedentemente determinato nell'analisi dei carichi,  $Q_v=17 \text{ daN/m}^2$ , risultano le seguenti azioni alla base, non amplificate:  $M=3,06 \text{ kNm}$ ,  $V=1,02 \text{ kN}$ .

### 9.1 Dati di modellazione

#### 9.1.1 Geometria del muro e della fondazione



#### Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	0,50	[m]
Altezza paramento libero	0,30	[m]
Spessore in sommità	0,25	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,25	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

#### Fondazione

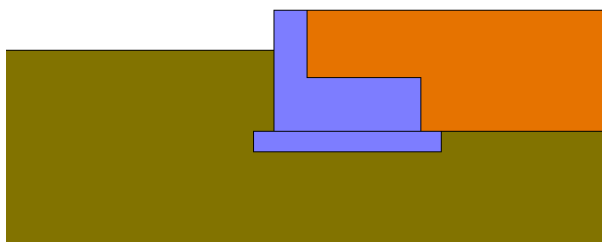
Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0,00	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,85	[m]
Lunghezza totale	1,10	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,40	[m]
Spessore magrone	0,15	[m]

### 9.1.2 Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

$n^{\circ}$  numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]



$n^{\circ}$	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	8,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

### 9.1.3 Stratigrafia

Simbologia adottata

$n^{\circ}$  Indice dello strato

H Spessore dello strato espresso in [m]

$\alpha$  Inclinazione espressa in [°]

Terreno Terreno dello strato

Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

Per calcolo pali (solo se presenti)

Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

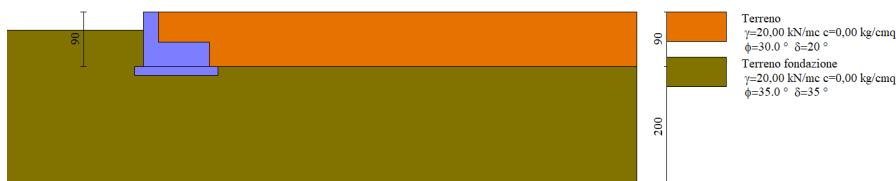
Ks Coefficiente di spinta

Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

$n^{\circ}$	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>3</sup> ] ]	Kwt [Kg/cm <sup>3</sup> ] ]	Kw [Kg/cm <sup>3</sup> ] ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	0,90	0.000	Terreno	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
2	2,00	0.000	Terreno fondazione	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000



#### 9.1.4 Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$  Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

$F_x$  Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

$F_y$  Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

$M$  Momento espresso in [kNm]

$X_i$  Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

$X_f$  Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

$Q_i$  Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kN]

$Q_f$  Intensità del carico per  $x=X_f$  espressa in [kN]

#### Condizione n° 1 (Vento) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.60$  -  $\Psi_1=0.20$  -  $\Psi_2=0.00$

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	-0,13; 0,00	1,0200	0,0000	3,0600				

#### 9.1.5 Combinazioni di carico

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Vento	1.50	1.00	Sfavorevole

#### Combinazione n° 2 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Vento	1.30	1.00	Sfavorevole

#### Combinazione n° 3 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Vento	1.50	1.00	Sfavorevole

### 9.1.6 Opzioni di calcolo

#### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Mononobe-Okabe
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

#### Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof	
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)		Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof	
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna	
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_\gamma$ )	Larghezza ridotta (B')	
Fattori di forma e inclinazione del carico	Fattori di inclinazione e fattori di forma	
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra		

#### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

#### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

#### Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

#### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

## 9.2 Risultati per combinazione

### 9.2.1 Spinta e forze

#### Simbologia adottata

$I_c$	Indice della combinazione
$A$	Tipo azione
$I$	Inclinazione della spinta, espressa in $[\circ]$
$V$	Valore dell'azione, espressa in $[kN]$
$C_x, C_y$	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in $[kN]$
$P_x, P_y$	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in $[m]$

$I_c$	$A$	$V$ $[kN]$	$I$ $[\circ]$	$C_x$ $[kN]$	$C_y$ $[kN]$	$P_x$ $[m]$	$P_y$ $[m]$
1	Spinta statica	3,13	20,00	2,94	1,07	0,85	-0,60
	Peso/Inerzia muro			0,00	13,85/0,00	0,21	-0,60
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	8,50/0,00	0,42	-0,25
	Risultante forze sul muro			1,53	0,00	--	--

<b>Ic</b>	<b>A</b>	<b>V</b>	<b>I</b>	<b>Cx</b>	<b>Cy</b>	<b>Px</b>	<b>Py</b>
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
4	Spinta statica	2,41	20,00	2,26	0,82	0,85	-0,60
	Peso/Inerzia muro			0,00	13,85/0,00	0,21	-0,60
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	8,50/0,00	0,42	-0,25
	Risultante forze sul muro			1,02	0,00	--	--
5	Spinta statica	2,41	20,00	2,26	0,82	0,85	-0,60
	Peso/Inerzia muro			0,00	13,85/0,00	0,21	-0,60
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	8,50/0,00	0,42	-0,25
	Risultante forze sul muro			0,20	0,00	--	--
6	Spinta statica	2,41	20,00	2,26	0,82	0,85	-0,60
	Peso/Inerzia muro			0,00	13,85/0,00	0,21	-0,60
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	8,50/0,00	0,42	-0,25

### 9.2.2 Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

<b>Cmb</b>	<b>Sismica</b>	<b>FS<sub>SCO</sub></b>	<b>FS<sub>RIB</sub></b>	<b>FS<sub>QLIM</sub></b>	<b>FS<sub>STAB</sub></b>	<b>FS<sub>HYD</sub></b>	<b>FS<sub>UPL</sub></b>
1 - STR (A1-M1-R3)		3.668		13.558			
2 - GEO (A2-M2-R2)					6.526		
3 - EQU (A1-M1-R3)			1.932				

#### 9.2.2.1 Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza di progetto e carico agente al piano di posa)

<b>n°</b>	<b>N</b>	<b>Qu</b>	<b>Qd</b>	<b>FS</b>
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	23,42	317,58	226,84	13.558

### Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Nγ	Fattori di capacità portante

$i_c, i_q, i_\gamma$  Fattori di inclinazione del carico

$d_c, d_q, d_\gamma$  Fattori di profondità del piano di posa

$g_c, g_q, g_\gamma$  Fattori di inclinazione del profilo topografico

$b_c, b_q, b_\gamma$  Fattori di inclinazione del piano di posa

$s_c, s_q, s_\gamma$  Fattori di forma della fondazione

$p_c, p_q, p_\gamma$  Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic

$r_\gamma$  Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia  $0.5B\gamma N_\gamma$  viene moltiplicato per questo fattore

$D$  Affondamento del piano di posa, espresso in [m]

$B'$  Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]

$H$  Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]

$\gamma$  Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]

$\phi$  Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]

$c$  Coesione del terreno medio, espresso in [kg/cm<sup>q</sup>]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	N <sub>c</sub> N <sub>q</sub> N <sub>γ</sub>	i <sub>c</sub> i <sub>q</sub> i <sub>γ</sub>	d <sub>c</sub> d <sub>q</sub> d <sub>γ</sub>	g <sub>c</sub> g <sub>q</sub> g <sub>γ</sub>	b <sub>c</sub> b <sub>q</sub> b <sub>γ</sub>	s <sub>c</sub> s <sub>q</sub> s <sub>γ</sub>	p <sub>c</sub> p <sub>q</sub> p <sub>γ</sub>	r <sub>γ</sub>	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kg/cm <sup>q</sup> ]
1	46.124 33.296 37.152	0.774 0.774 0.478	1.210 1.105 1.105	-- -- --	-- -- --	1.081 1.041 1.041	-- -- --	1.000	0,60	1,10 1,06	20,00	35.00	0,00

#### 9.2.2.2 Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

$n^\circ$  Indice combinazione

$M_s$  Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

$M_r$  Momento ribaltante, espresso in [kNm]

$FS$  Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	M <sub>s</sub>	M <sub>r</sub>	FS
	[kNm]	[kNm]	
3 - EQU (A1-M1-R3)	13,23	6,85	1.932

L'opera è verificata.



## 10. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

A conferma della correttezza dei calcoli svolti si presenta una stima delle forze risultanti per il muro di sostegno di altezza inferiore, nella combinazione di carico più gravosa, con il programma Muro distribuito dal prof. Gelfi dell'Università di Brescia

Altezza paraghiaia (m)	h1	0	Angolo attrito interno	$\phi^{\circ}$	30	Impalcato	Ni	0	dN	0
Spessore paraghiaia (m)	s1	0	Ang. attrito terra-muro	$\delta^{\circ}$	20		Vi	0	kN	
Inclinazione parete (%)	i	0	Ang. attrito fondazione	$\phi_f^{\circ}$	35					
Altezza parete (m)	h2	1.60	Peso spec. terre [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_t$	20					
Spessore in testa (m)	s2	0.25	Peso spec. muro [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_m$	25					
Spessore alla base (m)	s3	0.25	Dati Sisma	$K_v$	0.0528	$K_h$	0.1057			
Altezza fondazione (m)	h3	0.40	N° lati terreno		1					
Sbalzo fond. contro terra	L1	0.8				Lungh.	5	Dislivello	0	q
Larghezza totale fond.	L2	1.20	Calcolo							
			Visualizza							

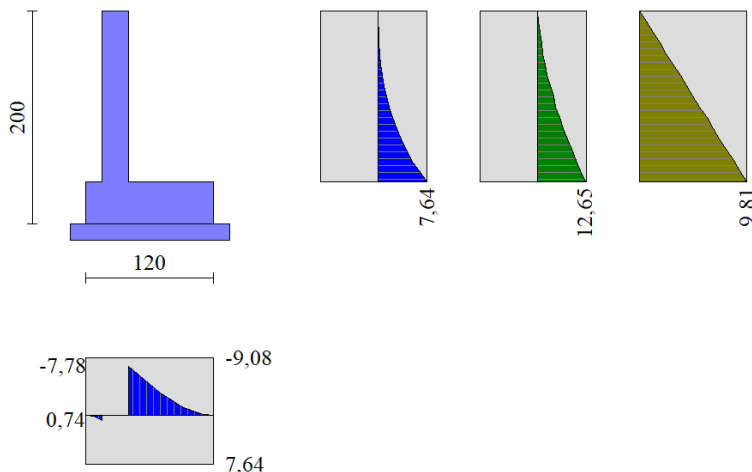
  

Parete		Fondazione					
St	9.895 kN	Ribaltamento		Scorimento		Schiacciamento	
Sq	3.568 kN	St	15.84	St	14.40	St	14.40
Ss	0 kN	Sq	5.401	Sq	5.401	Sq	5.401
Si	0 kN	Ss	0	Ss	0	Ss	0
M	7.065 kNm	Si	0	Si	0	Si	0
N	17.60 kN	Mr	6.281	V	18.61	M	8.164
V	12.65 kN	Ms	33.42	N	54.37	N	54.37
		Ms/Mr	5.320	c. scor.	1.637	V	18.61

Sbalzi Fondazione	
M valle	0.7837
M monte	9.142
$\sigma_{t, valle}$	0.07966 MPa
$\sigma_{t, monte}$	0
% comp.	60.71
1 Verifiche statiche	

Si presentano i diagrammi delle sollecitazioni fornito dal programma.



Si riscontra una corrispondenza pressoché totale dei valori valutati con Muro. Non sono necessarie ulteriori verifiche.

IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE







---

## **11. PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE**

---

### **11.1 Opere di fondazione ed elevazione in c.a.**

Elementi del sistema edilizio aventi il compito di resistere alle azioni verticali ed orizzontali agenti sulla parte di struttura in elevazione.

#### **LIVELLO MINIMO DELLE PRESTAZIONI**

- Resistenza ai carichi e alle sollecitazioni previste in fase di progettazione;
- Adeguata resistenza meccanica a compressione;

#### **CARATTERISTICHE MINIME DEI MATERIALI**

- Calcestruzzo delle elevazioni:  $R_{ck}$  minimo = 40 N/mm<sup>2</sup>.

#### **MODALITA' DEL CONTROLLO**

- Controllo atto a riscontrare possibili anomalie che precedano fenomeni di cedimento strutturale.
- Controllo dello stato di conservazione del CLS e di eventuali fenomeni disaggregativi dello stesso, segnalazione di eventuali quadri fessurativi e placcativi.

#### **PERIODICITA'**

- Annuale ed in seguito al manifestarsi di cedimenti differenziali.

#### **PROBLEMI RISCONTRABILI**

- Formazione di fessure o crepe;
- Corrosione delle armature;
- Insorgere di efflorescenze o comparsa di muffe;
- Disgregazione o deterioramento del cemento con conseguente perdita degli aggregati;
- Movimenti relativi tra i giunti;
- Formazione di bolle d'aria.

#### **POSSIBILI CAUSE**

- Alternanza di penetrazione e di ritiro dell'acqua.

#### **TIPO DI INTERVENTO**

(consultare in ogni caso un tecnico strutturale per una più corretta valutazione)

- Riparazioni localizzate delle parti strutturali;
- Ripristino di parti strutturali in c.a.;

- Protezione dei calcestruzzi da azioni disgreganti;
- Protezione delle armature da azioni disgreganti.

#### STRUMENTI ATTI A MIGLIORARE LA CONSERVAZIONE DELL'OPERA

- Vernici, malte e trattamenti speciali;
- Prodotti contenenti resine idrofuganti e altri additivi specifici.

IL COMMITTENTE

IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE



IL DIRETTORE DEI LAVORI

